Nachwachsende Rohstoffe in der Wikipedia

F - K

PDF erstellt mit Hilfe des OpenSource-Werkzeugs „mwlib“. Für weitere Informationen siehe http://code.pediapress.com/
PDF generated at: Wed, 12 May 2010 13:54:33 UTC

Inhalt

Artikel

Einführung **1**

Vorwort 1

- F - **2**

Faktis 2

Färber-Wau 4

Färberdistel 7

Färberkamille 11

Färberkrapp 13

Färberpflanze 17

Färberwaid 22

Faser 25

Faseraufschluss 33

Fasernessel 35

Faserpflanze 38

Faserplatte 43

Faserstoff 45

Faserverbundwerkstoff 46

Fermentation 57

Fettalkohole 60

Fettsäuremethylester 62

Fichten 65

Fichtenholz 72

Fischer-Tropsch-Synthese 75

Flächenkonkurrenz 78

Flächenstilllegung 81

Flachsfaser 84

Formpressen 92

Furnier 92

Furniersperrholz 97

- G - **99**

Ganzpflanzensilage 99

Gärrest 101
Gartenkresse 105
Gärung 108
Gebäudeheizung 111
Gelatine 117
Gemeine Esche 122
Gemeine Nachtkerze 132
Gemeiner Lein 138
Geogitter 148
Geotextil 149
Gestufte Reformierung 151
Getreide 152
Getreideverbrennung 163
Gewöhnliche Robinie 170
Glycerin 180
Gras 184
Grassilage 186
Grobspanplatte 188
Große Brennnessel 191
Grüne Biotechnologie 195
Grünland 198
Grünroggen 203
Gülle 204

- H - **207**

Hackschnitzel 207
Hackschnitzelheizung 211
Hainbuche 216
Halbzellstoff 223
Halmgutartige Biomasse 224
Hanf (Art) 226
Hanffaser 228
Hanfpapier 235
Hanftextilie 236
Harte Faserplatte 238
Harz (Material) 239
Hauptbaumart 245
Hechel 245

Heilpflanze 247
Heizwert 253
Hemicellulose 259
Heu 262
Hirse 267
Holz 270
Holzart 283
Holzaufschluss 284
Holzbau 286
Holzextrusion 289
Holzfaser 291
Holzfaserdämmplatte 292
Holzfehler 295
Holzgas 303
Holzheizung 307
Holzkohle 312
Holzmehl 318
Holzmerkmal 319
Holzmobilisierung 320
Holzmodifikation 323
Holzpellet 325
Holzspan 328
Holzspanwerkstoff 330
Holzstoff 333
Holztafelbau 336
Holztechnik 337
Holztrocknung 339
Holzverzuckerung 341
Holzwerkstoff 342
Holzwirtschaft 348
Holzwolle 352
Holzwolle-Leichtbauplatte 353
Hydraulikflüssigkeit 355
Hydriertes Pflanzenöl 358

- I - **361**

Iberischer Drachenkopf 361
Industrieholz 364

Industriepflanze 365
Industrierestholz 369

- J - **371**
Jatropha 371
Jute 381

- K - **385**
Kaltpressung 385
Kartoffel 387
Karton (Werkstoff) 402
Kasein 404
Kaseinfarbe 407
Kautschukbaum 409
Kenaf 413
Kiefern 417
Kleister 424
Kokosfaser 428
Kokosöl 430
Kokospalme 433
Kollagen 445
Kolophonium 448
Kompostierung 451
Korb-Weide 458
Kork 461
Korkeiche 465
Kraft-Wärme-Kopplung 473
Kraftstoff 477
Krambe 483
Kunstharzpressholz 490
Kunststoff 491
Kunststofffolie 517
Kuppelproduktion 519
Kurzfaser 521
Kurzumtriebsplantage 522

Referenzen

Quellen und Bearbeiter der Artikel 529

Quellen, Lizenzen und Autoren der Bilder 536

Artikellizenzen

Lizenz 546

Einführung

Vorwort

Dieses Buch ist entstanden im Projekt "Nachwachsende Rohstoffe in der Wikipedia". Diese Print-on-Demand-Veröffentlichung besteht aus festen Artikelversionen, die vom Projektteam mit der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V abgestimmt wurde. Verbesserungen in den entsprechenden Wikipedia-Artikeln sind natürlich auch nach dem Abschluss des Projekts erwünscht und willkommen.

Das WikiProjekt "Nachwachsende Rohstoffe in der Wikipedia" hat das Ziel, die Qualität des Themenbereichs in der deutschsprachigen Ausgabe der freien Online-Enzyklopädie zu verbessern. Bisher fehlende Artikel sollen neu erstellt werden, vorhandene Beiträge ausgebaut und – wo nötig – verbessert werden. Den Anstoß dazu gab die inhaltliche Beteiligung der nova-Institut GmbH an der Artikelarbeit in der Wikipedia durch eine Fördermaßnahme der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Experten zu Nachwachsenden Rohstoffen sind eingeladen, zur Ergänzung und Verbesserung der Inhalte Ihres Fachgebiets beizutragen.

Das FNR-Projekt "Nachwachsende Rohstoffe in der Wikipedia"

Wer in der Wikipedia zum Thema Nachwachsende Rohstoffe recherchiert, findet neben ausgezeichneten Artikeln zahlreiche unvollständige oder auch veraltete Beiträge. Einige Begriffe, vor allem in weniger stark frequentierten Teilbereichen fehlen noch ganz. Aus Mitteln des BMELV förderte die FNR von 2007 bis 2010 die Aufbereitung des Themas in der freien Online-Enzyklopädie (FKZ: 22028206). Ziel des Projekts war es, zum Ausbau und der Verbesserung der neutralen und aktuelle Fachinformationen zu Nachwachsenden Rohstoffen beizutragen, die der Öffentlichkeit in der Wikipedia zur freien Verfügung stehen. Neben der Ergänzung und Aktualisierung von Inhalten wurden die Beiträge untereinander und mit Wikipedia-Artikeln aus verwandten Themenbereichen verlinkt und um Verweisen auf weiterführende Informationen im Internet ergänzt.

Die Zusammenstellung dieser Sammlung von Artikeln wurde nach dem Abschluss des Projektes im Mai 2010 vorgenommen.

Kontakt

nova-Institut GmbH
Achim Raschka
Chemiepark Knapsack
Industriestraße
50354 Hürth
Tel.: 02233-48-14 51
Fax: 02233-48-14 50
E-Mail: achim.raschka@nova-institut.de
Projektseite: www.nova-institut.de/wikipedia

- F -

Faktis

Faktis (abgeleitet von frz.: *Caoutschuoc factice*), auch bekannt als **Ölkautschuk**, ist ein gummiartiger Werkstoff, der durch Vernetzung ungesättigter Mineral- und Pflanzenöle, in Europa vor allem von Raps- (Rüb-) und Rizinusöl sowie in Amerika zusätzlich von Sojaöl, entsteht. Dabei entspricht die Herstellung etwa der Vulkanisierung von Kautschuk. Zur Vernetzung kommen Schwefel-, Schwefelwasserstoff-, Chlorschwefel- und Isocyanatbrücken in Frage, Rizinusfaktis kann zudem schwefelfrei durch Peroxid vernetzt sein.

Zusammensetzung

Je nach Einsatzstoffen und Herstellungsverfahren variiert die Zusammensetzung der unterschiedlichen Faktisarten. Der Mineralölanteil liegt zwischen 0 und 30 Prozent, schwefelhaltige Faktisarten enthalten bis ca. 5% freien Schwefel. Das Material hat in der Regel eine ähnliche Dichte wie Wasser (1,0 bis 1,1 g/cm^3).[1]

Einsatz und Formen

Faktis dient als Gummiermittel sowie als Zusatz für Kautschuk und ähnliche Werkstoffe, die als Elastomere oder Füllstoffe eingesetzt werden. Dabei wirkt er vor allem positiv auf die Verarbeitungseigenschaften und ist zudem formstabilisierend und alterungsverzögernd. Als Additiv wird Faktis auch in Lacken, Firnissen, Klebstoffen, Schmierstoffen und verschiedenen Kunststoffen sowie Linoleum verwendet. Dem Faktis selbst werden je nach Anwendungszweck Weichmacher, Stabilisatoren sowie anteilig mineralische Öle beigesetzt.

Aufgrund seiner Eigenschaften und der Herstellung werden unterschiedliche Formen des Faktis unterschieden. Der **weiße Faktis** ist hell und eindrückbar (kompressibel), außerdem mehr oder weniger brüchig. Er ist unstabilisiert und enthält neben Schwefelbestandteilen auch Chlorzusätze. Er findet beispielsweise Anwendung als Radiergummi. **Brauner Faktis** ist dagegen aufgrund des höheren Schwefelanteils dunkler und kann je nach Verarbeitung viskos-flüssig bis hart sein.

Entwicklung

Die Entwicklung des Faktis erfolgte etwa zur gleichen Zeit wie die Entdeckung der Vulkanisation des Kautschuks als Reaktion auf die hohen Kautschukpreise. Dabei wurde das erste faktisähnliche Produkt 1846 durch eine Behandlung von Rapsöl mit Salpetersäure hergestellt, 1853 erfolgte der erste Schwefelfaktis. 1858 bekam der Faktis seinen Namen als Ableitung des französischen Begriffs *Caoutschuoc factice*. In der Folge wurde die Faktisproduktion weiter verbessert und standardisiert, wodurch sich gleichbleibende Qualitäten sowie verschiedene Varianten des Faktis für unterschiedliche Einsatzbereiche einstellten.

Das Hamburger Unternehmen Deutsche Oelfabrik Gesellschaft für chemische Erzeugnisse stellt seit 1902 Faktis für die Gummiindustrie her. Seit einer Ausweitung der Produktionsqualität im Jahr 2004 ist das Unternehmen der weltweit größte Faktishersteller[1] .

Literatur

- Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4, Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2006; Seiten 179–184. ISBN 978-3-8001-3203-4
- DOG Deutsche Oelfabrik Gesellschaft für chemische Erzeugnisse mbH & Co KG: *DOG-Faktis.* D.O.G.-Kontakt Nr. 38, Informationen aus der Kautschukindustrie.
- Stichwort *Factice* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 92. ISBN 3-527-30114-3.

Referenzen

[1] D.O.G. – add efficiency. Produktinformationen der Deutsche Oelfabrik Ges.f.chem.Erz.mbH &Co.KG (pdf (http://wcms.uzi.uni-halle.de/download.php?down=3412&elem=1154682))

Färber-Wau

Färber-Wau

Färber-Wau (*Reseda luteola*)
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida)
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Kreuzblütlerartige (Brassicales)
Familie: Resedagewächse (Resedaceae)
Gattung: *Reseda*
Art: Färber-Wau
Wissenschaftlicher Name
Reseda luteola
L.

Der **Färber-Wau** (*Reseda luteola*), auch **Färber-Resede**, **Echter Wau** oder **Gelb-** oder **Gilbkraut** ist eine Pflanzenart aus der Familie der Resedagewächse. Sie ist aufgrund ihres Farbstoffs Luteolin eine alte, heute kaum mehr verwendete Färberpflanze, die zum Gelbfärben verwendet wurde.

Beschreibung

Färber-Wau ist eine ein- bis zweijährige Pflanze mit aufrechten Stängeln, die eine Wuchshöhe von 40 bis 150 Zentimtetern erreicht. Die Blätter sind ungeteilt, kahl und von linealischer bis lanzettlicher Form.

Der Blütenstand ist eine ährenartige Traube, steif und besitzt viele dicht stehende Blüten. Der Blütenstiel ist höchstens 2,5 Millimeter lang. Die Blüten sind vierteilig und geruchlos. Die Krone ist blassgelb. Die Blüte besitzt je vier Kelch- und Kronblätter. Das obere Kronblatt ist vier- bis fünfzipfelig, die seitlichen sind dreizipfelig. Blütezeit ist zwischen Juni und September. Die Bestäubung erfolgt durch Insekten oder Selbstbestäubung.

Die Fruchttraube hat eine verlängerte Achse und trägt zahlreiche, vier Millimeter lange Kapseln. Diese sind kugelig und aufrechtstehend und enthalten viele sehr kleine Samen (0,2 Mikrogramm).

Vorkommen

Der Färber-Wau ist in Westasien und dem Mittelmeergebiet beheimatet. Als alte Färbepflanze ist er in weiten Gebieten Europas als Kulturrelikt alteingebürgert (Archäophyt). Lediglich in Skandinavien tritt er nur vereinzelt auf und in Osteuropa fehlt er[1] . Er ist seit der Jungsteinzeit als Kulturbegleiter nachgewiesen. Möglicherweise ist er in Deutschland jedoch auch indigen[2] . In Amerika, Australien und Neuseeland wurde die Art eingeschleppt.[1]

Färber-Wau wächst auf Waldschlägen und trockenen Ruderalfluren wie Wegrändern, Schuttplätzen und Gesteinsschutt. Er ist ein Rohboden-Pionier und bevorzugt trockene, nährstoffreiche Standorte. Die Art wächst bis in die montane Höhenstufe.

Nutzung

Der Färber-Wau kann zum Färben von Stoffen genutzt werden. Verwendet werden dabei die oberirdischen Pflanzenteile, wobei vor allem die oberen blühenden Äste reich an den Farbstoffen Luteolin und Apigenin sind (2-4% Farbstoff in der Trockenmasse)[3] . Die Pflanze eignet sich vor allem zum Färben tierischer Textilfasern wie Wolle und Seide. Daneben kann das mit bis zu 40% in den Samen enthaltene Öl zur Herstellung von Firnissen verwendet werden.

Geschichte

Die ältesten Funde von Samen stammen aus jungsteinzeitlichen Pfahlbausiedlungen am Pfäffikersee und Neuenburgersee sowie am Zürichsee. Es ist jedoch nicht klar, ob die Pflanzen genutzt oder nur mit Saatgut nach Mitteleuropa verschleppt wurden; für einen sicheren Nachweis der Nutzung zum Färben wären Reste von Blättern oder Stengeln oder massenhaftes Vorkommen von Samen erforderlich. Das Auftreten von weiteren Färbepflanzen in der eisenzeitlichen Siedlung von Hochdorf deutet ebenfalls auf eine solche Nutzung hin. Vergil und Vitruv beschrieben eine Pflanze *lutum*, die zum Gelb- und Grün-Färben verwendet wurde. Es ist wahrscheinlich, dass es sich dabei um den Färber-Wau handelte. Ab dem Mittelalter (12. Jahrhundert) sind wieder Samenfunde bekannt.

Vor der Entdeckung Amerikas war der Färber-Wau in Europa einer der wichtigsten gelbe Farbstoff mit Anbau vor allem in England, Frankreich und Deutschland (Thüringen und Region um Halle). Pflanzen aus nördlicheren Breiten hatten eine geringere Farbwirkung. 1927 wurde Färber-Wau nur mehr zum Färben von Seide verwendet. Im Zuge des gestiegenen Interesses an der Nutzung von Färberpflanzen wurde inzwischen stellenweise der Anbau wieder aufgenommen, unter anderem in Deutschland (Thüringen, Brandenburg) und in der Türkei.

Anbau und Erträge

Für den Anbau benötigt Färber-Wau lockere und kalkhaltige Böden und eine hohe Sonnenbestrahlung. Negativ auf den Farbstoffgehalt können sich hohe Stickstoffkonzentrationen auswirken. Die Aussaat erfolgt im Spätsommer oder im sehr frühen Frühjahr, im Jugendstadium ist in der Regel eine mechanische Unkrautbekämpfung (Maschinenhacke) nötig, Herbizide sind für Färber-Wau keine zugelassen. Die Ernte erfolgt etwa 14 Tage nach dem Blühbeginn, danach folgt eine Schnelltrocknung bei 40 bis 60°C. Der Ertrag beträgt 40-45 Dezitonnen Trockenmasse pro Hektar, der Farbstoffertrag liegt bei 60 bis 100 kg pro Hektar.[3]

Schädlinge

- Erdflöhe
- Cercosporea resedae

Quellen und weiterführende Informationen

- Manfred A. Fischer (Red.): *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol*. Oberösterreichisches Landesmuseum, Linz 2005, ISBN 3-85474-140-5
- Siegmund Seybold (Hrsg.): *Schmeil-Fitschen interaktiv* (CD-Rom), Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2001/2002, ISBN 3-494-01327-6
- Udelgard Körber-Grohne: *Nutzpflanzen in Deutschland von der Vorgeschichte bis heute*. Theiss, Stuttgart 1995 (Nachdruck ISBN 3-933203-40-6). (Verwendung und Geschichte)
- K.U.Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen In: Handbuch des Pflanzenbaues, Bd. 4, S. 537-539, ISBN 3800132036

Weblinks

- Arealkarte [4]
- *Färber-Wau.* [5] In: *FloraWeb.de* [6].
- Datenblatt mit Bildern vom Färber-Wau (*Reseda luteola* L.) [7]

Referenzen

[1] Arealkarte (http://linnaeus.nrm.se/flora/di/reseda/resed/reseluov.jpg)
[2] Schmeil-Fitschen 2001/2002.
[3] Barbara Wenig, Ralf Pude: *Pflanzen für die Industrie.* 4. Auflage. Hrsg. FNR e.V., Gülzow.
[4] http://linnaeus.nrm.se/flora/di/reseda/resed/reseluov.jpg
[5] http://www.floraweb.de/pflanzenarten/artenhome.xsql?suchnr=4790&
[6] http://www.floraweb.de
[7] http://www.dyeplants.de/faerberwau.html

Färberdistel

Färberdistel

Färberdistel (*Carthamus tinctorius*)
Systematik
Ordnung: Asternartige (Asterales) *Familie:* Korbblütler (Asteraceae) *Unterfamilie:* Carduoideae *Tribus:* Cynareae *Gattung:* Färberdisteln (*Carthamus*) *Art:* Färberdistel
Wissenschaftlicher Name
Carthamus tinctorius
L.

Die **Färberdistel** (*Carthamus tinctorius*), auch **Saflor**, **Öldistel**, **Färbersaflor** und **Falscher Safran** genannt, ist eine Pflanzenart aus der Familie der Korbblütler (Asteraceae). Ihre natürliche Verbreitung reicht von Ägypten und Vorderasien bis Mitteleuropa. Heute gibt es Vorkommen in Europa, Nordamerika und Australien. Ihrer ölhaltigen Samen wegen wird sie vor allem als Ölpflanze kultiviert, daneben ist auch die Nutzung als Färberpflanze möglich.

Beschreibung



Färberdistel (*Carthamus tinctorius*), Blütenstand.

Die Färberdistel ist eine schnellwachsende, distelähnliche, einjährige, krautige Pflanze. Aus einer Blattrosette mit kräftiger Pfahlwurzel bildet sich ein verzweigter Hauptspross, der Wuchshöhen von 60 bis 130 (30-150) Zentimetern erreicht. Ihre stacheligen, länglichen Laubblätter mit einer Länge von 10-15cm und einer Breite von 2,5-5 cm laufen am Stängel herab. Sie wächst am besten in fruchtbaren und durchlässigen Böden, da sie tiefgehende Pfahlwurzeln ausbildet.

Die körbchenförmigen Blütenstände sitzen am Ende jeder Sprossachse und jeden Seitentriebs, haben 3-5 cm Durchmesser und enthalten 20 bis 150 fünfzipfelige, orangefarbene Röhrenblüten. Die unterständigen, zweiblättrigen Fruchtknoten bilden eine Samenanlage. die Färberdistel bildet Achänen als Früchte. Der Schalenanteil der Nussfrüchte beträgt 30-60%, der Ölgehalt zwischen 20 und 40% der Trockenmasse.

Sowohl Wildform als auch Kulturformen besitzen einen diploiden Satz von 2n=24 Chromosomen. Aus Kreuzungen mit *Carthamus palaestinus*, *C. oxyacanthus* und *C. persicus* können fruchtbare Nachkommen entstehen.

Ökologie

Die Färberdistel gedeiht in gemäßigt warmen Regionen der Erde, bis etwa -7 Grad Celsius ist die Pflanze frosttolerant, zudem gilt sie als relativ salz- und trockenheitstolerant.

Die Befruchtung erfolgt überwiegend durch Selbstbefruchtung, aber auch Insektenbestäubung kommt vor.

Geschichte

Die Färberdistel stammt vermutlich aus Kleinasien und wurde in Ägypten bereits 3500 v. Chr. zur Färbung von Mumienleinwänden und anderen Geweben verwendet (Färberpflanze). Das Samenöl wurde bereits in der Antike für Salben und als Lampenöl benutzt. Sie ist seit langem in den Gärten Nordafrikas, Persiens, Chinas und Japans in Kultur. Bereits mit den Römern kam sie über den Mittelmeerraum nach Mitteleuropa und wure dort mindestens seit dem 13. Jahrhundert genutzt. Die Blüten dienten zum Färben von Speisen, die Früchte für medizinische Zwecke. Ab dem 17. Jahrhundert gab es systematischen Feldbau in warmen Gegenden (Elsass, Thüringen etc.). Ab Mitte des 18. Jahrhundert ging der Anbau durch Saflor- und Safranimporte aus dem Osten und Ägypten zurück. Saflorrot wurde um 1900 durch synthetische Anilinfarben ersetzt.

Ein erneuter Aufschwung des Safloranbaus gegen Ende des 20. Jahrhunderts ist vor allem ölreichen Sorten zu verdanken, die für die industrielle Nutzung angebaut werden. Weltweit wurden 1996-2001 auf 0,92 Mio. ha Färberdisteln angebaut, die wichtigsten Anbaugebiete liegen in Indien, Mexiko, den USA, Argentinien und Australien.

Nutzung

Die Färberdistel wird vor allem für das aus den Samen gewonnene Färberdistelöl angebaut, das wegen seiner sehr hohen Anteile an der mehrfach ungesättigten Linolsäure (ca. 75%) und an Vitamin E als sehr wertvoll für die menschliche Ernährung gilt. Daneben wird das Öl für die Herstellung von Farben und Lacken verwendet, die Pressrückstände (Presskuchen) dienen als Tierfutter. Die Ölverarbeitung ist der von Sonnenblumenöl sehr ähnlich.

Aus den Blütenblättern können Farbstoffe gewonnen werden, und zwar das rot färbende Carthamin (ein Benzochinon) und der gelbe Blütenfarbstoff Carthamidin. Der wasserlösliche Farbstoff wird durch Auswaschen aus den Blütenblättern gelöst, dann getrocknet und das Saflorrot in alkalischer Lösung gewonnen. Seide, Wolle und Baumwolle lassen sich je nach Farbmenge rosa, kirschrot, braunrot oder braungelb färben, der gelbe Farbstoff ist allerdings nicht lichtecht. Vereinzelt werden die Farbstoffe auch für Kosmetika und als Lebensmittelfarbstoff, z. B. in Fruchtgummi, verwendet.

Als Arzneipflanze gilt die Färberdistel in Asien, insbesondere China. Die Blütenblätter werden dort für Teeaufgüsse genutzt. In klinischen Studien wurden Wirkungen unter anderem bei Leukämie, Migräne und Hepatitis beobachtet.

Aufgrund des hohen Preises für Safran wird die Färberdistel auch als Fälschung für dieses Gewürz verwendet. Die Blütenblätter der Färberdistel lassen sich mit bloßem Auge von den fadenförmigen Narbenlappen des Safrans unterscheiden. Bei echtem Safran sind die Narbenschenkel zwei bis drei Zentimeter lang, trichterförmig eingerollt und oben eingekerbt.

Als Zierpflanze für den Garten sowie als Schnitt- oder Trockenblumen wurden auch stachellose Sorten gezüchtet.

Anbau

Der Anbau erfolgt auf tiefgründigen, gut drainierten Böden mit neutraler Bodenreaktion. Aussaat- und Erntezeit richten sich nach den sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen der Anbauregionen, sowohl Sommer- als auch Winteranbau werden praktiziert. Nährstoff- und Wasserbedarf der Kultur gelten als hoch, zudem ist eine wirksame Unkrautbekämpfung während des Rosetttenstadiums wichtig. Zahlreiche pilzliche Schaderreger können die Pflanze schädigen, eine Bekämpfung mit Pflanzenschutzmitteln ist in den USA und Australien teilweise möglich, in Deutschland dagegen bei dieser Kultur nicht zulässig. Zur Ölgewinnung werden die Samen bei Vollreife mit herkömmlichen Mähdreschern geerntet

Pilzkrankheiten

- Saflorrost (Puccinia carthami)
- Phytophtora drechsleri
- Sclerotinia sclerotiorum
- Verticillium-Arten
- Alternaria carthami
- Cercospora carthami

Verwendete Literatur

- K.U. Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen In: Handbuch des Pflanzenbaues, Bd. 4, S. 246-252, ISBN 3800132036

Weblinks

- Steckbrief des Saflor [1]
- Färbersaflor als Gewürz [2]
- Die Färberdistel als Nutzpflanze [3]

Referenzen

[1] http://www.inaro.de/Deutsch/kulturpf/Saflor/Saflor.htm

[2] http://www.uni-graz.at/~katzer/germ/Cart_tin.html

[3] http://www.biologie.uni-ulm.de/lehre/botanik/nutzpflanzen/taxa/carthamus_tinctorius.html

Färberkamille

Färberkamille

Färberkamille (*Anthemis tinctoria*)
Systematik
Ordnung: Asternartige (Asterales)
Familie: Korbblütler (Asteraceae)
Unterfamilie: Asteroideae
Tribus: Anthemideae
Gattung: Hundskamillen (*Anthemis*)
Art: Färberkamille
Wissenschaftlicher Name
Anthemis tinctoria
L.

Die **Färberkamille** (*Anthemis tinctoria*) ist eine Pflanze aus der Familie der Korbblütler (Asteraceae), die auch **Färber-Hundskamille** genannt wird.

Merkmale

Die Färberkamille ist eine zweijährige Pflanze mit aufrechtem Stängel, die bis zu 80 Zentimeter hoch wird [1] . Sie besitzt einen verholzten Wurzelstock. Die Laubblätter sind fein gefiedert, ihre Unterseite ist grau-weiß. [2]

Blütezeit ist Juni bis September. Auf einem filzig behaarten Stängel steht meist nur ein Blütenkörbchen [2] . Die bis zu 4 Zentimeter breiten Blütenköpfchen haben goldgelbe Zungen- und Röhrenblüten, die Früchte sind annähernd zweischneidig und schmal geflügelt, ein Pappus fehlt [1] .

Vorkommen

Sie ist in Mitteleuropa heimisch. Sie wächst in Trockenrasen, an Wegrändern, Dämmen, auf Ödland, in Weinbergen, sowie an Steppenhängen und verbuschten Orten. Sie wird kultiviert und verwildert(e) gelegentlich. Sie wächst auf trockenen, oft humus- und feinerdearmen Steinböden. Sie ist kalkliebend und kommt in der collinen bis montanen Höhenstufe bis 1000 Meter vor. [2]

Verwendung

Die Färberkamille ist eine sehr alte Färberpflanze, ihre Blütenköpfe werden zur Färbung von Textilien aus Naturfasern wie Wolle und Leinen verwandt. Der erzielte Farbton ist ein kräftiges, warmes Gelb. Bei Proteinfasern (z.B: Wolle, Seide) ist die Färbung nur wenig licht- und waschecht, auf Baumwolle oder Hanf dagegen sind die intensiven gelben Farbtöne sehr lichtecht. Als Hauptfarbstoff der Blüten gilt Luteolin (3',4',5,7 Tetrahydroxyflavonol), auf welche weiteren Inhaltsstoffe im Einzelnen die Färbung zurückzuführen ist, ist nicht bekannt. [1]

Anbau

Im Anbau ist die Färberkamille unproblematisch. Sie ist sehr tolerant im Hinblick auf die Bodenbeschaffenheit wie auch gegenüber klimatischen Einflüssen mit Ausnahme großer Feuchtigkeit, die zu übermäßiger Bildung von Blättern auf Kosten der wertbildenden Blütenbildung führt. Eine zu üppige Düngung mit mehr als 80 kg Stickstoff/ha ruft üppiges vegetatives Wachstum hervor, verzögert jedoch die Blütenbildung und erhöht die Lagerneigung. Weder Schädlinge noch Krankheiten sind bekannt. Gelegentlich kann Falscher Mehltau auftreten, dieser ist aber nicht wertmindernd. [1]

Bei feldmäßigem Anbau erfolgt die maschinelle Aussaat flach in ein feinkrümeliges Saatbett im August und September oder möglichst zeitig im Frühjahr. In der Regel sind weder Düngung noch Pflanzenschutz notwendig, bei starkem Unkrautwuchs kann eine Unkrautbekämpfung durch Maschinenhacke, Striegeln oder Eggen erfolgen. Die Blüten können mit Kamillepflückmaschinen geerntet werden, müssen allerdings mehrmals geerntet und sofort bei 40°C getrocknet werden. Der Ertrag an lufttrockenen Blüten beträgt ca. 20-25 dt/ha. Die Produktionskosten in Deutschland betragen rund 2 bis 3,50 Euro pro Kilogramm, der Weltmarktpreis liegt im Bereich von 7,50 Euro pro Kilogramm (Stand: 2004).

Literatur

- Andrea Biertümpfel, Henryk Stolte, Barbara Wenig, 2004: Färberpflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (pdf [3])

Weblinks

- *Färberkamille.* [4] In: *FloraWeb.de* [6].

Referenzen

[1] K.U.Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen* In: *Handbuch des Pflanzenbaues*, Bd. 4, S. 541-543, ISBN 3800132036

[2] Siegmund Seybold (Hg.): *Schmeil-Fitschen interaktiv* (CD-Rom), Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2001/2002, ISBN 3-494-01327-6

[3] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_167faerber_2004.pdf

[4] http://www.floraweb.de/pflanzenarten/artenhome.xsql?suchnr=459&

Färberkrapp

Färberkrapp	
	
Färberkrapp (*Rubia tinctorum*)	
Systematik	
	Euasteriden I
Ordnung:	Enzianartige (Gentianales)
Familie:	Rötegewächse (Rubiaceae)
Unterfamilie:	Rubioideae
Gattung:	Färberröten (*Rubia*)
Art:	Färberkrapp
Wissenschaftlicher Name	
Rubia tinctorum	
L.	

Der **Färberkrapp** (*Rubia tinctorum*), auch **Echte Färberröte**, **Krapp**, ist eine bis zu etwa 1 m hohe traditionelle Färbepflanze. Ihre länglichen oder lanzettlichen, knapp 10 cm langen Blätter tragen an den Rändern und Unterseiten Stacheln. Die kleinen sternförmigen gelben Blüten öffnen sich im Sommer.

Färberkrapp ist eine Kulturpflanze aus der Familie der Rötegewächse (*Rubiaceae*), zu der auch unsere heimischen Labkräuter und der Waldmeister sowie der Kaffeebaum gehören. Den Namen „Rubia“ (bis heute die wissenschaftliche Bezeichnung) verliehen die Römer dem Krapp, weil seine Wurzel roten Farbstoff enthält.

Merkmale

Der Färberkrapp ist ein sommergrüner, rosettenloser Hemikryptophyt, der Wuchshöhen von 0,5 bis 1 Meter erreicht. Das Rhizom ist rot. Der Stängel ist spreizklimmend und scharf vierkantig. An den Kanten des Stängels und an den Blättern befinden sich rückwärtsgerichtete Stachelchen, wodurch sich die Pflanze an diesen Stellen rau anfühlt. Die Blätter messen 3 bis 11 × 0,8 bis 2,5 Zentimeter, sind zu 4 bis 6 angeordnet, kurz gestielt, eiförmig-elliptisch bis eilanzettlich geformt und an der Unterseite netznervig. Die Krone hat einen Durchmessern von 2 bis 3 Millimeter

und ist trichterförmig und gelblichgrün. Die Staubbeutel sind um einiges länger als breit. Die Griffel sind bis zum Grund zweiteilig. Die steinfruchtartigen Spaltfrüchte sind anfangs rötlich und werden mit der Zeit fast schwarz.[1] [2]

Die Blütezeit reicht von Juni bis August.[1]

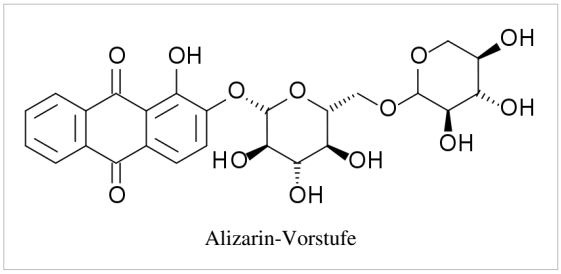
Die Chromosomenzahl beträgt 2n = 66.[1]

Vorkommen

Das natürliche Verbreitungsgebiet des Färberkrapp umfasst den östlichen Mittelmeerraum und Südwest-Asien. In Mittel- und Westeuropa ist die Art aus der Kultur verwildert. Der Lebensraum der wärmeliebenden Pflanze sind Äcker, Weinberge, Schuttplätze und Wegränder.[2]

In Deutschland kommt der Färberkrapp selten in Rheinland-Pfalz und Sachsen vor, in Sachsen-Anhalt gilt er als ausgestorben.[1]

Inhaltsstoffe



Alizarin-Vorstufe

Wichtigste Inhaltsstoffe des Färberkrapps sind Di- und Trioxyanthrachinon-Glycoside, insbesondere das 1,2-Dihydroxyanthrachinon, ein Glycosid des Alizarins. Diese bilden die kristallisierende, zitronengelbe Ruberythrinsäure, die das β-2-Primverosid (Vorstufe) des Farbstoffs Alizarin darstellt. Der Farbstoffgehalt der Krappwurzel erreicht ca. 5-7% in der Trockenmasse. Daneben enthält Färberkrapp in geringeren Mengen Rubichlorsäure, Zitronensäure und andere Pflanzensäuren, Gerbstoffe, Pectinstoffe, bis zu 15 % Gesamtzucker, Eiweiß und etwas fettes Öl.[3] [4]

Nutzung

Der Färberkrapp spielte von der Antike bis zur Entdeckung der synthetischen Herstellung von Alizarin eine zentrale Rolle als Färbepflanze in Mitteleuropa und im gesamten Mittelmeergebiet. Es ist eine der ältesten Farbmittel der Menschheit und verglichen zu anderen Färbemitteln, die ein Rot ergaben, verhältnismäßig preisgünstig. Die Krappwurzel war eine der wichtigsten Kulturpflanzen und ein wichtiges Handelsgut zwischen Asien und Europa. Angebaut wurde er bereits im Altertum von den Ägyptern – die schon im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung Stoffe mit Krapp färbten – den Persern, Griechen und den Römern. Plinius der Ältere erzählt von Krappkulturen, auch im *Papyrus Holmensis* wird er zum Überfärben geblauter Wolle zu Purpur empfohlen. In historischer Zeit war das Färben mit Färberkrapp jedoch durchaus anspruchsvoll. Die Qualität der verwendeten Wurzeln schwankte stark und das Färbeergebnis wurde auch von der Außentemperatur beeinflusst. Verhältnismäßig häufig war das Farbergebnis ein Orange oder Ziegelrot, dass Färber preisgünstiger mit anderen Pflanzen erzielen konnten. Gegen Ende des Mittelalters und zu Beginn der Neuzeit waren es vor allem Färber des Osmanischen Reiches und Indien, die konsistent den gewünschten Farbton erzielten. Dazu trug auch bei, dass das beste Farbergebnis mit Färberkrapp erzeugt wurde, wenn auf Baumwolle gefärbt wurde. Dieses Material war zu diesem Zeitpunkt jedoch in Europa verhältnismäßig unbekannt. Das sogenannte „Türkische Rot“ wurde mit einem drei bis viermonatigen Verarbeitungsprozess erzielt, der mehr als ein dutzend Schritte umfasste. Detaillierte Kenntnisse über die einzelnen Arbeitsschritte wurden in Europa erst im 18. Jahrhundert bekannt.[5]

Krapp als Färberpflanze

Zum Färben wurden die drei Jahre alten Rhizome im Frühjahr und Herbst ausgegraben, in Öfen getrocknet und zerkleinert. Frisch ist das Rhizom innen gelb, erst beim Trocknen entwickelt sich der rote Farbstoff (Alizarin). Neben Alizarin (6-10% in der Trockenmasse)[6] sind Purpurin, Anthrachinon und andere organische Verbindungen in der Wurzel enthalten. Der Farbton kann, je nach Beize und Extraktionsart, zwischen einem kräftigen Rot, einem Rot-Orange und Rosa schwanken. Zusammen mit Alaun als Beize wurde vor allem Wolle rot gefärbt, und mit Eisenbeize erzielte man schwärzliche Farbtöne. Die Farbe zeichnet sich als Textilfarbe durch eine hohe Lichtechtheit und Waschbeständigkeit aus, bekannte Anwendungen sind türkische Kopfbedeckungen (Fez) und historische Uniformen.[6]



Historische Darstellung

Krapplack

Mit verschiedenen Metalloxiden beziehungsweise Metallsalzen (Aluminium- oder Zinnsalze) bilden die enthaltenen Farbstoffe sehr farbenfrohe Komplexe, die als *Krapplacke* bezeichnet werden (z. B. Alizarin Krapplack). Bei dem synthetischen Typ, der seit 1868 hergestellt werden kann, handelt es sich meist um einen Alizarinkrapplack. Krapplacke werden unter verschiedenen Namen gehandelt: „Bettoberlack“, „Krapp-Karmin“, „Krapp-Purpur“, „Rembrandtlack“, „Rubensrot“, „Türkischrot“ oder „Van-Dyck-Rot“. Krapplack ist bereits seit der Antike bekannt und wird von Dioscurides und Plinius dem Älteren beschrieben.

Krapplack wurde in allen künstlerischen Techniken wie z. B. Tafelmalerei, Pastell, Buchmalerei und Ölmalerei verwendet. Der Alizarinkrapplack dient auch als Pigment z. B. für die Herstellung von lichtechten Tapeten, für Künstlerfarben und Druckfarben. Der natürliche Lack ist nicht vollkommen lichtbeständig.

Färberkrapp als Heilpflanze

Für Heilzwecke wurde traditionell die Wurzel des Färberkrapps eingesetzt. Man verwendete den Färberkrapp früher als Heilpflanze wegen seiner positiven Wirkung bei Erkrankungen der Harnwege, vor allem bei Nieren- und Blasensteinen, ferner bei Gicht, Rachitis und Blutarmut. Von dieser Verwendung sieht man heute ab, weil einige Inhaltsstoffe als krebserregend gelten. Die Zulassungen krappwurzelhaltiger Arzneimittel wurden dementsprechend am 15. März 1993 durch das Bundesgesundheitsamt widerrufen.[7]

In der Homöopathie wird die aus dem frischen, blühenden Kraut gewonnene Ur-Tinktur bei Anämie, Unterernährung, Amenorrhoe und Milzbeschwerden angewendet.[3]

Anbau

Geschichte des Anbaus in Mitteleuropa und im Orient

Die Benediktiner waren es wohl, die die Pflanze über die Alpen brachten, und Karl der Große empfahl dringend ihre Kultur. Wichtige Anbaugebiete lagen im Mittelalter im niederländischen Zeeland (seit dem 12. Jahrhundert), am Oberrhein (Elsass, seit dem 13. Jahrhundert. Im Mittelalter war Speyer für den roten Farbstoff (Speyerer Rot) bekannt, der aus Krapp gewonnen wurde. Dieser wurde in größerem Umfang in der Umgebung der Stadt angebaut.[8] Kleinere Anbaugebiete gab es um Braunschweig, in Frankreich (Provence), Spanien (Kastilien) und Ungarn. Der Elsässer Krapp, die „Hagenauer Röte“, war weit berühmt und wurde in bedeutenden Mengen ausgeführt. Sie hat im Mittelalter mit zum Reichtum der freien Reichsstadt Straßburg beigetragen. Große Anbaugebiete gab es auch in

Frankreich, besonders um das Städtchen Senlis bei Paris. Im 15. Jahrhundert nahm Holland die führende Stellung im Krappanbau ein, in den folgenden Jahrhunderten überflügelten es die Franzosen durch intensive Kultivierung in Südfrankreich und im Elsass. Als hier der Krappanbau durch die Revolutionswirren nach 1789 zum Erliegen gekommen war, befahl Louis-Philippe (1830–1848), dass die französischen Soldaten mit Krapp gefärbte rote Hosen zu tragen hätten. Durch diese Anordnung konnte Frankreich den Krappanbau fördern und seine bedeutende Stellung als Lieferant des Farbstoffs zurückerobern. Im Jahre 1868 kam Krapp im Werte von 25 Mio. Reichsmark in den Handel. In den Niederlanden war die Pflanze bis ins 19. Jahrhundert eines der Hauptexportprodukte der Insel Schouwen-Duiveland.

Im Orient waren extrem komplizierte Färbetechniken unter Verwendung fetter Öle (Türkischrotöl) bekannt, mit denen ein sehr farbintensives Rot erzielt werden konnte (Türkisch Rotgarn). Verwendet wurde der Farbstoff unter anderem, um die traditionelle türkische Kopfbedeckung, den Fes, zu färben. Auch die herrlichen Rot-Farben in Elsässer Trachten waren nur mit Krapp möglich. Krapp wurde auch in der mittelalterlichen Tafelmalerei eingesetzt, da sein rotbraunes bzw. rosafarbenes Farbmittel nicht so lichtempfindlich war wie das nuancenreichere Farbmittel aus dem teuren Brasilholz, das dementsprechend häufiger in der Buchmalerei eingesetzt wurde.

Seit man 1869 den Farbstoff Alizarin auch synthetisch aus Steinkohleteer herstellen konnte, ging der wesentlich teurere Krappanbau drastisch zurück. Erstmals synthetisierten die deutschen Chemiker Carl Graebe und Carl Liebermann den Krappfarbstoff. Heute spielt Färberkrapp ebenso wie andere Färberpflanzen mengen- und wertmäßig keine Rolle mehr und werden nur in sehr kleinen Nischen nachgefragt. Ein kommerzieller Anbau ist entsprechend kaum mehr vorhanden, lediglich in den Niederlanden werden jährlich etwa 50 ha Färberkrapp angebaut[9]

Anbauverfahren heute

Färberkrapp wird als mehrjährige Pflanze angebaut. Die Aussaat erfolgt im zeitigen Frühjahr, auch die Pflanzung vorgezogener Pflanzen oder Wurzelstockteile im Frühjahr oder Herbst ist möglich. Im ersten Jahr ist eine Unkrautbekämpfung mit der Maschinenhacke nötig, Krankheits- und Schädlingsbefall sind in der Regel nicht ertragsrelevant. Ein Befall mit Ascochyta kann die Samenbildung vermindern. Der Nährstoffbedarf ist relativ hoch, es werden sowohl Stickstoff (ca. 120-160 kg) als auch Phosphor und Kalium benötigt. Die Ernte der Krappwurzel erfolgt erstmals nach zwei bis drei Vegetationsperioden mit der bei anderen Wurzelkulturen zum Einsatz kommenden Erntetechnik. Die Wurzel werden gewaschen, in Stücke geschnitten und bei 40-80 Grad getrocknet. Der Ertrag an trockenen Wurzeln liegt um die 15-30 dt/ha.[4]

Literatur

- H. Schweppe: *Handbuch der Naturfarbstoffe*.
- G. Schneider: *Färben mit Naturfarben*. Otto Maier Verlag, Ravensburg 1979.
- Otto Gessner; Gerhard Orzechowski (Hrsg.): *Gift- und Arzneipflanzen von Mitteleuropa.* 3 Auflage. Winter, Heidelberg 1974, ISBN 3-533-02372-9.
- F. E. Köhler: *Köhlers Medizinal – Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte*. 1887. (Abbildung)
- W. Herbst, K. Hunger: *Industrielle Organische Pigmente. Herstellung, Eigenschaften, Anwendung*. VCH, Weinheim 1995.

Weblinks

- Thomas Seilnacht: Lexikon der Farbstoffe und Pigmente [10]
- Datenblatt mit Bildern vom Krapp, Färberröte (*Rubia tinctorum* L.) [11]

Referenzen

[1] Werner Rothmaler (Begr.), Eckehart J. Jäger, Ernst-Gerhard Mahn, Klaus Werner (Hrsg.): *Exkursionsflora von Deutschland. Band 4. Gefäßpflanzen: Kritischer Band.* 10., bearb. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2005, ISBN 3-8274-1496-2.

[2] Werner Rothmaler (Begr.), Eckehardt J. Jäger, Friedrich Ebel, Peter Hanelt, Gerd K. Müller (Hrsg.): *Exkursionsflora von Deutschland. Band 5. Krautige Zier- und Nutzpflanzen.* Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg 2008, ISBN 978-3-8274-0918-8.

[3] Otto Gessner; Gerhard Orzechowski (Hrsg.): *Gift- und Arzneipflanzen von Mitteleuropa.* 3 Auflage. Winter, Heidelberg 1974, ISBN 3-533-02372-9.

[4] Andrea Biertümpfel, Henryk Stolte, Barbara Wenig, 2004: Färberpflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), S. 42-43 (pdf (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_167faerber_2004.pdf))

[5] Amy Butler Greenfield: *A Perfect Red – Empire, Espionage and the Qest for the Color of Desire*, HarperCollins Publisher, New York 2004, ISBN 0-06-052275-5, S. 28

[6] Barbara Wenig, Ralf Pude: *Pflanzen für die Industrie.* 4. Auflage. Hrsg. FNR e.V., Gülzow.

[7] *Velbinger, Karsten: Mutagenität und Kanzerogenität von Hydroxyanthrachinonen in der Wurzel der Arznei- und Färberpflanze Rubia tinctorum L., Färberkrapp, unter besonderer Berücksichtigung krappwurzelhaltiger Arzneimittel. – Leipzig: Universität, 1996* (http://gso.gbv.de/xslt/DB=2.1/PPNSET?PPN=497270161) (abgerufen am 29. Oktober 2009)

[8] Geschichte der Stadt Speyer Bd. 1, Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1982

[9] Rolf-Dieter Reineke, Matthias Graf von Armansperg: *Farben und Lacke. Farben aus Färberpflanzen.* In: Norbert Schmitz et al.: *Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe.* Erstellt durch: meó consulting Team, Faserinstitut Bremen, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH. Hrsg. FNR e.V., Gülzow.

[10] http://www.seilnacht.tuttlingen.com/Lexikon/Krapp.htm

[11] http://www.dyeplants.de/faerberroete.html

Färberpflanze

Färberpflanzen sind Pflanzen, die Inhaltsstoffe besitzen, die zum Färben genutzt werden.

Zwar enthalten alle Pflanzen Farbstoffe, jedoch genügen nur wenige den Anforderungen an Wirtschaftlichkeit, Qualität (zum Beispiel Waschechtheit, Lichtechtheit), biologischer Verfügbarkeit und färbetechnischem Verhalten.

Lange Zeit waren nur Naturfarbstoffe, vor allem aus Pflanzen, verfügbar, um Textilien zu färben. Durch die Entwicklung synthetischer Farbstoffe ab dem 19. Jahrhundert verloren Färberpflanzen einen Großteil ihrer Bedeutung. Heute nimmt die Bedeutung aus ökologischen Gründen bzw. Gründen der Nachhaltigkeit wieder zu. Insgesamt sind etwa 150 Pflanzenarten bekannt, die dem Menschen Farbstoffe liefern.

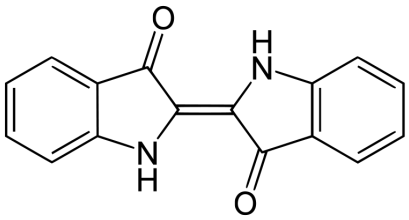


Ein bekannter Farbstoff ist Indigo, der aus *Indigofera tinctoria*, einer ursprünglich aus Indien stammenden Pflanze, gewonnen wird.

Färberpflanzen liefern auch für andere Bereiche Farbstoffe, wie z. B. für Lebensmittel, Kosmetika, Papier, etc..

Funktion, Chemie und Nutzung

(siehe Artikel auch Farbstoff)



Strukturformel von Indigo

Farbstoffe haben in Pflanzen essentielle Bedeutung für die Photosynthese, sind wichtig als Signalfarbe für Blüten und Früchte, als Sekundärmetabolite mit Abwehr- und anderen Funktionen.[1] Pflanzliche Farbstoffe sind organische Verbindungen, die Anteile des sichtbaren Lichts absorbieren. Diese Verbindungen enthalten in der Regel konjugierte Doppelbindungen und/oder aromatische Bereiche. An diesen Bereichen der Verbindungen liegen Elektronen in besonderen Zuständen vor, welche die Absorption bestimmter Wellenlängen des Lichts ermöglichen. Der nicht absorbierte Anteil wird reflektiert und kann vom menschlichen Auge als Farbton wahrgenommen werden.

Je nach Verwendungsbereich finden unterschiedliche Verbindungen pflanzlicher Herkunft Anwendung:[1]

- Kosmetik: Anthocyane; Anthrachinone
- Lebensmittel: Carotinoide und Xanthophylle; Chlorophyll; Anthocyane; Betaine; etc.
- Textilien, Leder, Papier: Flavone, Flavonole und Xanthone; Anthrachinone; Naphtachinone; Indigo; etc.

Geschichte und heutige Bedeutung

(siehe auch Artikel Farbstoffe und Färben)


Der Färberwaid (*Isatis tinctoria*) war in Europa im Mittelalter eine wichtige Färberpflanze für Blau.

Farben haben für den Menschen schon immer eine große Rolle gespielt bei der Ausgestaltung seiner Umgebung, seines Körpers und seiner Bekleidung. Die Verwendung von Naturfarbstoffen lässt sich bis in die jüngere Altsteinzeit zurückverfolgen (15.000 bis 9.000 v. Chr.). Lange Zeit spielten nur pflanzliche Farbstoffe eine wichtige Rolle beim Färben von Geweben aus Naturfasern. Farbstoffe waren oft auch wichtige und kostbare Handelsgüter. Im Mittelalter begann man in Europa, Färberpflanzen auf Feldern anzubauen. Die wichtigsten waren Färberwaid für Blau, Färberkrapp für Rot und Färberresede (Färber-Wau) für Gelb, sowie auch die Schwarze Malve und die Pfingstrose.[1] Die Farbgewinnung und -verarbeitung folgte dabei strengen Regeln, die durch die Handwerkszünfte aufgestellt und kontrolliert wurden.

Seit dem 19. Jahrhundert gelang es, immer mehr synthetische Farbstoffe auf Basis von Kohle und Erdöl herzustellen, die die natürlichen Farbstoffe aus Pflanzen verdrängten.[1]

Beim Färben wird textiles Material durch Aufbringen von Farbmitteln in Färbe- oder Druckprozessen koloriert. In der Malerei wurden vor allem Farblacke verwendet, bei denen der Pflanzenfarbstoff auf ein Substrat wie Kreide oder Bleiweiß aufgezogen wurde, um anschließend wie ein Pigment vermalt werden zu können. Pflanzenfarben können aber auch ohne Substrat lasurartig aufgetragen werden.

Heute haben Färberpflanzen in Deutschland eine geringe Bedeutung. In den vergangenen Jahren nahm das Interesse an natürlich gefärbten Textilien wieder zu. Es wird versucht, Anbau-, Verarbeitungs- und Nutzungsverfahren für Färberpflanzen den heutigen ökologischen und technischen Ansprüchen anzupassen und so diese nachwachsenden Rohstoffe wieder attraktiv zu machen.[1]



Die Wurzel des Färberkrapps (*Rubia tinctorum*) lieferte in Europa im Mittelalter roten Farbstoff.

Pflanzenarten

(siehe auch Liste der Farbstoffe)

Aus den Färberpflanzen können, je nach den arteigenen Inhaltsstoffen, bestimmte Farbtöne erzeugt werden. Durch Nutzung verschiedener Pflanzenteile bzw. Inhaltsstoffe, Mischung, Vor- oder Nachbehandlung können einige Pflanzenarten auch mehr als einen Farbton erzielen. Bekannte Färberpflanzen sind:[2] [1]

Blaufärbende Pflanzen

- Schamblume (*Clitoria ternatea*)
- Färberhülse (*Baptisia tinctoria*)
- Färberknöterich (*Polygonum tinctorum*)
- Färberwaid (*Isatis tinctoria*)
- Indigolupine (bzw. Falscher Indigo oder Blaue Färberhülse) (*Baptisia australis*)
- Indigopflanze (*Indigofera tinctoria*)

Gelbfärbende Pflanzen

- Aufrechte Sammetblume, Tagetes (*Tagetes erecta*)
- Echte Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*)
- Echte Goldrute (*Solidago virgaurea*)
- Echtes Mädesüß (*Filipendula ulmaria*)
- Färberdistel, auch Saflor genannt (*Carthamus tinctorius*)
- Färbereiche (*Quercus velutina*)
- Färberginster (*Genista tinctoria*)
- Färberhundskamille (*Anthemis tinctoria*)
- Färberkamille (*Anthemis tinctoria*)
- Färbermaulbeerbaum (*Morus tinctoria*)
- Färberscharte (*Serratula tinctoria*)
- Färbersumach (*Rhus cotinus*)
- Färberwau (*Reseda luteola*)
- Frauenmantel (*Alchemilla vulgaris*)
- Gelbe Schafgarbe (*Achillea filipendulina*)
- Gemeine Schafgarbe (*Achillea millefolium*)
- Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*)
- Johanniskraut (*Hypericum perforatum*)
- Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*)

- Küchenzwiebel (*Allium cepa*)
- Odermennig (*Agrimonia eupatoria*)
- Rainfarn (*Chrysanthemum vulgare*)
- Ringelblume (*Calendula officinalis*)
- Schöllkraut (*Chelidonium majus*)
- Wiesenflockenblume (*Centaurea jacea*)
- Wiesenkerbel (*Anthriscus sylvestris*)

Rotfärbende Pflanzen

- Amerikanische Kermesbeere (*Phytolacca americana*)
- Echtes Labkraut (*Galium verum*)
- Färberdistel, Saflor (*Carthamus tinctorius*)
- Färberkrapp, auch Färberröte genannt, (*Rubia tinctorum*)
- Färbermeister (*Asperula tinctoria*)
- Blutweiderich (*Lythrum salicaria*)
- Indischer Spinat, Malabarspinat (*Basella rubra*)
- Schönauge, Mädchenauge (*Coreopsis tinctoria*)
- Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*)
- Stockrose, Schwarze Malve (*Alcea rosea* var. *nigra*)
- Wiesenlabkraut (*Galium mollugo*)

Braunfärbende Pflanzen

- Echter Dost (*Origanum vulgare*)
- Frauenmantel (*Alchemilla vulgaris*)
- Kleiner Odermennig (*Agrimonia eupatoria*)
- Schöllkraut (*Chelidonium majus*)

Schwarzfärbende Pflanzen

- Granatapfel (*Punica granatum*)
- Jenipapo (*Genipa americana*)

Quellen

- Andrea Biertümpfel, Henryk Stolte und Barbara Wenig, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), (2004): *Färberpflanzen*. (PDF-Datei, 1 MB [3])

Literatur

- Helena Arendt: *Werkstatt Pflanzenfarben*. AT Verlag, Baden u. München 2009
- Dorit Berger: *Färben mit Naturfarben. Färbepflanzen, Rezepte, Anwendungsmöglichkeiten.* Stuttgart 1998
- Eberhard Prinz: *Färberpflanzen, Anleitung zum Färben, Verwendung in Kultur und Medizin*. Schweizerbart, Stuttgart 2009
- Roth, Kormann, Schweppe: *Färbepflanzen, Pflanzenfarben*. Landsberg/Lech 1992
- H. Schweppe: *Handbuch der Naturfarbstoffe. Vorkommen, Verwendung, Nachweis.* ecomed-Verlag, Landsberg/Lech 1993
- Emil Spränger: *Färbbuch'. Zürich 1982*

Weblinks

- Kleines Lexikon der Färberpflanzen von Thomas Seilnacht [3]
- Botanicolor, die Ethnobotanik der Farben und Fasern. Recherchiert von Maja und Max Willis für eine Ausstellung im Botanischen Garten Der Universität Basel, CH zusammengestellt, 2001 [4]
- Nutzpflanzen-Datenbank (Uni Marburg): Färberpflanzen [5]
- Eberhard Prinz *Färberpflanzen aus Frühzeit und Mittelalter* [6]*, mit umfangreicher Liste von Färberpflanzen*
- Institut für Färbepflanzen [7], umfassende Informationen und zahlreiche Abbildungen zu Färbepflanzen, insbesondere zu den bekanntesten heimischen Arten Färberwaid, Färberwau und Färberrot; Informationen zu Anbau, Nutzung, botanische Beschreibung, weiterführende Links

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): *Färberpflanzen* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_167faerber_2004.pdf), Gülzow (2004), als pdf erhältlich, abgerufen am 19. März 2010

[2] Institut für Färbepflanzen: *Färbepflanzen und Naturfarbstoffe* (http://www.dyeplants.de/index.html), abgerufen am 19. März 2010

[3] http://www.digitalefolien.de/biologie/pflanzen/faerbe/faerbe.html

[4] http://www.luminousgreen.net/botanicolor/bintro3.htm

[5] http://cgi-host.uni-marburg.de/~omspezbo/nutzpflanzen/suche.cgi?volltext=&name=&nutzen=faerbepflanze

[6] http://www.eberhardprinz.de/farberpflanzen_hom

[7] http://www.dyeplants.de

Färberwaid

Färberwaid

Färberwaid (*Isatis tinctoria*)
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida)
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Kreuzblütlerartige (Brassicales)
Familie: Kreuzblütengewächse (Brassicaceae)
Gattung: Waid (*Isatis*)
Art: Färberwaid
Wissenschaftlicher Name
Isatis tinctoria
L.

Der **Färberwaid** (*Isatis tinctoria L.*) oder **Deutsche Indigo** ist eine zweijährige Pflanze aus der Familie der Kreuzblütengewächse (Brassicaceae). Er stammt aus Westasien, wurde aber bereits vor vielen Jahrhunderten in Europa als Färberpflanze kultiviert.



Der Waidstein in Sömmerda, mit ihm wurde im Mittelalter Färberwaid zerkleinert

Beschreibung

Im ersten Jahr bildet die zweijährige Pflanze eine Blattrosette mit 20-30 cm langen lanzettlichen und ganzrandigen Blättern von blau-grüner Färbung. Diese sind meist kahl, nur später gebildete sind behaart. Färber-Waid erreicht in der Regel eine Größe von 30-150 Zentimeter.

Im zweiten Jahr wachsen bis zu 120 bis 150 cm hohe aufrechte Stängel, die oben verzweigt und kahl, unten mit einzelnen Haaren besetzt sind. Die untersten Blätter sterben zur Blütezeit

Färber-Waid blüht zwischen Mai und Juli. Die Blütenstände bestehen aus mehreren Trugdolden mit gelben, rapsähnlichen Blüten, welche sich am Stängelende zu einem ausladenden Gesamtblütenstand verbinden. Die Einzelblüten sind tragblattlos, die vier gelben Blütenblätter haben einen Durchmesser von 4 bis 8 Millimeter, sind spatelig-zungenförmig und an der Spitze abgerundet. Es sind zudem vier gelblich-grüne, schmale-eiförmige Kelchblätter vorhanden. Der Fruchtknoten ist keulenförmig und flach. Die bläuliche Frucht ist ein Schötchen von 0,8 bis 2 Zentimeter Länge und 3-7 Millimeter Breite mit je ein bis zwei ölhaltigen Samen. Sie hängt an einem 5-8 Millimeter langen Stiel, der sich zum Fruchtansatz hin verdickt.

Verbreitung

Der Färberwaid stammt aus Westasien, wurde allerdings bereits im Mittelalter in Europa kultiviert und gilt daher als Archäophyt. Der Färberwaid wächst heute hauptsächlich als verwilderte Pflanze in Europa. Als Standorte werden trockene Hänge, Felsen und trockene Ruderalstellen bevorzugt.

Systematik

Neben der Nominatform wird unterschieden:

- *Isatis tinctoria* subsp. *koelzii* (Rech.f.) Jafri: (Pflanze und Früchte kleiner, Afghanistan, Pakistan)

Verwendung

Die Blätter enthalten das farblose Glykosid Indican, das nach der Ernte enzymatisch in Zucker und Indoxyl gespalten und zu Indigo oxidiert wird (Fermentation). Die vollständige Umwandlung nach einem Färbevorgang nimmt etliche Stunden in Anspruch.

Die Behauptung, hiervon leite sich der Ausdruck *Blau machen* ab, ist nur eine von mehreren ungesicherten Vermutungen (siehe hierzu den Artikel Blauer Montag).

Für die im Herstellungsprozess des Farbstoffs benötigte Laugenbeize wurde **Waidasche** aus Buchenholz verwendet. Wegen des Holzschutzeffektes (gehemmtes Pilzwachstum) eignet sich die aus Färberwaid gewonnene blaue Farbe auch zum Streichen von Türen, Deckenbalken und Kircheninnenräumen.

Aus den Wurzeln der Färberwaidpflanze wird der *Waidbitterlikör* hergestellt. Außerdem wird die Färberwaidwurzel (*Isatidis Radix*) als traditionelles chinesisches Heilmittel (chines. Bezeichnung: *Banlangen*) zur Bekämpfung von

Grippeinfektionen (aber auch Masern, Mumps) verwendet. Banlangen war vor allem während der SARS-Epidemie in China sehr gefragt gewesen, obwohl eine Wirkung gegen Viren nicht nachgewiesen werden konnte.

Geschichte

Die Pflanze wird seit dem Altertum als Färberpflanze kultiviert. In Deutschland wird der Färberwaid seit dem 9. Jahrhundert, hauptsächlich in Thüringen angebaut. Die Stadt Erfurt erlangte als Zentrum des Waidhandels Macht und Reichtum, ebenso wie die anderen Waidstädte. Zur Verarbeitung waren Waidmühlen erforderlich. Färberwaid war etwa bis ins 16. Jh. sehr wichtig für die Herstellung von blauem Leinen. Er wurde dann durch die Einfuhr von *echtem Indigo* aus dem tropischen Schmetterlingsblütler *Indigofera tinctoria* zurückgedrängt.

Seit der synthetischen Herstellung von Indigo im Jahr 1880 ist der natürliche Indigo vom Markt verschwunden, allerdings gab es nach dem Mauerfall vor allem in Thüringen eine große Nachfrage nach der blauen Farbe aus Färberwaid, um Kirchen und andere Gebäude originalgetreu restaurieren zu können.

Literatur

- Fischer, F.: *Das blaue Wunder Waid. Wiederentdeckung einer alten Nutz- und Kulturpflanze.* 91 Seiten, vgs Verlagsgesellschaft, Köln 1997.
- Dietmar Aichele, Heinz-Werner Schwegler: *Die Blütenpflanzen Mitteleuropas, Band 3, Nachtkerzengewächse bis Rötegewächse.* Seite 290, Franckh-Kosmos, Stuttgart 1995. ISBN 3-440-06193-0
- K.U.Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen In: Handbuch des Pflanzenbaues, Bd. 4, S. 527-531, ISBN 3800132036

Weblinks

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Färberwaid [1] Kurze Auskunft über Merkmale, kulturgeschichtlichen Hintergrund und Anbau.
- T. Seilnacht: Färberwaid, Isatis tinctoria [2] (Kurzbeschreibung mit einem Foto)
- Erfurt und der Waidanbau in Thüringen [3]
- Hirschmugl KEG: Infos über Isatis Tintoria (Färberwaid) [4]
- Datenblatt mit Bildern vom Färberwaid (*Isatis tinctoria* L.) [5]

Referenzen

[1] http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=111
[2] http://www.digitalefolien.de/biologie/pflanzen/faerbe/waid.html
[3] http://www.erfurt.de/ef/de/entdecken/tradition/waid/
[4] http://www.waid.at
[5] http://www.dyeplants.de/faerberwaid.html

Faser

Eine **Faser** ist ein im Verhältnis zur Länge dünnes und flexibles Gebilde. Fasern können keine Druck-, sondern nur Zugkräfte aufnehmen, da sie bei Druckbelastung knicken. In Natur und Technik kommen Fasern meist in einem größeren Verbund vor, sie bilden eine bestimmte Struktur.

Fasern kommen in Natur und Technik häufig vor, da zwei Phänomene zu beobachten sind:

- Eine Struktur aus Fasern ist fester und häufig steifer als eine Konstruktion der gleichen Form aus dem kompakten Werkstoff "aus dem Vollen".
- Zwei Fasern sind zusammen verdreht stärker als beide einzeln.

Fasern grenzen sich von Stäben wegen ihrer mangelnden Knicksteifigkeit ab, von Drähten unterscheidet sie der geringere Durchmesser.

Einteilung

Fasern können nach ihrer Herkunft, Länge, Beschaffenheit oder auch ihrer Verwendung eingeteilt werden. Fasern begrenzter Länge sind **Stapelfasern**, im Prinzip unendlich lange Fasern **Filamente** bzw. Endlos-Fasern. Gerade im deutschsprachigen Raum herrscht eine gewisse Verwirrung um Ausdrücke. DIN 60000 und 60001 führen den Begriff *Chemiefaser* an Stelle des englischen Ausdrucks *man-made fibre* ein. Diese Übersetzung ist problematisch, da der Mensch auch rein physikalische Effekte zur Herstellung von Fasern ausnutzen kann (Beispiel Glasfasern). Der Ausdruck Chemiefaser sollte auch daher nicht verwendet werden, da alle Fasern eine chemische Zusammensetzung haben. So besteht Baumwolle etwa aus Zellulose – genau wie die vom Menschen hergestellte Viskose.

An dieser Stelle sollen die Fasern daher in Naturfasern und Kunstfasern (engl.: man-made fibres) eingeteilt werden. Als Kunstfasern sind demnach sowohl Fasern aus nativen (pflanzlichen oder animalischen) wie auch synthetischen Polymeren zu verstehen.

Diese Einteilung ist an ISO 6938 und 2076 angelehnt.

Eigenschaften von Fasern können durch die unterschiedliche qualitative (Brennprobe) und quantitative Methoden bestimmt oder gemessen werden. Bei der Brennprobe wird die Flamme (Rußentwicklung), der Geruch, der pH-Wert des Rauchs und die Konsistenz des Rückstands beobachtet. Mit quantitativen Messungen wird zum Beispiel Zugfestigkeit oder der Elastizitätsmodul bestimmt.

Naturfasern

Hauptartikel: Naturfaser

Als Naturfasern werden alle Textilfasern und Faserwerkstoffe bezeichnet, die ohne chemische Veränderung aus pflanzlichem und tierischem Material gewonnen werden. Sie sind damit abzugrenzen von Chemiefasern ("Kunstfasern"), die synthetisch hergestellt werden. Regeneratfasern wie Bambusviskose oder Lyocell sind keine Naturfasern. Auch die relativ kurzen Holzfasern werden – nicht zuletzt auch wegen ihrer mengenmäßigen Bedeutung - gesondert betrachtet.

Naturfasern können organischen (pflanzlich oder tierisch) oder anorganischen Ursprungs (mineralisch) sein.

Pflanzenfasern

Pflanzenfasern kommen bei Pflanzen als Leitbündel im Stängel oder Stamm, der Rinde (etwa als Bast) und als Samen-Fortsätze vor.

Mit der Eigenschaft *fasrig* – und auch *holzig* und *krautig* – werden unspezifisch die stark von Fasern durchsetzten sowie die verholzten Teile einer *krautigen Pflanze* bezeichnet, in Unterscheidung zum Jungtrieb und der Blattmasse, insbesondere sind dies bei Lebensmitteln die nicht zum Verzehr geeigneten Anteile. Einen Überblick zu den landwirtschaftlich angebauten Lieferanten von Pflanzenfasern gibt der Artikel Faserpflanzen.

Pflanzenfaser ist ein Sammelbegriff für Fasern pflanzlicher Herkunft, die als Material verwendet werden. Es folgt eine Liste mit der gültigen Kurzbezeichnung nach DIN 60001-1:

- Samenfasern
  - Baumwolle (CO) aus den Samenhaaren der Frucht der Baumwollpflanze
  - Kapok (KP) aus dem Inneren der Kapselfrucht des echten Kapokbaumes
  - Pappelflaum (n.n.)
- Bastfasern
  - Bambusfaser (selten, meist handelt es sich um Regeneratfasern aus Bambus)
  - Brennnessel, siehe auch Fasernessel
  - Hanffaser (HA)
  - Jute (JU)
  - Leinen (LI) aus der Flachspflanze
  - Ramie (RA)
- Hartfasern
  - Holzfasern – werden heute zu Platten verpresst
  - Blattfasern
    - Sisal (SI) aus Agaven-Blättern
    - Abacá (Manilahanf), Hartfaser aus den Blättern einer Bananenart
- Fruchtfasern
  - Kokos (CC) aus der Fruchthülle der Kokospalmenfrüchte

Daneben werden auch verschiedene Binsengräser und andere Pflanzen für Pflanzenfasern verwendet.

Bastreste von Linde und Eiche stellen die häufigsten Funde von jungsteinzeitlichen Faserresten dar. Die langen Fasern dieser Baumarten dienten als Werkstoff zur Herstellung von Körben, Matten und Schnüren. Die derzeit bekanntesten Beispiele dürften Umhang und Schuhwerk des Mannes von Hauslabjoch, vulgo „Ötzi“, sein.

Fasern tierischen Ursprungs

Bei Tieren bilden die Haarfollikel Fasern. Ausnahmen sind Seidenfasern von der Verpackung verpuppter Seidenraupen und Muskelfasern, quasi-zelluläre kontraktile Bestandteile des Muskels. Fasern die sich textil nutzen lassen sind:

- Wollen und feine Tierhaare
  - Wolle von Schafen (WO) (Schurwolle WV) wird meist durch jährliches Scheren gewonnen und auch als Schurwolle bezeichnet.
  - Alpaka (WP) , Lama (WL) (, Vikunja (WG), Guanako (GU) sind die Haare von den gleichnamigen Lamaarten bzw. Schafkamelen. Die Haare sind fein, weich, glänzend und wenig gekräuselt.
  - Kamelhaar (WK) ist das Flaumhaar der Kamele, die Tiere werfen es jährlich ab. Es ist sehr fein, weich und leicht gekräuselt und beigebraun.
  - Angora (WA) (Haare vom Angorakaninchen), Kanin (WN) (gewöhnliche Kaninchenhaare) sind sehr fein, glatt und sehr leicht. Da sie Wasserdampf gut aufnehmen, sind Stoffe aus Kanin sehr warmhaltend.

    - Kaschmir (WS) gewinnt man durch Auskämmen und sortieren der Flaum- oder Grannenhaare der Kaschmirziege. Diese Haare sind so fein wie die feinste Merinowolle, und Bekleidung aus Kaschmir ist deshalb fein, weich, leicht und glänzend.
    - Mohair (WM) bezeichnet die Haare der Angora- oder Mohairziege. Sie sind lang, leicht gelockt und glänzend. Ihre Farbe ist weiß und sie filzen kaum.
- Grobe Tierhaare
    - Ziegenhaar (HZ)
    - Rinderhaar (HR) Hier haben vor allem die Haare des Yaks eine textile Bedeutung.
    - Rosshaar (HS) ist sehr grob und wird als Polster und Füllung von Matratzen verwendet.
- Seiden
    - Maulbeerseide (SE) (Zuchtseide) wird aus dem Kokon des Maulbeerspinners, der Seidenraupe gewonnen.
    - Tussahseide (ST) (Wildseide) wird aus dem von Bäumen und Sträuchern gesammelten Kokon des wildlebenden Tussahspinners hergestellt. Da hier der Schmetterling meist ausgeschlüpft ist, sind die Fasern kürzer und nicht abhaspelbar. Eine Zucht des Tussahspinners ist bisher nicht gelungen.
    - Muschelseide besteht aus den Byssusfäden von Muscheln, die sich damit am Meeresboden festhalten können. Die Fasern sind um ein vielfaches feiner als Seide und wegen der aufwändigen Gewinnung sehr begehrt und wertvoll.

Mineralfasern geologischen Ursprungs

Mineralfasern (Fasern ohne organisch gebundenen Kohlenstoff) kommen natürlich praktisch nur in dieser Form vor:

- Asbest (AS) wurde wegen der hohen Temperaturbeständigkeit im letzten Jahrhundert vor allem in der Bauindustrie eingesetzt. Sie hat keine textile Bedeutung und ihr Einsatz ist heute weitgehend verboten.
- Fasergips

Chemiefasern (früher: Kunstfasern), *man-made fibres*

Es existiert eine sehr große Anzahl Handelsnamen und ehemaliger Handelsnamen, die durchwegs bekannter sind als ihre chemische Zusammensetzung. Die meisten Chemiefasern sind Polymere:

Fasern aus natürlichen Polymeren

- Zellulosische Fasern
    - Viskose (CV) wird nach dem Viscoseverfahren aus reiner Zellulose, hauptsächlich aus Buchen- und Pinienholz oder Eukalyptus gewonnen, zunehmend auch aus Bambus, hergestellt.
    - Modal (CMD) wird nach dem modifizierten Viscoseverfahren hergestellt und hat deshalb eine höhere Festigkeit als Viskose im trockenen und nassen Zustand.
    - Lyocell (CLY) wird in einem Nassspinnverfahren hergestellt. Als Lösungsmittel dient *N*-Methylmorpholin-*N*-oxid Monohydrat. Die Faser zeichnet sich durch sehr hohe Trocken- und Nassfestigkeit aus.
    - Cupro (CUP) wird nach dem Kupferoxid-Ammoniak-Verfahren hergestellt.
    - Acetat (CA) wird im Trockenspinnverfahren aus in Aceton gelöstem Zelluloseacetat ersponnen (siehe Acetat-Fasern)
    - Triacetat (CTA) wird ebenfalls aus Zelluloseacetat hergestellt, hier wird jedoch in Dichlormethan gelöst.
    - Cellulon
- Gummifasern
    - Gummi
- Pflanzeneiweißfasern

  - Sojaproteinfaser
- Tiereiweißfasern
  - Kasein, Handelsnamen Lanital, Tiolan, Aralac

Fasern aus synthetischen Polymeren

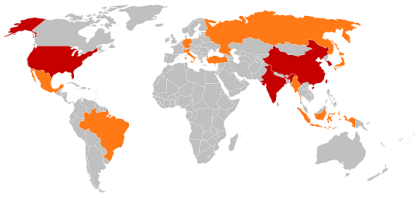
- Polykondensationsfasern
  - Polyester (PES), meist Polyethylenterephthalat (PET), Handelsnamen *Diolen*, *Trevira* etc., zeigen vielseitige Eigenschaften und nehmen deshalb eine Spitzenposition unter den synthetischen Fasern ein. Die Polyesterfaser ist sehr reiß- und scheuerfest und nimmt kaum Feuchtigkeit auf.
  - Polyamid (PA), Handelsnamen *Nylon*, *Perlon*, *Dederon*, ist sehr elastisch und knittert wenig. Polyamid lässt sich durch Hitze dauerhaft verformen, dies wird beim Thermofixieren ausgenutzt.
  - Polyimid (PI), Handelsname *P84*, Hochtemperaturkunstfaser, Einsatz in technischen Textilien, zum Beispiel Filtermedien.
  - Polyamidimid (PAI), Handelsname *Kermel*
  - Polyphenylensulfid (PPS), Handelsnamen *Procon*, *Torcon*, *Nexylen* etc., zeigt eine gute Temperatur- und hervorragende Chemikalienbständigkeit, Einsatz in technischen Textilien, zum Beispiel Filtermedien.
  - Aramid, Handelsnamen *Kevlar*, *Nomex*, *Twaron*, hat eine sehr hohe Reißfestigkeit und wird für technische Textilien, zum Beispiel in schusssicheren Westen, benutzt.
- Polymerisationsfasern
  - Polyacrylnitril (PAN), Handelsnamen *Dralon*, *Orlon* etc., weist einen wollähnlichen Griff und gute Licht- und Chemikalienbeständigkeit auf. Es ist neben Pech ein wichtiges Ausgangsmaterial zur Herstellung von Kohlenstofffasern. Polyacrylnitril wird auch zur Herstellung von Hohlfasern für die Membrantechnik verwendet.
  - Polytetrafluorethylen (PTFE), Handelsnamen *Teflon*, *Toyoflon*, *Profilen*, *Rastex* etc., ist temperaturbeständig, chemisch weitgehend inert, wasserabweisend und kaum färbbar. Der Einsatz als Faser erfolgt hauptsächlich in technischen Textilien. Es wird auch als Folie mit Mikroöffnungen - beispielsweise in Wetterschutzbekleidung, Handelsname Gore-Tex oder laminiert auf Filtermedien, Handelsnamen *Tetratex*, *Pristyne* etc. - verarbeitet.
  - Polyethylen (PE), Handelsname Dyneema, asota
  - Polypropylen (PP), Handelsnamen z.B. Polycolon, asota, leichteste Textilfaser überhaupt, mit guter Scheuerfestigkeit und praktisch keiner Wasseraufnahme, durch Kochfestigkeit gute Pflegeeigenschaften, elastisch, im Sportfunktions- und Unterwäschebereich, Geotextil, Teppich, Automobiltextilien häufig eingesetzt.
  - Polyvinylchlorid (Bei Fasern CLF sonst PVC) ist gut warmhaltend und wird für Rheumawäsche eingesetzt.
- Polyadditionsfasern
  - Polyurethan (EL) als Elastomer (Elasthan bzw. Spandex), Handelsnamen Lycra und Dorlastan. Elasthan besteht aus mindestens 85% Polyurethan und hat eine sehr hohe elastische Dehnung. Da es in Vergleich zu Gummi gut anfärbbar ist, wird es meist in Verbindung mit anderen Fasern für dehnbare Gewebe, Badebekleidung und Strümpfe, eingesetzt. Elastodien hat für den textilen Einsatz praktisch keine Bedeutung.

Anorganische Chemiefasern

- Glasfasern (GF) sind nur sehr wenig dehnbar und spröde. Sie werden u.a. in Dekostoffen und für die Inneneinrichtung benutzt. In großem Maße werden sie zur Verstärkung von Kunststoffen und in technischen Textilien eingesetzt. Außerdem werden sie zur optischen Datenübertragung in Telefon- und EDV-Netzen verwendet.
- Basaltfasern besitzen ähnliche Eigenschaften wie Glasfasern. Eingesetzt werden sie in Faser-Kunststoff-Verbunden oder als Hitzeschutzmaterial sowie in technische Textilien.
- Kohlenstofffasern (CF) sind sehr leicht und haben eine hohe Festigkeit. Sie werden ebenfalls zur Verstärkung von Kunststoffen, in Verbundkeramik und in technischen Textilien eingesetzt. Als Faserfilz finden sie Verwendung zur Wärmeisolation von Hochtemperatur-Schutzgas- oder Vakuumöfen.
- Metallfaser (MTF), sehr dünner Draht
- Keramikfasern bilden eine spezielle Klasse von anorganischen Fasern. Sie bestehen aus einer faserförmigen Keramikstruktur. Sie kommen als oxidische (Aluminiumoxide, Mullite, Yttriumoxide) und nichtoxidische (SiC, SiCN, SiBCN) Fasertypen vor. Ihr Haupteinsatzgebiet liegt bei Hochtemperaturanwendungen für Dämmstoffe (bei Kurzfasern) und als Verstärkungsfasern in hochbelasteten Verbundwerkstoffen wie zum Beispiel in faserverstärkter Keramik. Die als „Keramikfaser“ bekannte Aluminiumsilikatwolle, wird als Hochtemperaturwolle zur Wärmedämmung bei Temperaturen über 700 °C eingesetzt.
- Nanotubefasern bestehen nahezu vollständig aus Kohlenstoffnanoröhren (engl. nanotubes). Sie besitzen sehr hohe Festigkeiten und sind noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Die NASA untersucht derartige Fasersysteme zum Bau von Weltraumliften.

Die größten Kunstfaserproduzenten

Das bedeutendste Herstellerland von Kunstfasern ist mit großem Abstand China, gefolgt von Taiwan und den USA. In Europa sind Deutschland und Italien die wichtigsten Produzenten.



Die wichtigsten Produzenten für Kunstfasern

Die größten Kunstfaserproduzenten weltweit (2001)

Quelle: Handelsblatt *Die Welt in Zahlen* (2005)

Rang	Land	Produktion (in Tsd. t)	Rang	Land	Produktion (in Tsd. t)
1	China	7905	8	Thailand	838
2	Taiwan	3105	9	Deutschland	800
3	USA	2744	10	Türkei	672
4	Südkorea	2381	11	Mexiko	555
5	Indien	1681	12	Italien	550
6	Japan	1347	13	Russische Föd.	423
7	Indonesien	1289	14	Brasilien	318

Bei obigen Zahlen ist zu beachten, dass insbesondere die Produktion in China seit 2001 deutlich angestiegen ist. Im Jahre 2006 betrug die dortige Produktion knapp über 19 Millionen Tonnen [1] [2] .

Die größten Naturfaserproduzenten

Naturfasern werden in fast allen Ländern der Welt angebaut und verarbeitet – jährlich insgesamt fast 30 Millionen Tonnen. Baumwolle ist dabei mit 20 Mio. t die weitaus dominierende Naturfaser, gefolgt von Wolle und Jute mit rund 2-3 Mio. t. Trotz der weiten Verbreitung sind mit Südasien, Ostasien und China, Mittel- und Osteuropa, Ostafrika und Brasilien Schwerpunkte in der Naturfaserproduktion erkennbar. [3]

Fasermischungen

Es ist heute üblich, für textile Anwendungen Fasern zu mischen. Ziel ist immer, ein Garn mit veränderten Eigenschaften zu bekommen. Hier wird einerseits versucht, bessere Gebrauchseigenschaften, bessere bekleidungsphysiologische oder bessere Pflegeeigenschaften zu erhalten. Auf der anderen Seite versucht man eine Veränderung des Aussehens oder eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Von der Verarbeitung her sind Gemische manchmal schwieriger zu handhaben als pure Fasern. Teilweise lassen sich jedoch gerade Fasergemische besser verarbeiten.

- eine Fasermischung (Melange) als mehrfarbiger Farbeffekt in einem Garn
- Vigogne ist eine Mischung aus Baumwolle und Viskose
- Vigoureux ist eine teilweise streifenförmig walzenbedruckte Fasermischung zur Erzielung hochwertiger, ruhiger Melange-Farbeffekte

Textile Eignung

Nach dem Textilkennzeichnungsgesetz (TKZ) ist Textilfaser ein “Erzeugnis, das durch seine Flexibilität, seine Feinheit und durch seine große Länge im Verhältnis zum Durchmesser gekennzeichnet ist“.

Die Bedingungen für jede Art Herstellung und Anwendung werden durch Mindestanforderungen an einzelne Eigenschaften (Länge, Feinheit, Elastizität, Feuchtigkeitstransport, Isolierwirkung usw.) näher spezifiziert.

Zum Beispiel: Baumwolle für ein bestimmtes Garn muss mindestens 12 mm Länge und 10 cN/tex Festigkeit haben, für Nassvliesstoffe genügen 4 mm und für Beflockung 2 mm Länge.

Kunstfasern aus Polymeren eignen sich sehr gut für Textilien, für Kleidung wie für technische Anwendungen. Da die Fasern eigens hergestellt werden, kann ihre Form, Dicke und Länge fast frei gewählt werden. Dies erklärt u.a. den Erfolg der synthetischen Fasern gegenüber den traditionell genutzten Naturfasern seit Beginn der 60er Jahre. Naturfasern können sich insbesondere dort behaupten, wo sie Vorteile gegenüber den Kunstfasern aufweisen können. Neben dem textilen Bereich werden sie auch zunehmend in technischen Textilien eingesetzt.

Naturfasern, Glasfasern und Kohlenstofffasern werden zu Geweben oder zu Vliesstoffen verarbeitet; meist um sie später zu nichttextilen Faserverbundwerkstoffen weiterzuverarbeiten, selten um sie direkt in dieser Form einzusetzen. Beispielsweise werden Glasfasergewebe als temperaturbeständige Isolierung für Kabel eingesetzt.

Dünne Metalldrähte spielen eine erhebliche Rolle bei der Herstellung von Kabeln, wo sie meist geflochten werden.

Sollen Fasern textil verwendet werden, müssen sie gesponnen werden. Ausnahme: Vliesstoffe, Filze und Filamente.

Textilfaserverbrauch

Im Jahr 2004 wurden insgesamt ca. 73 Millionen Tonnen Textilfasern produziert (11 Kg / Weltbewohner). Davon:

Anteile am Textilfaserverbrauch 2004			
Rang	**Gruppe**	**Höchste Anteile**	**%**
1	Baumwolle	China, USA, Indien	35 [4]
2	Filamente	PES, PA, PP, GF,	30 [5]
3	Chemische Stapelfasern	PES, PAN, CV	24 [5]
4	Sonst. pflanzl. Fasern	JU, LI, CC, SI	7 [6]
5	Tierische Fasern	WO, WL, WK, WM	4 [4]

Der Gesamtverbrauch ist von 1994 bis 2004 um 60 % gestiegen, davon Chemiefasern um ca. 80 und Baumwolle um 40 %, während der Verbrauch von sonstigen Naturfasern insgesamt stagnierte.

Internationale Kurzzeichen für Textilfasern

Auszug aus der Liste der Abkürzungen für die Bezeichnung von natürlichen und Chemiefasern herausgegeben vom internationalen Standardisierungsbüro in Brüssel (BISFA) in Anlehnung an DIN 7728:

Benennung	Zeichen	Benennung	Zeichen
Baumwolle	CO	Elastoiden	EL
Flachs, Leinen	LI	Glas	GF
Hanf	HF	Jute	JU
Kamelhaar	WK	Kokos	CC
Lama	WL	Modal	CMD
Mohair	WM	Polyakryl	PAN
Polyamid	PA	Polyester	PES
Polyethylen	PE	Polypropylen	PP
Ramie	RA	Schafwolle	WO
Seide (Maulbeerseide)	SE	Sisal	SI
Viskose	CV	Ziegenhaar	HZ

Die internationale Norm für die Kurzzeichen von Chemiefasern ist die DIN EN ISO 1043-1. Bei Naturfasern werden die Kurzeichen für Deutschland in der DIN 60001-1 festgelegt.

Weblinks

- Industrievereinigung Chemiefaser e. V. (IVC) [7]
- Internationales Jahr der Naturfaser [8]
- Nachrichten-Portal Nachwachsende Rohstoffe [9]
- Stofflexikon [10]
- Lexikon der textilen Raumausstattung - Rubrik Chemiefasern [11]
- Lexikon der textilen Raumausstattung - Rubrik Naturfasern [12]
- Chemie der Textilfaser [13] (pdf-Datei; 344 KB)
- http://www.cirfs.org/frames_03_09.htm
- http://skripta.ft.tul.cz/list_pre.cgi?predmet=5&skripta=18&pro=
- http://www.fibre2fashion.com/news/company-news/saurer/newsdetails.aspx?news_id=6351
- Denninger F., Giese E., Ostertag H.: Textil- und Modelexikon, Deutscher Fachverlag Frankfurt/Main 2006, ISBN 3-87150-848-9
- Alfons Hofer, Stoffe : 1. Textilrohstoffe, Garne, Effekte, str. 228-251, 7. völlig überarbeitete Auflage, Frankfurt/Main : Deutscher Fachverlag, 1992, ISBN 3-87150-366-5

Referenzen

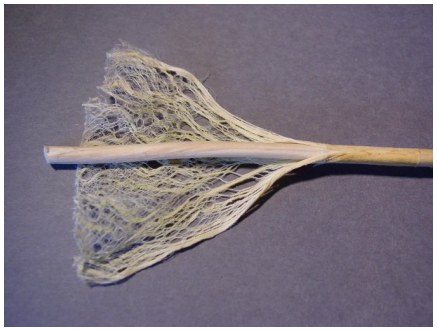
[1] Man-Made Fiber Yearbook 2007, IBP International Business Press Publishers GmbH, ISSN 1434-3584
[2] H.-J. Koslowski, Chemiefaser-Lexikon, 12. Auflage 2008, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt/M.
[3] Carus et al.: Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser- Werkstoffen (Deutschland und EU) (http://www.nova-institut.de/pdf/08-01-Flachs-Hanf_Buch_Carus_et_al.pdf)
[4] http://www.cirfs.org/frames_03_09.htm
[5] http://www.fibre2fashion.com/news/company-news/saurer/newsdetails.aspx?news_id=6351
[6] http://skripta.ft.tul.cz/list_pre.cgi?predmet=5&skripta=18&pro=
[7] http://www.IVC-eV.de
[8] http://www.naturalfibres2009.org
[9] http://www.nachwachsende-rohstoffe.info
[10] http://www.stofflexikon.com
[11] http://www.raumausstattung.de/wohnen/querverweis.php?begriff=chemiefasern
[12] http://www.raumausstattung.de/wohnen/rubrik-rubrik-Naturfasern.htm
[13] http://www.hausarbeiten.de/download/20415.pdf

Faseraufschluss

Als **Faseraufschluss** wird in der Naturfaserindustrie die Trennung der Fasern vom Rest der Pflanze sowie die Vereinzelung bzw. Verfeinerung des Faserbastes in einzelne Faserbündel bzw. deren Kollektive (selterner in Einzelfasern) bezeichnet. Dies geschieht bei Bastfasern durch Brechen und Walzen der Stängel, bei denen der holzige Innenteil von den außen liegenden Fasern getrennt werden kann. Zum Holzfaseraufschluss für die Papierherstellung kommen mechanische (für Holzstoff) oder chemische Aufschlussverfahren (für Zellstoff) zum Einsatz.

Faseraufschluss von Hanf und Flachs

Der Faseraufschluss beim Hanf und Flachs kann zur Gewinnung von Lang- oder Kurzfasern erfolgen. Das Hanf- und Flachsstroh wird nach der Ernte zur Langfasergewinnung parallel ausgelegt (Längsfaser) und getrocknet. Der Trocknung folgt eine Röste und eine erneute Trocknung auf dem Feld. Das immer noch parallel liegende Stoh wird anschließend gebrochen und über das Schwingen und Hecheln des Strohs werden die Langfasern gewonnen. Als Nebenprodukte zu den Langfasern fallen hier Schäben aus dem gebrochenen Holzkern sowie Werg und Superkurzfasern bzw. Staub an.



Hanfstängel mit Fasern und holzigen Innenbereich

Kurzfasern werden in modernen Aufschlussanlagen produziert und für die technische Nutzung optimiert. Zur Vorbehandlung auf den Faseraufschluss der Kurzfaser- und Gesamtfaserlinie wird das Hanfstroh auf dem Feld gekürzt und geröstet sowie danach in Rund- und Quaderballen gepresst; eine Wasserröste wie bei der traditionellen Langfaseraufbereitung entfällt. Diese werden in Wirrlage (Wirrfaser) einer Faserauschlussanlage zugeführt und geöffnet. Das Stroh wird anschließend in den aus unterschiedlich großen Zahnwalzen bestehenden Brecheinheiten gebrochen, um eine Trennung der Fasern und des Holzkerns zu ermöglichen (Entholzung). Im Gegensatz dazu arbeiten neuere Technologien nach dem so genannten Prallprinzip. Dabei wird der natürliche Verbund zwischen Faser- und Nichtfaserbestandteilen nach Wirkprinzipien der Prall-, Druck- und Schubbeanspruchung aufgelöst.

Über mehrere Schritte werden die Holzbestandteile als Schäben von den Fasern getrennt, wobei das teilentholzte Stroh durch Voröffner, Reiniger, Vorauflöser und schließlich Schüttel- und Nadelöffenungseinheiten geführt und damit in kleinere Faserbündel aufgelöst wird. Eine weitere Auflösung und Verfeinerung der Faserbündel zu Einzelfasern erfolgt über weitere Stufenreinigungen, Walzen, Kardiereinrichtungen und Auflöseeinheiten. Anzahl und Abfolge dieser Reinungs- und Öffnungseinrichtungen richten sich nach dem jeweils verwendeten Prinzip des Primäraufschlusses (Brecher- oder Prallaufschluss) sowie dem gewünschten Verwendungszweck der Finalprodukte des Prozesses.

Faseraufschluss bei Holz

→ *Hauptartikel: Holzaufschluss*

Beim Aufschluss von Holzfasern für die Papierindustrie werden je nach Verwendungszweck des Papiers chemische oder mechanische Aufbereitungsverfahren angewendet. Bei mechanischem Aufschluss wird Holzstoff (Holzschliff) für sogenanntes Holzhaltiges Papier erzeugt. Dabei wird das Holz zu Fasern verschliffen, indem es gegen einen rotierenden Schleifstein gepresst werden. Eine alternative mechanische Variante ist, Holzhackschnitzel unter Wärme und Druck zwischen zwei rotierenden Scheiben zu zerfasern (thermomechanischer Holzstoff, TMP).

Das üblichste Verfahren des chemischen Faseraufschlusses zur Erzeugung von Zellstoff ist das Sulfatverfahren. Dabei wird der Rohstoff in einer Lauge gekocht, die sich für fast alle Holzarten eignet. Vor allem für Fichtenholz eignet sich das Sulfitverfahren, bei dem die Kochflüssigkeit sehr sauer ist. Beim Kochprozess wird Lignin entfernt, das im Holz als das natürliche Bindemittel fungiert. Dadurch gewinnt das Papier an Lebensdauer und Archivbeständigkeit. Papier, das zu 100 Prozent aus Zellstoff besteht, wird als Holzfreies Papier bezeichnet.[1]

Literatur

- Ivan Bócsa, Michael Karus, Daike Lohmeyer: *Der Hanfanbau. Botanik, Sorten, Anbau und Ernte, Märkte und Produktlinien.* 2 Auflage, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2000.
- Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow 2008 Download [2]
- Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4. Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2006; Seiten 290–307. ISBN 978-3-8001-3203-4
- nova-Institut (Hrsg.): Das kleine Hanf-Lexikon. Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seiten 63–64. ISBN 3-89533-271-2
- Robert R. Franck: *Bast and other plant fibres.* Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005.
- Amar K. Mohanty, Manjusri Misra, Lawrence T. Drzal: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. CRC Press Inc. 2005. ISBN 978-0849317415

Referenzen

[1] UPM: So entsteht Qualitätspapier (http://www2.upm-kymmene.com/w3/upm/internet/cms/upmmma.nsf/lupgraphics/mqp_de.pdf/$file/mqp_de.pdf), S. 11-13 abgerufen am 14. April 2009

[2] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_315gf_band_26_komplet_100.pdf

Fasernessel

Fasernessel	
Systematik	
Ordnung:	Rosenartige (Rosales)
Familie:	Brennnesselgewächse (Urticaceae)
Tribus:	Urticeae
Gattung:	Brennnesseln (*Urtica*)
Art:	Große Brennnessel (*Urtica dioica*)
ohne Rang:	Fasernessel
Wissenschaftlicher Name	
Urtica dioica L. convar. *fibra*	

Die **Fasernessel** (*Urtica dioica* L. convar. *fibra*) ist eine Konvarietät der Großen Brennnessel (*Urtica dioica*). Sie wurde zwischen 1927 und 1950 von Gustav Bredemann im Hinblick auf einen höheren Faseranteil züchterisch ausgelesen, geriet jedoch danach in Vergessenheit, bis sie im Rahmen des neu erwachten Interesses an alternativen Faserpflanzen in den 1990ern wiederentdeckt und züchterisch weiterbearbeitet wurde. Zwar ist sie keine etablierte Ackerfrucht, wird aber mittlerweile vereinzelt kommerziell angebaut.

Beschreibung

Die Fasernessel unterscheidet sich von der Wildart durch deutlich längere, gerade Stängel, nur geringe Verzweigung, wenige Nesselzellen und den Abwurf der Blätter im August, was die spätere Verwertung des Strohs erleichtert. Sie erreicht Höhen von bis zu drei Metern.[1]

Am wichtigsten ist jedoch der im Vergleich zur Stammform stark erhöhte Faseranteil von 17 % statt 5 %, wobei die einzelnen Fasern zugleich größere Zellwände haben.

Geschichte

Brennnesseln sind altbekannte Faserpflanzen, erste Versuche einer kommerziellen Nutzung gab es jedoch erst in den 20er Jahren des 18. Jahrhunderts in Deutschland. Im 18. und 19. Jahrhundert wurde sie auch in Dänemark intensiver genutzt, aus dieser Zeit sind hochwertige Textilien erhalten. Weitere Forschungen gab es vor allem im Deutschland des 19. Jahrhunderts, als Hindernis erwies sich jedoch vor allem das Fehlen einer praktikablen Methode, um die Fasern vom Rest der Pflanzen zu trennen.

Erste systematische Auslesen aus 170 Wildnesseln aus ganz Deutschland betrieben Bauer und Laube zwischen 1918 und 1921. Von den selektierten Nesseln wurden 12 weiter kultiviert. Weitere Züchtungs- und Auslesearbeiten erfolgten von Gustav Bredemann zwischen 1921 und 1950, zuerst in Landsberg, dann am Institut für Angewandte Botanik der Universität Hamburg. Es konnten Zuchtfasernesseln mit Fasergehalten bis zu 15 % der Stängeltrockenmasse entwickelt werden. Bredemann veröffentlichte 1959 ein umfassendes Werk, „Die Große Brennnessel“[2] , seine Arbeit geriet jedoch in Vergessenheit.

In den 1990ern wurden von Jens Dreyer erhaltene Pflanzenbestände von Bredemanns Versuchen im Institut für Angewandte Botanik in Hamburg wiederentdeckt und in Kooperation mit dem Faserinstitut Bremen weiter erforscht und züchterisch weiterbearbeitet. Sie bilden heute die Grundlage für verschiedene kommerzielle Nutzungen, und im Jahr 2002 wurde für die Sorten „Wulfsdorf“ und „Nesselgold“ vom Bundessortenamt Sortenschutz erteilt[3] . Das

Hamburger Zuchtmaterial wird vom Institut für Pflanzenkultur erhalten und züchterisch weiter bearbeitet.[4]

Neben der Nutzung von Bredemanns Züchtungen gibt es auch Projekte, in deren Mittelpunkt die Verwendung der Wildart steht, so z. B. das finnische „Kalajokilaakso Nettle Fibre Project“, dessen Produkte vor allem auf den Luxuswarenmarkt zielen.

Eigenschaften der Faser

Die Fasern sind im Mittel 69,7 Millimeter lang (die Länge variiert aber um 50,8 % und kann im Extremfall 215 Millimeter erreichen) und 40 bis 50 Mikrometer dick, im Querschnitt oval bis abgerundet vieleckig. Wie bei Hanf und Leinen sind sie in Gruppen angeordnet und liegen unterhalb der Bastschicht des Stängels, die stärksten und ältesten Fasern jedoch im äußeren Teil der Rinde.

Da die Faser von Natur aus sehr weich ist, von cremeweißer Farbe und zugleich aufgrund ihrer Feinheit (5 dtex) hervorragend spinnbar ist, eignet sie sich gut zum Einsatz als Textilfaser. Zugleich ist sie mit einem Wert von 50 cN/tex (ohne Röste) bzw. 25 bis 35 cN/tex (nach Röste) eine relativ starke Faser (Baumwolle rund 20 cN/tex).

Anbau

Als in gemäßigten Breiten weit verbreitete Pflanze eignet sich die Fasernessel für den Anbau außerhalb tropischer und subtropischer Gebiete. Zu gewährleisten ist vor allem eine gute Wasser- und Stickstoffversorgung. Darüber hinaus schätzt die Pflanze lehmige Böden, zu hohe Sandanteile können den Wuchs beeinträchtigen. Da die Pflanzen extrem wüchsig sind und dichte Bestände bilden, ist eine Unkrautbekämpfung ebenso wenig notwendig wie eine Schädlingsbekämpfung, da die Pflanze von Natur aus gegen zahlreiche Schädlinge resistent ist.

Im ersten Jahr können die Pflanzen noch nicht geerntet werden, danach sind über 10 bis 15 Jahre hinweg ohne Nachpflanzungen Ernten von sechs Tonnen Stängel per Hektar möglich, was bei einem durchschnittlichen Fasergehalt von 15 % rund 900 Kg Fasern entspricht.

Verarbeitung

Das lange bestehende Problem der Gewinnung der Faser aus den Stängeln ließ sich erst mit dem technologischen Fortschritt lösen. Nach der Trocknung auf rund 15 % Wassergehalt werden heute zur Röste meist Wasser, mechanischer Faseraufschluss oder Chemikalien sowie ausgewählte Bakterien zur Herauslösung der Faser verwendet, in einem nachträglichen Arbeitsgang auch eine Nachbehandlung mit Enzymen. Wege, die eine vollständige Lösung der Faser durch Enzyme ermöglichen, werden derzeit erforscht.

Die optimale Verarbeitung von der Faser zum Tuch ist noch nicht hinreichend erforscht. Derzeit werden vor allem Methoden entlang der Verarbeitung von Flachs, Hanf und Ramie genutzt. Schwierigkeiten verursacht dabei vor allem die sehr unterschiedliche Länge der Fasern und ein großer Anteil an Schäben.

Verwendung

Nachdem jahrzehntelang weltweit kein Nesseltuch mehr hergestellt wurde und auch nach der Wiederentdeckung der Fasernessel größere kommerzielle Anwendungen zuerst ausblieben, hat die Stoffkontor Kranz AG in Lüchow 1996 die Produktion von Fasern aus Fasernesseln wieder aufgenommen. Zu großen Teilen liegen der Produktion Stämme aus der Bredemannschen Zucht zugrunde.

Bis Ende 2007 stieg die Anbaufläche durch Vertragsbauern auf 225 Hektar Faserbrennnesseln, mehr als 10 % des gesamten Faserpflanzenanbaus in Deutschland.[5] Die als „Nettle“ beworbenen Brennnesselfasern werden anteilig in Heimtextilien und Bekleidung verwendet, ihr Anteil beträgt dabei zehn bis vierzig Prozent.[6] Im Juni 2009 beantragte die Stoffkontor Kranz AG die Insolvenz[7] .

In den Niederlanden pflanzte die Fa. Brennels 2005 ca. 30 ha Fasernesseln in den Poldergebieten. Dieser Anbau soll ausgedehnt werden.[8] [9]

Nachweise

- J. Dreyer, G. Edom: *Nettle.* In: Robert Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres*, Cambridge / Boca Raton, 2005, S. 331-343, ISBN 1855736845 / ISBN 0849325978
- K.U.Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen*, In: *Handbuch des Pflanzenbaues*, Bd. 4, S. 307-308, ISBN 3800132036

Einzelnachweise

Die Informationen dieses Artikels entstammen zum größten Teil den unter Nachweise angegebenen Quellen, darüber hinaus werden folgende Quellen zitiert:

[1] Anonymus: *Auf die Nesseln gesetzt* (http://www.nettleworld.com/Agramagazin 2008.pdf), in: dlz Agrarmagazin, 4/2008, S. 170-173

[2] Bredemann, Gustav und Garber, Kurt, 1959: Die grosse Brennessel: Urtica dioica L. Forschungen über ihren Anbau zur Fasergewinnung. Mit Anhang über ihre Nutzung für Arznei- und Futtermittel sowie technische Zwecke. Akademie-Verlag, Berlin, 137 S., 7 Taf., mit 53 Text- u. Taf.-Abb., 1 Faserprobe u. 16 Tab.

[3] Bundessortenamt: Beschreibende Sortenliste. Datenbankabfrage "Urtica" (http://www.bundessortenamt.de/isapi/drvisapi.dll?MIval=typo3_Sortenliste&MItab=wbpages&p_kbst=URT&p_dtbez=Brennessel&p_botbez=Urtica+L.++&p_szwahl=1=1&p_order=knr&p_druck=ja)

[4] Institut für Pflanzenkultur – Fasernesseln (http://www.pflanzenkultur.de/nawaro-de.html), abgerufen am 28. April 2009

[5] *Historie der Stoffkontor Kranz AG – 300 Fußballfelder neuer Lebensraum.* (http://www.nettleworld.com/page.php?id=57) In: *Nettle World.* Stoffkontor Kranz AG, Januar 2008, abgerufen am 20. Mai 2009.

[6] Nettleworld-Onlinekatalog (http://www.nettleworld.com/shop.php?shop=1&cat=49)

[7] Nettleworld.com: Schreiben vom vorläufigen Insolvernzverwalter 25. Juni 2009 (http://www.nettleworld.com/page.php?id=14), abgerufen am 11. September 2009

[8] Internetseite "Brennels" (http://www.brennels.nl) --> Deutsch --> Brennels/

[9] Eckard Grundmann, 2007: Versuche zum ökologischen Anbau der Fasernessel. In: Faserpflanzen aus ökologischem Anbau. Anbau - Verarbeitung - Markt . Tagungsband, 19. Juni 2007, Kassel. Schriftenreihe IBDF, Band 20, Verlag Lebendige Erde, S.44. ISBN 978-3-921536-68-1

Weblinks

- Die Fasernessel (http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/oknu/nessel/forsch.html#Urtica) (Geschichte, Anbau, Faser, Nutzung - Forschungsschwerpunkt Faserpflanzen in der Abteilung Pflanzenökologie und Nutzpflanzenbiologie, Universität Hamburg)

Faserpflanze

Als **Faserpflanzen** bezeichnet man in der Landwirtschaft alle Pflanzen, die hauptsächlich zur Gewinnung ihrer Fasern angebaut werden. Dabei können unterschiedliche Pflanzenteil für die Fasergewinnung relevant sein, wodurch eine Unterscheidung in Samenfasern, Bastfasern und Blattfasern getroffen wird.



Nutzhanfpflanzen

Übersicht

(siehe auch Artikel Faser und Naturfaser)



Reife, geöffnete Baumwollkapseln

Alle pflanzlichen Fasern bestehen aus unterschiedlichen Anteilen an Cellulose, Lignin, Pektin, Hemicellulose, anderen, wasserlöslichen Substanzen und teilweise Wachsen. Ihre genaue Zusammensetzung kann sehr unterschiedlich sein. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist der Polymerisationsgrad (häufig auch DP = Degree of Polymerization) der Cellulose, d.h. die Anzahl an Glucosereste.[1] Dieser hat großen Einfluss auf die Fasereigenschaften. So steigt z.B. die Faserfestigkeit mit steigendem Polymerisationsgrad. Pflanzenfasern haben, abhängig von Pflanzenart und -teil, unterschiedliche Eigenschaften. Sie kommen als Leitbündel im Stängel oder Stamm, in der Rinde (etwa als Bast) und als Samen-Fortsätze vor. Im Fall der Bast- und Blattfasern dienen sie als Verstärkung der Pflanzenteile, im Fall der Baumwolle dienen die Samenhaare der Verbreitung des Samens mit dem Wind.



Trocknung von Sisalfasern

Die folgende Liste gibt die unterschiedlichen Pflanzenfasern wider (die Abkürzungen in Klammern geben die gültigen Kurzbezeichnungen nach DIN 60001-1 "Textile Faserstoffe" an):

- *Samenfasern*
  - Baumwolle (CO) aus den Samenhaaren der Frucht der Baumwollpflanze
  - Kapok (KP) aus dem Inneren der Kapselfrucht des echten Kapokbaumes
  - Pappelflaum
- *Bastfasern*
  - Bambusfaser

- Brennnessel, siehe auch Fasernessel
- Hanffaser (HA)
- Jute (JU)
- Leinen (LI) aus dem Gemeinen Lein
- Ramie (RA)
- Sunn-Hanf

- *Blattfasern*
  - Sisal (SI) aus Agaven-Blättern
  - Abacá (Manilahanf), Hartfaser aus den Blättern einer Faserbanane
  - Henequen
  - Neuseeländer Flachs
  - Ananas
  - Curauá
  - Caroá
  - Macambira
- *Fruchtfasern*
  - Kokos (CC) aus der Fruchthülle der Kokospalmenfrüchte

Nicht zu den Faserpflanzen werden Hölzer gezählt, obwohl aus ihnen ebenfalls Fasern, die *Holzfasern* gewonnen werden können.

Die Blattfasern sowie die Kokosfaser werden vom Handel und der Textilindustrie auch als *Hartfasern* bezeichnet.[1]

Sowohl Ananas als auch Curauá und Caroá gehören zur Familie der Bromeliengewächse. Ihre Verwendung zur Fasergewinnung ist weniger bekannt und erfolgt heute meist als Nebenprodukt des Anbaus zur Gewinnung der Frucht.[1] Neben der Sisalagave gibt es noch eine Reihe weiterer Faser liefernder Arten aus der Familie der Agaven die u.a. zur Gattung der *Furcraea* gehören. Diese werden auch als Mauritiushanf bezeichnet. Die Verwendung der Bezeichnungen Hanf und Flachs für Faserpflanzen die eigentlich gar nicht mit diesen verwandt sind ist häufig (Beispiele siehe oben) und führt leicht zu Verwechslungen. Daneben werden auch verschiedene Binsengräser, gespaltener Bambus und andere Pflanzen als Faserstoff verwendet. Bastreste von Linde und Eiche stellen die häufigsten Funde von jungsteinzeitlichen Faserresten dar. Die langen Fasern dieser Baumarten dienten als Werkstoff zur Herstellung von Körben, Matten und Schnüren.

Verwendung

Faserpflanzen wurden und werden zur Herstellung von Textilien für Bekleidung, aber auch für technische Zwecke, wie Verpackung (z. B. Jutesäcke) oder Dämmstoff (z. B. Wärmedämmung), hergestellt. Pflanzenfasern stehen in diesem Bereich in Konkurrenz zu tierischen Naturfasern und Chemiefasern.

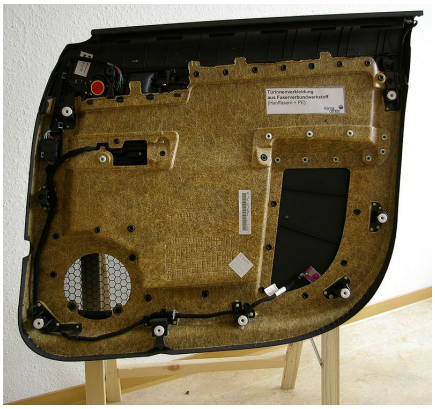


Naturfasern werden hauptsächlich für Bekleidung verwendet

Pflanzenfasern können auch zur Herstellung von Zellstoff und holzfreiem Papier verwendet werden. Früher spielte Hanf hier eine wichtige Rolle. Heute jedoch wird dieser Bedarf vorallem mit Zellstoff aus Holz gedeckt. Neben diesen traditionellen Verwendungen werden Pflanzenfasern auch zunehmend in Naturfaserverstärkten Kunststoffen eingesetzt.

Anbau Weltweit

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die weltweiten Anbauflächen von Faserpflanzen auf Basis der Angaben der Food and Agriculture Organization (FAO). Für Angaben zur Faserproduktion siehe den Artikel Naturfaser. In Deutschland werden an Faserpflanzen nur Hanf (schwankend zwischen 800-2000 ha), Flachs (ca. 50 ha) und Fasernessel (265-300 ha) angebaut.



Türinnenverkleidung aus hanffaserverstärktem Kunststoff (Matrix Polyethylen PE)

Weltweite Anbauflächen einzelner Faserpflanzen (2005)

Pflanze	Anbaufläche (in Mio. ha)
Baumwolle	34,74
Jute	1,31
Flachs	0,52
Sisal	0,39
Juteähnliche Faserpflanzen, z. B. Kenaf	0,29
Abaca	0,15
Ramie	0,11
Hanf	0,06
andere Agaven, z. B. Henequen	0,05

Geschichte der Faserpflanzen

Baumwolle

(siehe Hauptartikel Baumwolle)

Baumwolle wird seit Jahrtausenden zur Herstellung leichter Kleidung vor allem in tropischen Gebieten verwendet. Einige Quellen behaupten, dass schon die Ägypter ca. 12.000 v. Chr. mit Baumwolle gearbeitet hätten. In Babylon wurde Baumwolle als Weißes Gold bezeichnet. In mexikanischen Höhlen wurden Baumwollkleider gefunden, die etwa 7.000 Jahre alt sind. Die älteste Aufzeichnung über Baumwolle stammt aus Indien. Baumwolle wurde hier seit mehr als 3.000 Jahren angebaut und wird im *Rigveda* (um 1.500 v. Chr.) erwähnt. Rund 1000 Jahre später schrieb der griechische Historiker Herodot (490/480 bis 424 v. Chr.) über indische Baumwolle: „Es gibt wildwachsende Bäume, aus deren Frucht man eine Wolle gewinnen kann, die die Schönheit und Qualität der Schafwolle weit übertrifft. Die Inder machen aus dieser Baumwolle ihre Kleider“.

Leinen

(siehe Hauptartikel Flachsfaser)



konservierte Überreste eines alten Leinengewebes aus dem Toten Meer

Leinen wurde unter anderem in Ägypten, Mesopotamien und Phönizien bereits vor 6000 bis 7000 Jahren systematisch verarbeitet. Ägyptische Mumien sind in Leinenstreifen gehüllt. Möglicherweise existierte die Leinenverarbeitung schon vor 10 000 Jahren[2] . Von der griechischen und römischen Antike bis ins europäische Mittelalter war Leinen, neben Wolle, das Material für Kleidung. Leinen wurde im Mittelalter vor allem in Schwaben, Schlesien und im Elsass hergestellt.

Seine Blütezeit hatte das Leinen im vorindustriellen Europa. Als Baumwolle noch nicht in großen Mengen importiert wurde, war Leinen in Europa die wichtigste pflanzliche Faser. Bis Ende des 18. Jahrhunderts waren rund 18% der verarbeiteten Fasern aus Flachs und rund 78% aus Wolle[3] . Leinen wurde lange Zeit nur in Handarbeit verarbeitet, später kamen auch industrielle Methoden hinzu. Bis ins 20. Jahrhundert wurde handgesponnenes, aber auch maschinell versponnenes Garn in Heimarbeit auf Handwebstühlen gewebt. Verarbeitet wurde das Leinen hauptsächlich in Irland, Holland, Westfalen, Sachsen, Schlesien und Böhmen.

Hanf

(siehe Hauptartikel Hanf)

Hanf ist eine der ältesten Nutzpflanzen der Welt. In China wurde er schon vor mindestens 10.000 Jahren genutzt. „Ma“, wie die Chinesen den Hanf nannten, lieferte ihnen nicht nur wohlschmeckende und nahrhafte Samen, auch die Stängel mit ihren besonders langen und nahezu unverwüstlichen Fasern wusste man schon früh zu schätzen. Über Indien und die antiken Hochkulturen im heutigen Irak trat der Hanf seinen Siegeszug um die Welt an. In Europa sind die ältesten Funde ca. 5.500 Jahre alt und stammen aus dem Raum Eisenberg (Deutschland). Aus der Gegend des heutigen Litauen stammen Funde von Hanfsamen (ca. 2500 v. Chr.) und eines Hanffadens (ca. 2300 v. Chr). Wie von Herodot (450 v. Chr.) erwähnt wird, kleideten sich die alten Griechen und ihre ägyptischen Nachbarn oft mit Kleidung aus Hanfgewebe. Hanf und Flachs waren lange Zeit die wichtigsten Faserpflanzen Europas. Bei den Skythen im heutigen südlichen Russland ist seit 700 v. Chr. der Anbau von Ruderalhanf als Nutzpflanze sowie die Herstellung und der Export von Seilen bekannt. Über die Jahrhunderte hinweg geriet die vielseitige Pflanze nie in Vergessenheit. So fand man die im Jahre 565 n. Chr. bestattete Merowinger-Königin Adelheid in ein Hanfkleid gewandet, das sie in die Ewigkeit begleiten sollte. Kaiser Karl der Große erließ um 800 n. Chr. mit seiner „Capitulare“ das erste Hanf-Gesetz. Es verpflichtete seine Untertanen zum Anbau dieses Rohstoffes, welcher in Friedens- und Kriegszeiten bedeutsam war. Viele mittelalterliche Waffen, wie etwa der Langbogen, dessen Sehnen aus Hanf bestanden, wären ohne die robuste und widerstandsfähige Hanffaser, die enorme Zugkräfte aushält, nicht anzufertigen gewesen.



Illustration von Hanf aus dem Jahr 1885

Über Spanien fand im 13. Jahrhundert eine weitere Anwendung der Hanffaser ihren Weg nach Europa – die Papierherstellung. Holz konnte damals noch nicht verwendet werden, so dass Hanf, neben Hadern, die selbst oft aus Hanf bestanden, der wichtigste Rohstoff für die Papierproduktion war. So entstand in Nürnberg 1290 eine erste Papiermühle auf deutschem Boden. Gutenberg druckte 1455 seine berühmte Gutenberg-Bibel auf Hanfpapier und auch die amerikanische Unabhängigkeitserklärung von 1776 ist noch erhalten, weil sie auf fast unverwüstlichem Hanfpapier verfasst wurde. Hanfseile und Segeltuch aus Hanf waren in der Schifffahrt wichtig, da die Faser auch gegenüber Salzwasser sehr widerstandsfähig ist und wenig Wasser aufnimmt. Baumwollsegel würden bei Regen derartig schwer, dass die Masten brechen könnten. Auch Flachsleinen war ein schlechter Ersatz, da es bei Kontakt mit Wasser, anders als Leinwand aus Hanf, binnen weniger Monate verrottet. Venedig erreichte seine Vormachtstellung als bedeutendes Handelszentrum im Mittelalter u. a. durch die hohe Qualität der Seilerei. In Südwestdeutschland ging der Hanfanbau mit dem Aufkommen des für die Bauern rentableren Tabakanbaus sowie mit der Einfuhr von Sisalfasern zurück und kam bis zum Ersten Weltkrieg, bis auf wenige Ausnahmen, praktisch zum Erliegen. In der Mitte des 20. Jahrhunderts verdrängten Kunstfasern, besonders des Herstellers Du Pont, den Hanf auch aus der Textilproduktion.

Nessel

(siehe auch Artikel Fasernessel und Nesseltuch)

Der Stängel vor allem der alten Pflanzen der Großen Brennnessel hat sehr lange und feste Bastfasern. Aus diesen wurde schon vor Jahrtausenden Nesselgarn, auch Nesselfaden genannt, hergestellt. Damit wurden z. B., zusammen mit Birkenpech, Pfeilspitzen und Federn an Pfeilschäften befestigt, wie Funde aus dem 3. und 4. Jh. n. Chr. aus Nydam und Thorsberg im Archäologischen Landesmuseum in Schleswig belegen. Die Fasern eignen sich ferner zur Herstellung von Stoffen, wie zum Beispiel dem Nesseltuch, das fester als Leinen ist, ebenso wie für Fischernetze und Stricke. Die Einzelfasern der Brennnessel können dabei maximal 250 Millimeter betragen, bei Zuchtformen konnte man eine durchschnittliche Faserlänge von 52 Millimetern erreichen. Nachdem die Stoffart jahrzehntelang außer Gebrauch war, wird sie seit neuester Zeit in Deutschland von einer Firma wieder angeboten.

Kokosfasern

(siehe Hauptartikel Kokosfaser)

Pflanzenfasern werde auch als Nebenprodukt gewonnen, z. B. beim Anbau von Kokospalmen. Aus dem Mesocarp unreifer Früchte werden Kokosfasern gewonnen, die zu Garnen verarbeitet werden können. Es handelt sich um Faserbündel, die durch einen Pektin-Abbau durch Mikroorganismen aus dem umliegenden Gewebe getrennt gewonnen werden. Dazu wird das Mesocarp zunächst vom Steinkern gelöst und dann zum Abbau des Pektins, „Röstung“ genannt, mehrere Monate im Wasser gelagert. Bewährt haben sich dazu die Brackwässer von Lagunen. Heute werden aber vielfach Tanks benutzt. Nach diesem „Röstvorgang“ werden die Fasern traditionell durch Klopfen, bzw. heute maschinell, gelöst und noch feucht nach Farbe und Feinheit sortiert. Sie bestehen zu rund 45 % aus Lignin und zu rund 44 % aus Cellulose. Kokosfasern werden unter dem Namen *Coir* gehandelt. Sie dienen der Herstellung von Seilen, Matten, Teppichen und Wandverkleidungen. Zentrum der Kokosfaserindustrie sind Sri Lanka und Südwestindien. Allein der indische Bundesstaat Kerala liefert über 100.000 Tonnen Coir pro Jahr.

Literatur

- Julius von Wiesner & S. Zeisel: *Faserpflanzen* In: J. v. Wiesner *Die Rohstoffe des Pflanzenreichs* Band 3, W. Engelmann, Leipzig (1921), S. 1-405 online bei Biodiversitylibrary.org [4]

Referenzen

[1] Robert R. Franck (Hg.): *Bast and othe plant fibres*, Woodhead Publishing, Cambridge, England, 2005, ISBN 1-85573-684-5

[2] *msn Encarta - Lein - Geschichte* (http://de.encarta.msn.com/encyclopedia_761568641/Lein.html)

[3] *Ute von Reitzenstein: Flachs im 20. Jahrhundert unter ökologischer und ökonomischer Sicht - Facharbeit* (http://www.baumann-online.de/ho_alois-kiessling/facharbeiten/Flachs/Flachs.htm)

[4] http://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/1605

Faserplatte

Faserplatten werden aus Holz, Sägenebenprodukten oder Resthölzern, aber auch aus anderen holzfaserhaltigen Pflanzen wie Flachs oder Raps hergestellt. Allen Produkten ist gemeinsam, dass das Holz bis hin zur Holzfaser, Faserbündeln oder Faserbruchstücken aufgeschlossen wird. Der strukturelle Zusammenhalt beruht im Wesentlichen auf der Verfilzung der Holzfasern und ihren holzeigenen Bindekräften, es können aber auch Klebstoffe als Bindemittel eingesetzt werden. Der Begriff **Faserplatte** (auch **Holzfaserplatte**) bezeichnet eine Produktgruppe aus dem Bereich der Holzwerkstoffe.

Eigenschaften



Holzfaserdämmstoff

Faserplatten werden als Ein- und Mehrschichtplatten erzeugt und verhalten sich wie die flachgepressten Spanplatten in der Plattenebene in allen Richtungen gleichmäßig. So weisen sie in der Plattenebene gleichartiges Quell- und Schwindverhalten auf. [1] Nach Herstellungsverfahren und Dichte werden folgende Untergruppen unterschieden: Werden die Holzfaserplatten im Nassverfahren hergestellt, unterscheidet man in poröse sowie mittelharte und harte Faserplatten:

- Die *Holzfaserdämmplatte* (HFD) (auch Poröse Faserplatte und „Soft Board“ (SB)) ist ein Plattenwerkstoff von geringer Dichte (230-350 kg/m³), dessen Einsatz zur Wärme- und Schallisolation im Bauwesen erfolgt. Poröse Faserplatten können auch mit Bitumen gebunden sein.
- Die *Mittelharte Faserplatte* (MB) ist ein Plattenwerkstoff mit einer Dichte von 350 bis 800 kg/m³.
- Die *Harte Faserplatte* (HB oder HFH) (auch „Hartfaserplatte“) mit einer Dichte über 800 kg/m³ findet Verwendung für Schalungen, Innenausbau, Türen, Möbel, Verpackungen. Extraharte Faserplatten (HFE) haben eine noch deutlich höhere Dichte.



Mitteldichte Holzfaserplatte

Werden die Holzfaserplatten im Trockenverfahren hergestellt unterscheidet man mitteldichte und hochdichte Faserplatten, außerdem gehören in diese Gruppe die gipsgebundenen Faserplatten:

- Die *Mitteldichte Faserplatte* (MDF) wird im Trockenverfahren hergestellt. Sie löst durch ihre Homogenität, höhere Festigkeit und durch die besseren Oberflächeneigenschaften zunehmend die Flachpressspanplatten (P2) ab.
- Die *Hochdichte Faserplatte* (HDF) besteht aus mit Leim getränkten und unter Druck und Hitze verpressten Holzfasern, die besonders hoch verdichtet wurden. Sie findet Verwendung als Trägermaterial für hohe Belastung bei geringer Materialstärke (z. B. Laminatfußböden).

Verbreitet ist auch die kunststoffbeschichtete Hartfaserplatte KB bzw. MFB EN 622-2 (HB) für Möbelrückwände und Schubkastenböden.

Herstellung

Die Faser wird erzeugt aus verholztem Pflanzenmaterial. Dies geschieht durch Hacken des Rohmaterials, anschließendes Dämpfen, Kochen und chemisches oder mechanisches Aufschließen bis hin zur Einzelfaser, Faserbündel oder Faserbruchstücken. Die moderne Biotechnologie setzt zum Erleichtern des Aufschlusses und zur Verminderung des Chemikalieneinsatzes Enzyme ein - diese Verfahren werden als Biopulping bezeichnet. Die Aufschlussverfahren entsprechen weitestgehend den Verfahren der Papier und Zellstoffindustrie. Die so gewonnene Faser wird teilweise einer Bleiche unterzogen, um höhere Weißegrade für hochwertige Anwendungen zu erzielen. Dazu wird das Lignin, das einen wesentlichen Anteil an der dunklen Färbung der verholzten Substanz besitzt z. B. durch Enzyme abgebaut - das so genannte Biobleaching.

Nach Art der Vliesbildung unterscheidet man folgende Herstellungsverfahren:

- beim **Nassverfahren** sedimentieren die Fasern aus einer wässrigen Fasersuspension zum Vlies
- beim umweltfreundlicheren **Trockenverfahren** werden die trockenen Fasern mechanisch oder pneumatisch zu einem Vlies verdichtet

Die entstandenen Matten werden anschließend verpresst. Der Zusammenhalt der Fasern im Vlies ist auf Verfilzen und gegebenenfalls auf zugesetzte Bindemittel zurückzuführen. Moderne Herstellungsverfahren verzichten möglichst auf chemische Bindungsmittelzusätze, sie greifen teilweise auf das im Holz vorhandene Lignin als Bindemittel zurück.

Verwendung

Harte Faserplatten werden vor allem im Fahrzeugbau und in der Möbelindustrie verwendet. Im Bau werden sie für Betonverschalungen, im Fertighausbau und im Innenausbau, z.B. für Bodenplatten, eingesetzt. Mitteldichte Faserplatten finden als Möbel- und Küchenfronten, im Laden- und im Lautsprecherbau Anwendung und Faserplatten niedriger Dichte werden insbesondere als Holzfaserdämmplatte im Innenbau eingesetzt.

Wirtschaftliche Bedeutung

Weltweit ist insbesondere die Mitteldichte Faserplatte (MDF) von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Auf Grund ihrer technischen Eigenschaften zählt sie auch in Europa und Deutschland zu den am stärksten wachsenden Holzwerkstoffprodukten. Im Jahr 2007 wurden weltweit mehr als 55 Mio. m³ MDF-Platten erzeugt (Quelle FAO). 2008 kam es in Deutschland und Europa jedoch zu einem deutlichen Einbruch in der Produktion. [2] . Bei den Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen sind die Holzfaserdämmplatten die Hauptprodukte neben Zellulose und Hanf- und Flachskurzfasern in Form von Vliesen.

Literatur

- André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8
- Manfred Dunky, Peter Niemz: *Holzwerkstoffe und Leime.* Springer Verlag, Heidelberg 2002. ISBN 3-540-42980-8.
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [3]

Weblinks

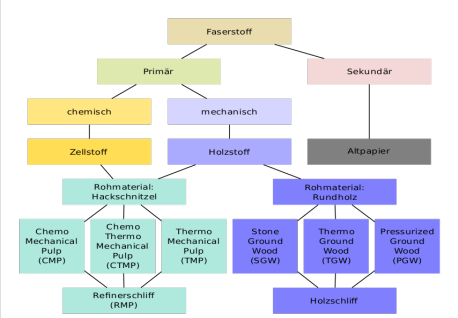
- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V (deutsch) [4]
- European Panel Federation (englisch) [5]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [6]

Referenzen

[1] http://www.holzhandel.de/werkstoffe_faserplatte.html Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch)
[2] Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Branchendaten 2008
[3] http://www.holzhandel.de/faserplatte_verwendung.html
[4] http://www.vhi.de
[5] http://www.europanels.org/
[6] http://www.holzhandel.de/platten.html

Faserstoff

Als **Faserstoff** wird aus Pflanzen gewonnenes Fasermaterial (Pflanzenfaser) bezeichnet. Als Rohstoff für *Primärfaserstoffe* werden Holz oder bestimmte einjährige Pflanzen (z. B. Stroh, Hanf) verwendet. *Sekundärfaserstoffe* können aus Recyclingstoffen, wie z. B. Altpapier, erzeugt werden, und basieren somit letztlich auch vor allem auf dem Rohstoff Holz.



Übersicht der Faserstoffe

Der wichtigste Bestandteil eines Faserstoffs sind die aus Cellulose bestehenden Anteile. Daneben können sich aber auch andere Bestandteile finden, wie z. B. Lignin bei Verwendung von verholzten Rohstoffen (Lignocellulose).

Verschiedene Faserstoffe werden unterschieden. So enthalten Holzstoffe, wie z. B. Holzschliff, große Anteile an Lignin. Bei Halbzellstoffen ist der Ligninanteil reduziert, so dass der Celluloseanteil dominiert. Zellstoff hingegen besteht fast ausschließlich aus Cellulose. Diese Faserstoffe werden meist durch mechanische oder chemisch-mechanische Verfahren aus Holz hergestellt und vor allem für die Herstellung von Papier für unterschiedliche Zwecke bzw. in unterschiedlichen Qualitäten, für Pappe und Kartonagen verwendet. In eine höhere Qualitätsklasse eingeordnet ist der Chemiezellstoff, der unter anderem in der chemischen Industrie verwendet wird und besonders hohe Anteile an Cellulose und wenig Störstoffe enthalten muß.

Weitere Produkte aus Faserstoffen sind Faserplatten und Dämmstoffe zur Wärmeisolierung.[1]

Auch andere Materialien, wie pflanzliche und tierische Fasern und Chemiefasern, die z. B. Grundbestandteile von Textilien sind, können als Faserstoff bezeichnet werden.[2]

Referenzen

[1] Kompetenzzentrum Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen (KNR): *Dachausbau mit nachwachsenden Rohstoffen - sicher und komfortabel* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_159knr_dachausbau06_end.pdf), umfassende Informationen, unter anderem zu verschiedenen Faserwerkstoffen aus Faserstoff, 40-seitige Broschüre, als pdf, abgerufen am 29. März 2010

[2] www.fashion-base.de: *Textillexikon/ Modelexikon* (http://www.fashion-base.de/Modelexikon/faserstoff.htm), abgerufen am 29. März 2010

Faserverbundwerkstoff

Ein **Faserverbundwerkstoff** ist ein aus im Allgemeinen zwei Hauptkomponenten (einer bettenden Matrix sowie verstärkenden Fasern) bestehender Mehrphasen- oder Mischwerkstoff. Durch gegenseitige Wechselwirkungen der beiden Komponenten erhält dieser Werkstoff höherwertige Eigenschaften als jede der beiden einzeln beteiligten Komponenten.

Allgemeines

Im Unterschied zu bisherigen Verbundwerkstoffen, wie zum Beispiel Stahlbeton, wird mit der Einführung extrem dünner Fasern (einige µm Durchmesser) unter Anderem der Effekt der spezifischen Festigkeit genutzt. Dieser Zusammenhang wurde in den zwanziger Jahren von Griffith entdeckt und lautet: *Ein Werkstoff in Faserform hat in Faserrichtung eine vielfach größere Festigkeit als dasselbe Material in anderer Form. Je dünner die Faser ist, desto größer ist ihre Festigkeit.* Die Ursache hierfür liegt in einer zunehmenden Gleichrichtung der Molekülketten mit abnehmender zur Verfügung stehender Fläche. Zudem werden zum Bruch führende Fehlstellen (weakest link theory) im Material auf sehr große Abstände verteilt, sodass die Fasern weitgehend frei von Fehlstellen sind, die einen Bruch verursachen können. Da bei gleicher Festigkeit die schwere, feste Komponente eingespart und durch eine leichtere ersetzt werden kann, entsteht ein Werkstoff mit einer hohen spezifischen Festigkeit (Verhältnis aus Festigkeit und Gewicht). Außerdem führt ein Fehler im Material nicht zum Versagen des gesamten Bauteils, sondern vorerst nur zum Bruch einer einzelnen Faser im Verbund.

Da die Fasern je nach Beanspruchung ausgerichtet und in ihrer Dichte (Anzahl pro Fläche) angepasst werden können, entstehen mit Hilfe entsprechender Herstellungsverfahren maßgeschneiderte Bauteile. Um die Festigkeit in verschiedene Richtungen zu beeinflussen, werden statt einzelner Fasern Gewebe oder Gelege verwendet, die vor dem Kontakt mit der Matrix hergestellt werden.

Funktionsweise

Die höherwertigen Eigenschaften eines Faserverbundwerkstoffes werden erst durch das Zusammenspiel beider Komponenten erreicht. Aus zwei Komponenten ergeben sich somit drei wirkende Phasen im Material: Sehr zugfeste Fasern, eine relativ weiche, sie bettende Matrix und eine beide Komponenten verbindende Grenzschicht.

Bedingungen für die Verstärkungswirkung von Fasern

Nicht alle Kombinationen von Faser- und Matrixwerkstoffen führen zu einer Erhöhung der Festigkeit und der Steifigkeit des neuen Verbundes. Es müssen drei Bedingungen erfüllt sein, damit in faserparalleler Richtung eine Verstärkungswirkung eintritt:

1. $E_{Faser,\ längs} > E_{Matrix}$
   Der Elastizitätsmodul der Faser in Längsrichtung muss größer sein als der Elastizitätsmodul des Matrixwerkstoffs.
2. $\varepsilon_{Bruch,\ Matrix} > \varepsilon_{Bruch,\ Faser}$
   Die Bruchdehnung des Matrixwerkstoffs muss größer sein als die Bruchdehnung der Fasern.

3. $R_{Faser,\ längs} > R_{Matrix}$
   Die Bruchfestigkeit der Fasern muss größer sein als die Bruchfestigkeit des Matrixwerkstoffs.

Senkrecht zur Faser tritt in der Regel keine Steigerung der Festigkeiten auf. Grund ist die Dehnungsvergrößerung.

Aufgaben der Komponenten

- Die **Matrix** gibt dem Faserverbundwerkstoff sein Aussehen. Sowohl der Farbe als auch der Oberflächenstruktur sind kaum Grenzen gesetzt. In mechanischer Hinsicht muss sie die verstärkenden Fasern in ihrer Position halten und Spannungen zwischen ihnen übertragen und verteilen. In Bezug auf die Dauerhaftigkeit hat sie die Aufgabe, die Fasern vor äußeren mechanischen und chemischen Einflüssen zu schützen.
- Die **Fasern** geben dem Faserverbundwerkstoff die notwendige Festigkeit. Neben der Zugfestigkeit kann, falls der Werkstoff auf Druck beansprucht wird, auch die Biegefestigkeit eine Rolle spielen.
- Die **Grenzschicht** dient der Spannungsübertragung zwischen den beiden Komponenten. Sie überträgt ausschließlich Schub und kann sehr abstrakte Formen annehmen, wenn der Schub beispielsweise über reine Reibung erfolgt. In anderen Fällen jedoch, beispielsweise bei Schub über Klebehaftung, ist sie herstellungstechnisch gewollt und physisch vorhanden. Im letzteren Fall werden die Fasern vor dem ersten Kontakt mit der Matrix mit einem Kopplungsmittel beschichtet, welches chemisch mit beiden Komponenten reagieren kann und einen möglichst ununterbrochenen Übergang garantiert.

Ein wichtiger Faktor bei der Bemessung von Faserverbundwerkstoffen ist das Volumenverhältnis (Faservolumenanteil) zwischen Fasern und Matrix. Je höher der Anteil an Fasern ist, desto fester, jedoch auch starrer und spröder wird der Werkstoff. Dies kann zu Problemen führen, wenn gewisse Verformungen überschritten werden.

Prinzip der Kraftübertragung

Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist es im Falle einer konzentriert aufgebrachten Zugkraft unmöglich, diese direkt an den Fasern angreifen zu lassen, da diese immer von einer Matrixschicht überdeckt sind. Die Zugkraft wirkt somit nur auf die Matrix in Form von konzentrierten Spannungen und wird von dieser auf die nächstliegendsten Fasern verteilt. Die Größe dieses "Ausbreitfeldes" (die mitwirkende Länge einer Faser) hängt vom Spannungsverhältnis zwischen Faser und Matrix ab: Eine weiche Matrix kombiniert mit steifen Fasern ergeben große mitwirkende Längen, eine steife Matrix mit weichen Fasern ergibt kleine mitwirkende Längen. Spannungen müssen jedoch nicht unbedingt in konzentrierter Form aufgebracht werden, eine Variante zur Erzeugung von Zugspannungen ist zum Beispiel ein aufgebrachtes Drehmoment. Das Wirkungsprinzip ändert sich nicht.

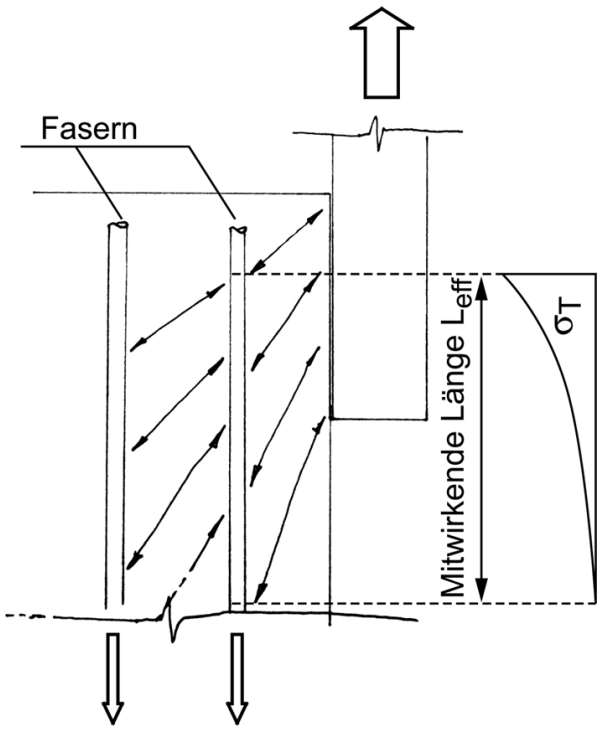


Abb.:1 Veranschaulichung der Spannungsübertragung in Faserverbundwerkstoffen mit Darstellung der mitwirkenden Länge und der Spannungsverteilung in der Faser.

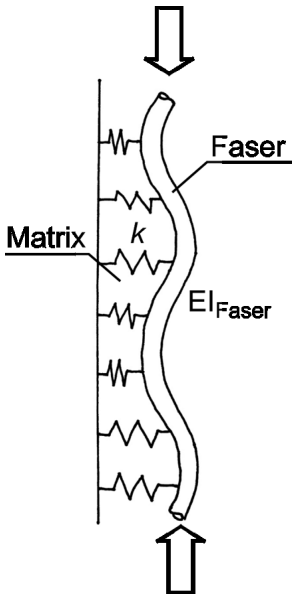


Abb.:2 Veranschaulichung des Funktionsprinzips druckbeanspruchter, in eine Matrix eingebetteter Fasern.

Im Falle von längs zum Faserverlauf wirkendem Druck, wie er auch bei Biegung auftritt, funktioniert die Matrix wie eine Bettung und die Faser (das Faserbündel) wie ein elastisch gebetteter Balken, siehe auch Abbildung 2. Hier sind wichtige Materialeigenschaften die Matrixsteifigkeit k und die Biegesteifigkeit der Faser E·I (Steifigkeit multipliziert mit dem Flächenträgheitsmoment). Die Berechnung wird nun sehr viel komplexer, da nun außer der schieren Zugfestigkeit der Faser auch deren Durchmesser wegen des Flächenträgheitsmoments eine Rolle spielt. Der Fall Druck wird seit Mitte der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts erforscht und stellt noch heute eine wissenschaftliche Herausforderung dar. Durch Rechnereinsatz und moderner FEM Programme wird gegenwärtig versucht, die theoretischen Ansätze numerisch zu beweisen und nachzuvollziehen. Die Probleme liegen einerseits in der Tatsache, dass es sich um ein Stabilitätsproblem handelt und somit schon kleinste Veränderungen in der Werkstoffzusammensetzung erhebliche Auswirkungen auf die ertragbaren Kräfte haben können. Zum anderen versagt ein hochentwickelter Mehrphasenwerkstoff in vielfältiger Weise und unterschiedliche Mechanismen wechseln sich während des Versagens ab und bedingen sich teilweise gegenseitig. Druckversagen findet sehr plötzlich, schnell und teilweise ohne Vorwarnung statt. Somit ist er sehr schlecht zu beobachten, was die Analyse erschwert.

Materialien

Neben den rein mechanischen Eigenschaften, also der notwendigen berechneten Festigkeit, spielen vor allem Dauerhaftigkeits- und Preisfragen eine große Rolle bei der Wahl der Materialien. Um ein gutes Funktionieren zu gewährleisten, sollten die Steifigkeiten der beiden Komponenten aufeinander abgestimmt werden, so dass sich auftretende Kraftspitzen gut im Material verteilen können. Im Einzelnen werden folgende Materialien eingesetzt:

Fasern

- Glasfasern
  Glasfasern sind hauptsächlich wegen ihres relativ geringen Preises die am häufigsten verwendeten Fasertypen. Es gibt Glasfasertypen für unterschiedliche Einsatzgebiete.
- Kohlenstofffasern
  Siehe dort.
- Keramikfasern
  Endlose Keramikfasern aus Aluminiumoxid, Mullit (Mischoxid aus Aluminiumoxid und Siliciumdioxid), SiBCN, SiCN, SiC etc. sind teure Spezialfasern für hochtemperaturbelastbare Verbundwerkstoffe mit einer Keramikmatrix. Die nicht-oxidischen Fasern werden, ähnlich wie Kohlenstofffasern, aus organischen Harzen gewonnen, in denen neben Kohlenstoff auch Silicium enthalten ist.
- Aramidfasern
  Siehe dort.
- Borfasern
- Stahlfasern
- Naturfasern
  Die am häufigsten für die Produktion von Faserverbundwerkstoffen eingesetzten Fasern sind die heimischen Flachs- und Hanffasern sowie subtropische und tropische Fasern wie Jute-, Kenaf-, Ramie- oder Sisalfasern.

- Nylonfasern
  Fasern mit einer hohen Bruchdehnung sind von Vorteil, wenn das Bauteil Stöße aufnehmen muss und diese Eigenschaft für die Bemessung maßgebend ist.

Matrix

Die Wahl der Matrix teilt die Faserverbundwerkstoffe in zwei Gruppen: Faser-Kunststoff-Verbunde (verstärkter Kunststoff, faserverstärkte Kunststoffe) und Andere.

- Faser-Kunststoff-Verbund
  Als Matrix werden die folgenden Harze eingesetzt:
  - Duromere (weitere Bezeichnungen: Duroplast, Kunstharze)
  - Elastomere
  - Thermoplaste

Während die Kunstharze und Elastomere bis zu ihrer Aushärtung flüssig vorliegen, sind Thermoplaste bis ca. 150 °C (teilweise bis 340 °C) fest. Die duroplastischen Kunstharze sind in der Regel glasssprödе und verformen sich nicht plastisch. Faserverstärkte Kunststoffe aus Thermoplaste lassen sich unter Hitze nachträglich umformen. Die Mikro- und Makrotränkung der Fasern ist bei Kunstharzen einfacher als bei festen Thermoplasten. Thermoplaste werden zur Tränkung erhitzt oder in einem Lösungsmittel gelöst.

In den letzten Jahren wurde die Forschung im Bereich der Biopolymere stark intensiviert. Durch den Einsatz von duroplastischen und thermoplastischen Biokunststoffen lassen sich biologisch abbaubare oder dauerhafte Verbundwerkstoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe herstellen, die oftmals vergleichbare Eigenschaften aufweisen wie natur- und glasfaserverstärkte erdölbasierte Polymere.

- Andere
  - Zement und Beton
  - Metalle
  - Keramiken als Matrix für nichtspröde Keramische Faserverbundwerkstoffe
  - Kohlenstoff Kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff (CFC)

Typen und Herstellungsverfahren

Laminate

Diese Gruppe nutzt alle Vorteile der individuellen Faserausrichtung. Sie bestehen meist aus mehreren übereinander gelegten Fasermatten mit unterschiedlichen Hauptfaserrichtungen. Für ihre Herstellung gibt es mehrere Verfahren:

- **Handlegeverfahren**
  Die Faserhalbzeuge (Gewebe/Gelege/Fasermatten) werden von Hand in eine Form eingelegt und mit Kunstharz getränkt. Anschließend werden sie mit Hilfe einer Rolle durch Anpressen entlüftet. Dadurch soll nicht nur die im Laminataufbau vorhandene Luft, sondern auch überschüssiges Harz entfernt werden. Dieses Vorgehen wird so oft wiederholt, bis die gewünschte Schichtstärke vorhanden ist. Man spricht auch von einem "Nass in Nass"-Verfahren. Nach dem Aufbringen aller Schichten härtet das Bauteil durch die chemische Reaktion des Harzes mit dem Härter aus. Das Verfahren stellt keine großen Ansprüche an die Werkzeuge und ist auch für sehr große Bauteile geeignet. Es wird oft im Serienbau eingesetzt, wo zwar leichte Bauteile erwünscht sind, aber auch kostengünstig produziert werden soll.
  Vorteile sind geringer Werkzeug- und Ausstattungsaufwand, dem gegenüber stehen die geringere Bauteilqualität (geringerer Fasergehalt) und der hohe manuelle Aufwand, der geschulte Laminierer voraussetzt. Die offene Verarbeitung des Harzes stellt hohe Ansprüche an den Arbeitsschutz.

- **Handauflegen mit Vakuumpressen**
  Nach dem Einbringen aller Verstärkungs- und Sandwichmaterialen wird die Form mit einer Trennfolie, einem Absaugvlies und einer Vakuumfolie abgedeckt. Zwischen der Vakuumfolie und der Form wird ein Unterdruck erzeugt. Dieser bewirkt, dass der Verbund zusammengepresst wird. Eventuell noch enthaltene Luft wird abgesaugt. Überschüssiges Harz wird vom Absaugvlies aufgenommen. So kann gegenüber dem Handauflegeverfahren eine noch höhere Bauteilqualität erzielt werden.
- **Prepreg**-Technologie
  Mit Matrixwerkstoff vorimprägnierte (also bereits getränkte) Fasermatten werden auf die Form aufgelegt. Das Harz ist dabei nicht mehr flüssig, sondern hat eine leicht klebrige feste Konsistenz. Der Verbund wird anschließend mittels Vakuumsack entlüftet und danach, häufig im Autoklaven, unter Druck und Hitze ausgehärtet. Das Prepregverfahren ist aufgrund der notwendigen Betriebsausstattung (Kühlanlagen, Autoklav) und der anspruchsvollen Prozessführung (Temperaturmanagement) eines der teuersten Herstellungsverfahren. Es ermöglicht neben dem Faserwickeln und den Injektions- und Infusionsverfahren jedoch die höchsten Bauteilqualitäten. Das Verfahren findet vor allem in der Luft- und Raumfahrt, im Motorsport, sowie für Leistungssportgeräte Anwendung.
- **Vakuum-Infusion**

Bei diesem Verfahren wird das trockene Fasermaterial (Rovings, Matten, Gelege, Gewebe...) in eine mit Trennmittel beschichtete Form eingelegt. Darüber wird ein Trenngewebe sowie ein Verteilermedium gelegt, das das gleichmäßige Fließen des Harzes erleichtern soll. Mittels Vakuum-Abdichtband wird die Folie gegen die Form abgedichtet und das Bauteil anschließend mit Hilfe einer Vakuumpumpe (meist Drehschieberpumpen) evakuiert. Der Luftdruck presst die eingelegten Teile zusammen und fixiert sie. Das temperierte flüssige Harz wird durch das angelegte Vakuum in das Fasermaterial gesaugt. Um zu verhindern, dass überschüssiges Harz nach dem Passieren der Fasern in die Vakuumpumpe gerät, wird vor der Pumpe eine Harzbremse und/oder Harzfalle montiert. Nachdem die Fasern vollständig getränkt sind, wird die Harzzufuhr unterbunden und der getränkte FVK kann nach dem Aushärten entformt werden. Die Aushärtezeiten sind abhängig vom gewählten Matrix-Werkstoff (Harz) und der Temperatur. Vorteil dieses Verfahrens ist die gleichmäßige und fast blasenfreie Tränkung der Fasern und somit die hohe Qualität der produzierten Bauteile sowie die Reproduzierbarkeit. Es werden heute schon Bauteile wie zum Beispiel Rotorblätter für Windkraftanlagen mit einer Länge von mehr als 50 Metern mit diesem Verfahren gefertigt. Weiterentwicklungen zum Vakuuminfusionsverfahren sind das Differential Pressure Resin Transfer Moulding (DP-RTM) und Single Line Injection-Verfahren (SLI).


Vakuumaufbau


Fertiges Bauteil

- **Faserwickeln**
  Das Faserwickelverfahren ist eine Technik zum Ablegen von Endlosfasersträngen (Rovings) auf einer (zumindest annähernd) zylindrischen Form. Mit diesem Verfahren werden Fasern sehr straff und eng aneinander liegend mit einer hohen Maßgenauigkeit positioniert. Zum Wickeln der Fasern ist ein Körper notwendig, der dem Bauteil seine spätere Gestalt gibt. Diesen Körper nennt man wie beim Urformen üblich *Kern*. Auch beim Faserwickeln unterscheidet man zwischen verlorenen und wiederverwendbaren Kernen.
  Verlorene Kerne werden meist aus leichtem Hartschaum gefertigt, der entweder im Bauteil verbleibt oder

chemisch aufgelöst wird.
Bei gewickelten Druckbehältern besteht die Besonderheit darin, dass der dünnwandige Kern (zum Beispiel aus HD-Polylethylen bestehend) als gasdichte Barriere im Inneren verbleibt. Sind diese sogenannten *Liner* aus Metall, dann können sie auch mittragend sein und bilden zusammen mit der Matrix aus Verbundwerkstoff ein Hybrid-System. Hier ist der Kern zwar auch "verloren", ist aber gleichzeitig funktionaler Bestandteil der Konstruktion.
Wiederverwendbare Kerne sind meist aus Aluminium gefertigt; sie schränken naturgemäß die Gestaltungsfreiheit bei der Konstruktion ein, da sich der Kern aus dem Bauteil entfernen lassen muß.
Beispiele für fasergewickelte Teile sind Leuchttürme, Hüllen von Straßenbahnwaggons und Bussen oder Silos.
Als Tränkverfahren sind üblich:

- Die Endlosfaser beziehungsweise der Strang wird zunächst durch ein Tränkbad geführt, in dem sie mit dem Matrixwerkstoff benetzt wird und dann um eine Form gewickelt wird.
- Es werden Prepreg-Faserbahnen aufgewickelt, die erst durch Erwärmen ausgehärtet werden.
- Es werden ungetränkte Fasern gewickelt, die danach mit einem Harzinjektionsverfahren (siehe oben) getränkt werden.

- **Faserspritzen**
  Das Faserspritzen ist strenggenommen keine Laminiertechnik, da das Material nicht im Schichten (lat.: lamina) aufgebracht wird. Das Ergebnis und die Anwendung des Materials sind jedoch vergleichbar mit laminierten Produkten, daher wird diese Technik hier mit aufgeführt.
  Beim Faserspritzen werden Endlosfasern (Rovings) von einem Schneidwerk auf die gewünschte Länge geschnitten und zusammen mit Harz und Härter mittels einer Faserspritzpistole in die Form gebracht. Zusätzlich verwendet man wie beim Handlaminieren eine Laminierrolle, um das Laminat zu verdichten. Der grösste Nachteil dieser Variante ist die deutlich geringere Festigkeit gegenüber laminiertem Gewebe.

Spritzgussteile

Isotrope faserverstärkte Kunststoffe werden kostengünstig im Spritzgussverfahren hergestellt. Die Kurzfasern (max. wenige Millimeter lang) werden dabei zusammen mit dem Matrixwerkstoff in die Form gespritzt.

Spritzpressteile

Beim Spritzpressen oder auch Resin Transfer Moulding (RTM) können trockenen Fasern in eine Form eingelegt werden und anschließend mit flüssigem Harz unter Druck umströmt werden. Durch Wärme wird das Harz ausgehärtet. Die Faserorientierung kann dabei durch Näh- und Stickverfahren im Vorformling durch gezieltes Ablegen den Lastfällen angepasst werden.

Strangziehteile

Profile mit kleineren Dimensionen und gleich bleibenden Querschnitten werden sehr effizient im Strangziehverfahren hergestellt. Dabei sind alle Fasern unidirektional in Längsrichtung des Rohres ausgerichtet, was zu sehr guter Zug-, Druck- und Biegefestigkeit führt.

Sheet Molding Compounds (SMC)

Bei dieser Art von faserverstärkten Kunststoffen wird in einer Vorfertigung aus Harzen, Härtern, Füllstoffen, Additiven, etc. und Glasfaserstücken bis 50 mm Länge eine sogenannte Harzmatte gefertigt. Nach eine Reifezeit (Lagerzeit), einige Tage bei ca. 30–40 °C, erhöht sich die Viskosität der Harzmatte von honigartig auf wachsfest bis lederartig. Bei dieser definiert festzulegenden Viskosität, abhängig von der Harzmattenrezeptur kann die Matte weiterverarbeitet werden.

Die Weiterverarbeitung erfolgt dann in beheizten Werkzeugen im Pressverfahren. Die Harzmatte wird, je nach Bauteilgröße und -geometrie, in genau definierte Größen zerschnitten und nach einem definierten Einlegeplan im Werkzeug platziert. Beim Schließen der Presse wird die Harzmatte im gesamten Werkzeug verteilt. Hierbei sinkt die vorher während der Reifezeit erreichte Viskositätserhöhung fast wieder auf des Niveau der Halbzeugfertigung.

Dabei kommt es zu zwei Phänomenen:

1. Das Fließen der Harzmatte im Werkzeug hat zur Folge, dass es an den Ecken des Werkzeuges (aber auch an Verstärkungsrippen und Domen) zu einem Aufeinandertreffen von verschiedenen Fließfronten kommen kann. Bei nicht ausreichender Durchdringung der Fließfronten kommt es dann zu sogenannten Bindenähten. An diesen Bindennähten sind die mechanischen Eigenschaften des Bauteils teilweise deutlich reduziert gegenüber dem übrigen Bauteil.
2. Die leichteren und feineren Bestandteile der Harzmatte (Harze, Additive etc.) fließen schneller als die größeren Bestandteile (Glasfasern, Füllstoffe). Dadurch kann es bei langen Fließwegen an den Bauteilgrenzen zu einer Anreicherung der kleineren Bestandteile kommen, es bildet sich eine "Harzschicht" aus. Diese Harzschicht ist spröde und kann zu kleineren Abplatzungen bei mechanischer Beanspruchung führen.

Der Vorteil dieser Werkstoffklasse liegt in der leichten Darstellung dreidimensionaler Geometrien und Wanddickenunterschieden in nur einem Arbeitsschritt. Die endgültige Bauteilform wird durch die Kavität eines mindestens zweiteiligen Werkzeugs gegeben und zeigt üblicherweise beidseitig glatte, optisch ansprechende Oberflächen.

Nach einer Aushärtezeit von 30 Sekunden bis mehreren Minuten bei Temperaturen von 140°C bis 160°C - deren Dauer und Höhe von der Bauteildicke und dem verwendeten Reaktionssystem abhängt - kann das fertige Bauteil aus der Form entnommen werden, muss aber aufgrund der noch hohen Bauteiltemperaturen vorsichtig gleichmäßig gekühlt werden, damit es nicht zu Mikrorissen im Bauteil kommt. SMC-Bauteile sind - aufgrund der größeren Faserlänge als bei BMC - in der Regel höher belastbar als BMC-Bauteile. SMC-Bauteile können bei entsprechender Auslegung auch in lackierten Sichtbereichen eingesetzt werden.

Faserbeton

Die Zugfestigkeit von Beton oder Zement kann durch Beigabe von Fasern erhöht werden. Die Fasern haben nur wenige Zentimeter Länge (der hohe E-Modul des Betons macht lange Fasern unsinnig) und werden orientierungslos in der Matrix verteilt. Das Ergebnis ist ein isotroper Werkstoff. Die Fasern werden wie normaler Zuschlag mit dem Beton angerührt und zusammen in einer Schalung ausgehärtet.

Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung

Schutzbrille und Schutzhandschuhe stellen einen Mindestschutz vor dem Kontakt mit dem Harzsystem her. Harz und speziell Härter und Beschleuniger enthaltenen häufig Stoffe, die neben ihrer Giftigkeit auch allergiefördernd wirken. Im ausgehärteten Zustand wird hingegen teilweise sogar Lebensmittelechtheit erreicht.

Beschleuniger und Härter werden nie direkt zusammengegeben. Beide Komponenten können heftig miteinander reagieren, dabei besteht Verletzungsgefahr. Deshalb wird der Beschleuniger in aller Regel vor dem Vermischen mit dem Härter dem Harz zugegeben.

Beim mechanischen Bearbeiten (Zerspanen) von faserverstärkten Kunststoffen entstehen sehr feine Partikel die je nach Fasertyp lungengängig sein können. Deshalb ist ein Mundschutz obligatorisch.

Kohlenstofffaserstaub kann durch seine elektrische Leitfähigkeit elektrische Geräte beschädigen. Daher wird die Bearbeitung unter Ex-Schutz durchgeführt.

Berechnung der elastischen Eigenschaften

Die elastischen Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen werden auf der Grundlage der Eigenschaften von elementaren Einzelschichten berechnet (unidirektionale Schichten). Dieses Berechnungsverfahren ist als klassische Laminattheorie bekannt. Gewebe werden dabei als zwei, in einem Winkel von 90° gedrehte, unidirektionale Schichten abgebildet. Einflüsse durch die Ondulation der Fasern im Gewebe werden durch Abminderungsfaktoren berücksichtigt. Eine Entwurfsmethode für gewichtsoptimale Laminate ist die Netztheorie.

Ergebnis der klassischen Laminattheorie sind die sogenannten Ingenieurskonstanten des Verbundwerkstoffs $\hat{E}_x, \hat{E}_y, \hat{G}_{xy}, \hat{\nu}_{xy}, \hat{\nu}_{yx}$ und die Scheiben-Platten-Steifigkeitsmatrix. Diese Matrix besteht aus folgenden Elementen:

- Scheibensteifigkeits-Matrix A
- Plattensteifigkeits-Matrix D
- Koppel-Matrix B

Anhand dieser Matrizen können die Reaktionen des Verbundwerkstoffs auf

- Scheibenbelastungen: Normalspannungen σ_1, σ_2 und Schub τ_{12} in der Ebene
- Plattenbelastungen: Biegemomente m_1, m_2 und Drillmoment m_{12}

berechnet werden.

Die Koppel-Matrix koppelt dabei die Scheibenbelastungen mit den Plattenverformungen und umgekehrt. Für die Praxis von Interesse ist, dass eine besetzte Koppel-Matrix zu thermischen Verzug führt. Da auch thermische Dehnungen gekoppelt werden, verziehen sich Faserverbundbauteile, deren Koppelmatrix besetzt ist. Ziel vieler Forschungsvorhaben ist es, die Kopplungen in der Scheiben-Platten-Steifigkeitsmatrix gezielt konstruktiv zu nutzen.

Für den genauen Berechnungsablauf sei auf die Literatur und Lehrbücher verwiesen.

Berechnung und Nachweis

Der Festigkeitsnachweis, insbesondere von Faserkunststoffverbunden, erfolgt über Bruchkriterien. Aufgrund der Festigkeitsanisotropie der meisten Faserverbundwerkstoffe sind spezielle Bruchkriterien für Faserkunststoffverbunde notwendig.

Es existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Bruchkriterien und damit auch Nachweismethoden. Oft haben einzelne Firmen (zum Beispiel im militärischen oder zivilen Großflugzeugbau) eigene Nachweisverfahren entwickelt.

Berechnungsprogramme

Compositor

Dieses Excel-basierte Programm ist eine Entwicklung des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen. Es enthält - neben der Berechnung der Schichtspannungen und der Ingenieurskonstanten nach der klassischen Laminattheorie - ein Modul, in dem die Puck'schen Wirkebenenkriterien (siehe: Bruchkriterien für Faserkunststoffverbunde) für eine Festigkeitsanalyse implementiert sind. Neben den schichtweisen Spannungen sind somit auch Versagenslasten berechenbar.

ESAComp

ESAComp wurde im Auftrag der europäischen Raumfahragentur ESA entwickelt. Es bietet eine Schnittstelle zu FE-Programmen, es kann aber auch ohne FE-Programm eingesetzt werden. Neben der schichtenweisen Spannungsanalyse können mit Hilfe verschiedener Bruchkriterien Versagenslasten ermittelt werden.

ESAComp wurde am Institut für Leichtbau der TU Helsinki entwickelt.

Lami*Cens*

Eine kostenlos erhältliche, einfach zu bedienende Excel-Anwendung zur Ermittlung wichtiger Eigenschaften faserverstärkter Kunststoff-Laminate wurde von Prof. Dr.-Ing. H. Funke entwickelt. Damit lassen sich Halbzeuge menügeführt auswählen und stapeln, wie beim Laminieren. Lami*Cens* ermittelt produktionsspezifische Kennwerte wie Laminatstärke und -gewicht, Fasergewicht, Harzverbrauch und Kostenkennwerte. Die Ingenieurskonstanten für die homogene Scheibenbelastung (Elastizitätsmoduln E_x und E_y, Schubmoduln G_{xy}, Querdehnzahlen ν_{xy} und ν_{yx}) werden mit Hilfe der klassischen Laminattheorie berechnet. Eine Festigkeitsanalyse ist nicht möglich.
Download und Nutzung nach Registrierung kostenlos bei http://www.r-g.de unter Laminatberechnung.

Composite Star

Diese Software wurde von der belgischen Firma Material S. A. [1], Brüssel, entwickelt. Insbesondere ist sie in Verbindungen mit gewickelten Bauteilen aus Faser-Kunststoff-Verbund und der entsprechenden Simulationssoftware Cadwind (gleiche Fa.) zu verwenden.

eLamX - expandable Laminate eXplorer

eLamX [2] ist ein frei nutzbares, in Java geschriebenes Laminatberechnungsprogramm, das am Lehrstuhl für Luftfahrzeugtechnik [3] der Technischen Universität Dresden entwickelt wird. Die Berechnungen basieren auf der klassischen Laminattheorie. Die Software ist modular aufgebaut und wird ständig erweitert. Derzeit (April 2010) sind Module zur Laminatberechnung inklusive Festigkeitsanalyse, Ingenieurskonstanten und hygrothermalen Effekten, zur Stabilitätsuntersuchung beliebig gelagerter Faserverbundplatten mit und ohne Versteifungselementen und zum Vergleich verschiedener Festigkeitskriterien (3D-Darstellung der Bruchkörper, The world-wide-failure exercise) vorhanden. Erweiterungen auf dem Gebiet der Stabilitätsbetrachtungen und neue Module, beispielsweise bezüglich der Mikromechanik von Laminatschichten, der nichtlinearen Berechnung gemäß VDI 2014 und dem mechanischen Verhalten von Compositeplatten, befinden sich in der Entwicklung.

Natürlicher Faserverbundwerkstoff

Holz in seiner natürlich gewachsenen Form ist häufig Vorlage bei der Auslegung von Faser-Kunststoff-Verbunden. Die Ursache hierfür ist, dass Holzfasern, genau wie andere Naturfasern, aus unterschiedlichen "Einzelbausteinen" zusammengesetzt sind. Steife Cellulosefibrillen sind in eine Matrix aus Hemicellulose und Lignin eingebettet und dienen als festigendes Element in der Zellwand. Auch in seinen künstlich geschaffenen Formen Pressspan oder MDF werden zumindest die Naturfasern als Komponente eingebracht.

Knochen ist ein Faserverbundwerkstoff in zweierlei Hinsicht: im Nanometerbereich sind die Kollagenfasern eingebettet in Hydroxylapatitkristalle, in kortikalem Knochen im Mikrometerbereich wirken Osteons zusätzlich als Fasern.

Anwendungsgebiete

Faserverbundwerkstoffe umgeben uns in allen Lebensbereichen, meist ohne dass wir uns dessen bewusst sind. Das Spektrum reicht von Kleidern, Möbeln, Haushaltsgeräten bis hin zu mehrstöckigen Bauwerken, Brücken, Booten und der Luft- und Raumfahrt. Das Haupteinsatzgebiet für die Naturfaserverstärkten Kunststoffe ist die Automobilindustrie.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Faserverbundwerkstoffe mit der größten wirtschaftlichen Bedeutung sind die glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK) mit einem Anteil von über 90%. 2009 wurden in Europa 815.000 t glasfaserverstärkte Kunststoffe produziert. Die größten Player im europäischen Markt sind Spanien, Italien, Deutschland, Großbritannien und Frankreich. Infolge der Wirtschaftskrise ist die Produktionsmenge in allen Anwendungsindustrien gleichermaßen um etwa ein Drittel gegenüber 2007 geschrumpft. Am stärksten sind die offenen Verarbeitungsverfahren wie Handlaminieren oder Faserspritzen von dieser Marktentwicklung betroffen. [4] Diesem allgemeinen Trend widersetzen sich allein die biobasierten Faserverbünde. Ein Vergleich der wirtschaftlichen Entwicklung in den unterschiedlichen Teilbranchen zeigte, dass einzig die naturfaserverstärkten Kunststoffe im Wachstum begriffen sind – mit einem deutlichen Wirtschaftsplus von gut 20% . [5]

Literatur

- A.A. Griffith. The phenomenon of rupture and flow in solids. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 221A:163–198, 1920.
- M. Flemming und S. Roth. *Faserverbundbauweisen*, Springer 2003, ISBN 3-540-00636-2
- Michaeli, Huybrechts und Wegener. *Dimensionieren mit Faserverbundkunststoffen*, Hanser 1994, ISBN 3-446-17659-4
- Ehrenstein (Hrsg.): *Faserverbund-Kunststoffe – Werkstoffe, Verarbeitung, Eigenschaften*, Hanser 2006, ISBN 3-446-22716-4
- A. Puck: *Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten*, Hanser 1996, ISBN 3-446-18194-6, kostenlos zum Runterladen [6]
- P.A. Fowler, J.M. Hughes & R.M Elias, “Review Biocomposites: technology, environmental credentials and market forces”, Journal of the Science of the Food and Agriculture Ausgabe 86, 2006, S. 1781-1789

Siehe auch

- Faser-Kunststoff-Verbund
- Faserzement
- Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK),
- Keramischer Faserverbundwerkstoff
- Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK)
- Kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff (CFC)
- Langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT)
- Naturfaserverstärkter Kunststoff
- Single Line Injection (SLI)
- Texalium

Weblinks

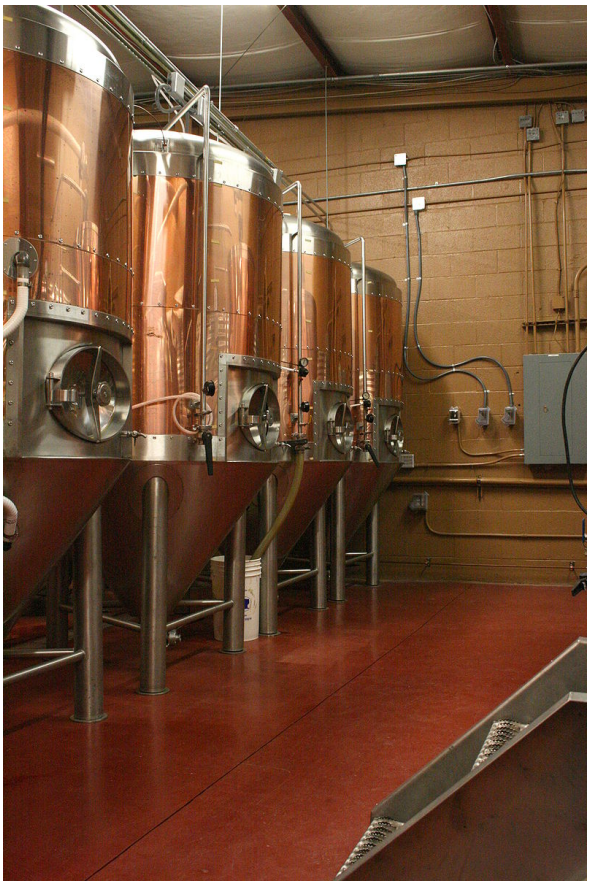
- AVK - Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. [7]
- Wiki für verstärkte Kunststoffe [8]
- Biowerkstoff-Kongress [9]
- Fachverband Faserbeton [10]
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) an der TU Dresden [11]
- Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen [12]
- Institut für Verbundwerkstoffe GmbH [13]

Referenzen

[1] http://www.material.be/products.html
[2] http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ilr/aero/download/laminatetheory/index_html
[3] http://tu-dresden.de/mw/ilr/lft
[4] Dr. Elmar Witten (2009): Der Composites-Markt Europa 2008/2009. Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe ((http://www.avk-tv.de/files/20091029_dr._witten_marktbericht_2009.pdf) download)
[5] Dr. Elmar Witten (2009) auf dem Biowerkstoff-Kongress (http://www.biowerkstoff-kongress.de)
[6] http://www.klub.tu-darmstadt.de/forschung/download.php
[7] http://www.avk-tv.de
[8] http://www.avk-frankfurt.de/wiki/index.php/Hauptseite
[9] http://www.biowerkstoff-kongress.de
[10] http://www.fvf-faserbeton.de
[11] http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ilk/
[12] http://www.ikv-aachen.de
[13] http://www.ivw.uni-kl.de

Fermentation

Fermentation oder **Fermentierung** (lat. *„fermentum“*: „Gärung“) bezeichnet in der Biotechnologie die Umsetzung von biologischen Materialien mit Hilfe von Bakterien-, Pilz- oder Zellkulturen oder aber durch den künstlichen Zusatz von Enzymen (Fermenten).



Gärbottiche zur Bierherstellung sind ebenfalls Bioreaktoren

Definition

Ursprünglich wurde mit „Fermentation“ eine biotische Reaktion unter Ausschluss von Luft bezeichnet (« Fermentation, c'est la vie sans l'air » (Pasteur)).

Heute umfasst die Fermentation jegliche technische Bioreaktion. So lassen sich medizinische Produkte wie beispielsweise Insulin, Hyaluronsäure, Streptokinase und eine Vielzahl von Antibiotika (z. B. Penicillin) mit Hilfe von Mikroorganismen großtechnisch in Bioreaktoren synthetisieren. Mikroorganismen sind – gegebenenfalls nach gentechnologischer Veränderung – in der Lage, Stoffe zu bilden, die sich auf chemischem Wege nur sehr schwer oder gar nicht herstellen lassen. Geräte bzw. Bioreaktoren, die speziell zur Fermentation benutzt werden, heißen Fermenter.

Die Gärung ist ein Teilbereich der Fermentation und läuft ausschließlich anaerob ab. Häufig wird Gärung auch als Synonym für Fermentation benutzt. Letztere schließt aber sowohl aerobe Vorgänge (siehe Essigsäuregärung), auch als „Oxidative Gärung“ bezeichnet, als auch gänzlich andere mikrobielle oder autolytische enzymatische Prozesse (z. B. Matjesreifung) ein.

Einsatzgebiete

Fermentation in der Lebens- und Genussmittelherstellung

In der Lebensmittelherstellung spielt die Fermentation eine zentrale Rolle bei der Produktion und Haltbarmachung von Lebensmitteln (z. B. Sauerkraut, Gimchi, Tsukemono, Miso oder Natto), Entwicklung von Aromastoffen (z. B. Sojasauce, Bionade) und Abbau von Gerbstoffen von Tee, Kakao, Kaffee, Marihuana und Tabak sowie der Herstellung von Milchprodukten (Käse, Joghurt), Tofu, Rohwurst (z. B. Salami) und alkoholischen Getränken wie Whisky, Bier, Tequila und Wein.



Dickete bei der Käseherstellung

Herstellung von Milchprodukten und lactofermentiertem Gemüse

Eine Reihe von Lebensmitteln werden direkt durch Milchsäuregärung hergestellt. Darunter fallen vor allem die Sauermilchprodukte wie Sauermilch, Joghurt, Kefir und Buttermilch. Diese werden durch Infektion von pasteurisierter Milch mit Starterkulturen der Milchsäurebakterien hergestellt. Weitere Produkte sind lactofermentierte Gemüse wie Sauerkraut, Borschtsch oder Gimchi sowie Sauerteig und entsprechend Sauerteigprodukte. Auch Silagen, durch Vergärung haltbar gemachte Frischfuttermittel, basieren auf der Milchsäuregärung.[1]



Joghurt und andere Sauermilchprodukte basieren auf Milchsäuregärung.

Fermentation von Teeblättern

Unter dem „Fermentieren“ eines Tees verstand man in der älteren Teesprache das Aufschließen und Oxidieren der Teeblätter in einer feuchten Umgebung – es handelt sich also nicht um eine echte Fermentation, da dieser Prozess ohne Mikroorganismen abläuft. Heutige Teetechnologie spricht zunehmend korrekt von Oxidation, auch um eine Abgrenzung zur echten mikrobakteriellen Fermentation bei Pu-erh Tees zu gewährleisten.

Die Teeblätter werden hierzu durch Rollen gequetscht, wobei die Pflanzenzellen teilweise zerstört werden. Dadurch können Enzyme (v. a. Phenoloxidasen) und andere Inhaltsstoffe der Teepflanze (v. a. Polyphenole), die in der intakten Zelle streng voneinander getrennt vorkommen, zusammen kommen und mit Sauerstoff zu dunkel gefärbten Polyphenolen und Aromastoffen (u.a. ätherischen Ölen) reagieren. Der Vorgang dauert ca. drei Stunden. Im Gegensatz zum Schwarztee wird der Oolong-Tee nur kurz und der grüne Tee gar nicht „fermentiert“.

Fermentation von Rohtabak

Fermentation des Tabaks ist der Gärungsprozess, mit dem aus getrocknetem Rohtabak ein verbrauchsfertiger Tabak hergestellt wird. Hierbei wird der Nikotingehalt vermindert und blatteigene Eiweißverbindungen werden abgebaut, die beim Rauchen das charakteristische Aroma der einzelnen Sorten überdecken würden.

Nach dem Zusammenstellen der jeweiligen Tabakcharge (mind. 1000 kg) setzt der Fermentationsprozess von selbst ein oder wird durch Wärmezufuhr in Gang gesetzt. Die ideale Prozesstemperatur liegt zwischen 50 und 60 °C, höhere Temperaturen schaden der Tabakqualität. Bei einer natürlichen Fermentation werden die Tabakstapel 4–5 mal umgeschichtet – vom Stapelrand in die Stapelmitte und umgekehrt; bis alle Blätter gleichmäßig fermentiert sind, vergehen hierbei 4–6 Monate.

Technische Fermentation

Das Haupteinsatzgebiet der Fermentation ist die technische Biotechnologie zur Herstellung verschiedener Fermentationsprodukte. Das Spektrum reicht dabei von Bioethanol über verschiedene Aminosäuren, Organische Säuren wie Milchsäure, Zitronensäure und Essigsäure, Enzymen wie Phytase, Antibiotika und andere pharmazeutische Produkte bis zu Biomonomeren und -polymeren wie Polyhydroxyalkanoate (PHA; u.a. Polyhydroxybuttersäure, PHB). Technischer Bioethanol, vor allem zur Nutzung als Biokraftstoff, stellt neben Bier und der Hefeproduktion sowie Biogas dabei aktuell das Hauptprodukt der Fermentationsindustrie dar.



Bioethanolanlage in Burlington, Iowa.

Als Rohstoff ist Stärke neben Saccharose das wichtigste Substrat zur Produktion durch Bakterien oder Pilze. Während Bioethanol in Brasilien vor allem auf der Basis von Zucker aus dem Anbau von Zuckerrohr gewonnen wird, stellt in den USA den Mais die Hauptrohstoff dar. Nach Angaben der deutschen Bioethanolwirtschaft werden in Deutschland knapp zwei Drittel des Bioethanols aus stärkehaltigen Pflanzen, vor allem Weizen, gewonnen[2] . Die Produktion ist in der Regel unabhängig vom Substrat, bei fast allen Fermentationsprozessen können also sowohl Stärke als auch Saccharose sowie verschiedene zuckerhaltige Produkte (in der Regel Dicksaft und Melasse) genutzt werden. Da auch die Cellulose als Hauptbestandteil des Holzes ein Zuckerpolymer darstellt, steht diese für zukünftige Anwendungen, v.a. der Produktion von Cellulose-Ethanol sowie der Verwendung in der Bioraffinerie, ebenfalls als alternatives Substrat zur Diskussion.

Biogasherstellung



Fermenter einer Biogasanlage

Auch die Herstellung von Biogas durch Vergärung von Biomasse in Biogasanlagen zur Gewinnung von Biogas, dass zur Gewinnung von Energie (Bioenergie) verwendet wird, ist ein Fermentationsprozess. Mit Hilfe von Bakterien wird in einem anaeroben Gärungsprozess ein Gasgemisch mit den Hauptkomponenten Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) sowie Spuren von Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2), Schwefelwasserstoff (H_2S), Wasserstoff (H_2) und Ammoniak (NH_3) produziert, das nachfolgend über eine Biogasaufbereitung gereinigt wird. Für die Verwertung von Biogas ist der bei der Gärung entstehende Methananteil am wichtigsten, da seine Verbrennung Energie freisetzt.

Ebenso wie Biogas entstehen Deponiegas und Klärgas bei der als Vergärung oder Faulung bezeichneten anaeroben Zersetzung von organischem Material. Daher werden diese Gase gelegentlich auch unter den Bezeichnungen Faulgas oder Biogas zusammengefasst.

Bioreaktoren



Anlage zur Herstellung von Vakzinen

Vor allem Mikroorganismen können in sogenannten Bioreaktoren oder auch Fermenter kultiviert werden. Dieses sind Behälter, in denen die Bedingungen gesteuert und optimiert werden können, so dass die kultivierten Organismen den gewünschten Stoffe produzieren bzw. in höheren Konzentrationen produzieren. In den Reaktoren können verschiedene Parameter, wie z. B. pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffzufuhr, Stickstoffzufuhr, Glukosegehalt oder Rührereinstellungen geregelt werden.

Da die einsetzbaren Organismen sehr unterschiedliche Ansprüche haben, stehen unterschiedlichste Fermentertypen zur Verfügung, wie z. B. Rührkesselreaktoren, Schlaufenreaktoren, Airliftreaktoren etc., sowie lichtdurchlässige Photobioreaktoren zur Kultivierung von Algen und Pflanzen.

Siehe auch

- Submersfermentation
- Enzymologie

Literatur

- R. Stürmer, M. Breuer: *Enzyme als Katalysatoren. Chemie und Biologie Hand in Hand*, in: *Chemie in unserer Zeit* **2006**, *40*, 104–111; doi:10.1002/ciuz.200600379 [3].

Weblinks

- The chemical logic behind fermentation and respiration [4]

Referenzen

[1] Rolf D. Schmid: *Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik.* 2. Aufl. Wiley-VCH, Weinheim 2006; S.12-13. ISBN 978-3-527-31310-5.

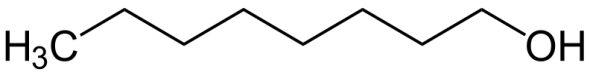
[2] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V. (BDBe): Bioethanolproduktion in Deutschland 1. Halbjahr 2009. (http://www.lab-biokraftstoffe.de/Zahlen_2009.html) Abgerufen am 9. September 2009.

[3] http://dx.doi.org/10.1002%2Fciuz.200600379

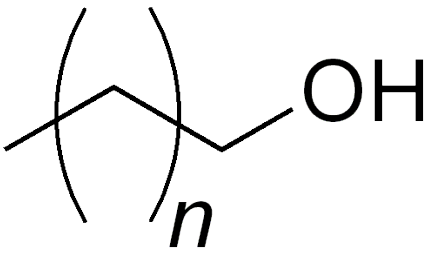
[4] http://www2.ufp.pt/~pedros/bq/respi.htm

Fettalkohole

Fettalkohole sind Derivate linearer Kohlenwasserstoffe, die terminal eine Alkoholgruppe (*Hydroxygruppe*) tragen und damit einwertige, primäre Alkohole. Der Kohlenwasserstoffrest ist unverzweigt und kann auch ein- oder mehrfach ungesättigt sein. Nur derartige Alkohole mit 8 bis 22 Kohlenstoffatomen (C-Atomen) werden als Fettalkohole bezeichnet. Bei höheren derartigen Alkoholen mit 24 bis 36 C-Atomen spricht man von **Wachsalkoholen**.[1] Diese finden sich in natürlichen Wachsen, gebunden als Carbonsäureester, z. B. in Wollwachs oder Walrat. Fettalkohole kommen natürlich vor oder werden in der chemischen Industrie, z. B. aus Fettsäuren pflanzlicher Herkunft, hergestellt. In beiden Fällen enthält der Fettalkohol meist eine gerade Zahl von C-Atomen, bedingt durch die Biosynthese aus C_2-Bausteinen (Fettsäuresynthese). Fettalkohole werden direkt als nichtionisches Tensid und zur Herstellung verschiedener weiterer Tenside verwendet.



Struktur des Fettalkohols 1-Octanol



Fettalkohole mit linearem, gesättigtem Alkylrest werden mit dieser Formel vereinfacht dargestellt. Bei Octanol entspräche n = 6.

Struktur

Die Tabelle zeigt Beispiele für Fettalkohole. Die Nomenklatur entspricht der Nomenklatur der Alkane, ergänzt um die Endung -ol für die zusätzlich vorhandene Alkoholgruppe. Zum Teil werden auch Trivialnamen verwendet (s. in Klammern).

C-Atome : Doppelbindungen	Name	Bruttoformel
gesättigte Fettalkohole		
8:0	Octanol	$C_8H_{17}OH$
10:0	Decanol	$C_{10}H_{21}OH$
12:0	Dodecanol (Laurylalkohol)	$C_{12}H_{25}OH$
14:0	Tetradecanol (Myristylalkohol)	$C_{14}H_{29}OH$
16:0	Hexadecanol (Cetylalkohol)	$C_{16}H_{33}OH$
17:0	Heptadecanol	$C_{17}H_{35}OH$
18:0	Octadecanol (Stearylalkohol)	$C_{18}H_{37}OH$
20:0	Eicosanol	$C_{20}H_{41}OH$
22:0	Behenylalkohol synonym n-Docosanol	$C_{22}H_{45}OH$
einfach ungesättigte Fettalkohole		
16:1	Delta-9-cis-Hexadecenol	$C_{16}H_{31}OH$
18:1	Delta-9-Octadecenol	$C_{18}H_{35}OH$
18:1	trans-Delta-9-Octadecenol	$C_{18}H_{35}OH$
18:1	cis-Delta-11-Octadecenol	$C_{18}H_{35}OH$
mehrfach ungesättigte Fettalkohole		
18:3	Octadecatrienol	$C_{18}H_{31}OH$

Herstellung

(siehe auch Artikel Oleochemie)

Fettalkohole lassen sich durch Reduktion von Estern mit Natrium herstellen (Bouveault-Blanc-Reaktion).[2] Die erste technische Darstellung wurde 1928 von den Hydrierwerken in Rodleben durchgeführt. Heute werden Fettalkohole durch Hydrierung an Kupfer- oder Kupfer/Cadmium-Katalysatoren hergestellt.

Im Regelfall werden Fettalkohole petrochemisch aus Erdöl hergestellt. Zunehmende Bedeutung hat die Produktion aus nachwachsenden Rohstoffen, etwa durch Hydrierung von Fettsäuren aus pflanzlichen Ölen. So wird Cetylalkohol (C_{16}) als Produkt der Palmitinsäure aus Palmöl oder Kokosöl und Stearylalkohol (C_{18}) aus Stearinsäure gewonnen.[3] [2] Dabei wird die für Carbonsäuren typische Carboxygruppe (−COOH) zu der für Alkohole typischen Hydroxygruppe (−OH) überführt. Das C-Atom der −COOH Gruppe bleibt als $-CH_2-OH$ erhalten.

Verwendung

Fettalkohole wie der Stearylalkohol und der Cetylalkohol werden als nichtionische Tenside verwendet und lassen sich als Grundlage für viele Cremes und Salben einsetzen. Sie sind nicht mit Wasser mischbar, können aber durch Umsetzung mit Oleum (Schwefelsäure) oder Chlorsulfonsäure in Fettalkoholsulfate überführt werden, die eine große Bedeutung als anionische Tenside in Waschmitteln haben. Durch Ethoxylierung lassen sich Fettalkoholethoxylate als nichtionische Tenside gewinnen, die in Körperpflegeprodukten verwendet werden.

Literatur

- Stichwort *Fatty Alcohols* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 101-102. ISBN 3-527-30114-3.

Weblinks

- Cyberlipid. *Fatty Alcohols and Aldehydes* [4]. Abgerufen am 6. Februar 2007. General overview of fatty alcohols, with references.
- CONDEA. *Dr. Z Presents All about fatty alcohols* [5]. Abgerufen am 6. Februar 2007.
- *Hydrierung von Fettsäuremethylestern zu gesättigten Fettalkoholen* [6], S. Würkert, Dissertation (2006), als pdf
- *CYBERLIPID CENTER - your www site for fats and oils* [7], umfassende Informationen zu Fetten und Ölen und abgeleiteten Verbindungen, wie Fettalkoholen und anderem

Referenzen

[1] Wissenschaft-Online-Lexika: *Eintrag zu Fettalkohole im Lexikon der Chemie,* abgerufen am 23. März 2010

[2] www.zenitech.com: *Dr. Z Presents: All about fatty alkohols* (http://www.zenitech.com/documents/new pdfs/articles/All about fatty alcohols Condea.pdf), 43-seitiges pdf mit umfassenden Informationen zu Fettalkoholen, englisch, abgerufen am 22. März 2010

[3] S. Würkert: *Hydrierung von Fettsäuremethylestern zu gesättigten Fettalkoholen* (http://www.cvt.uni-bayreuth.de/lehrstuhl/veroeffentlichungen/DissWuerkert.pdf), als 205-seitiges pdf, abgerufen am 22. März 2010

[4] http://www.cyberlipid.org/simple/simp0003.htm

[5] http://www.zenitech.com/documents/new%20pdfs/articles/All%20about%20fatty%20alcohols%20Condea.pdf

[6] http://www.cvt.uni-bayreuth.de/lehrstuhl/veroeffentlichungen/DissWuerkert.pdf

[7] http://www.cyberlipid.org/index.htm

Fettsäuremethylester

Fettsäuremethylester (abgekürzt **FAME** von englisch ***f**atty **a**cid **m**ethyl **e**ster*) sind Verbindungen aus einer Fettsäure und dem Alkohol Methanol. Ein Gemisch aus FAMEs, das aus pflanzlichen oder tierischen Fetten (z. B. Rapsöl) gewonnen und als Kraftstoff für Dieselmotoren genutzt wird, wird als Biodiesel bezeichnet.

Eigenschaften



Probe mit Rapsmethylester

FAME aus pflanzlichen Fetten sind bei Raumtemperatur flüssig und kommen mit einem Teil ihrer Eigenschaften denen von Dieselkraftstoff sehr nahe (deshalb auch die Bezeichnung „Biodiesel“), sind jedoch zugleich Lösungsmittel mit anderen Wirkungen als Dieselkraftstoff, was zu technischen Problemen an Dichtungsmaterialien in Motorensystemen führen kann. Fettsäuremethylester können als alternativer Kraftstoff verwendet werden, wenn die Dichtungsmaterialien gegen FAME beständig sind.

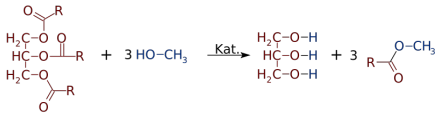
Die Lagerung von FAME sollte mit so wenig Sauerstoff wie möglich stattfinden, da FAME wegen der teilweise enthaltenen Doppelbindungen in den Kohlenstoffketten der ungesättigten Fettsäuren mit Sauerstoff aus der Luft reagiert und durch Brückenbildungen zwischen den einzelnen Molekülen verharzt. Wenn FAME als Kraftstoff verwendet werden, ist es nötig, einen hohen Qualitätsstandard zu erhalten. Die Iodzahl ist ein Maß für die Neigung zur Harzbildung, da sie über die Menge der vorhandenen Doppelbindungen Auskunft gibt.

Herstellung



Probe mit Sojamethylester

Fettsäuremethylester (FAME) werden durch Umesterung von Fetten oder Ölen (Triglyceride) mit Methanol hergestellt. Diese Reaktion wird sauer oder basisch katalysiert. Dabei wird der dreiwertige Alkohol Glycerin gegen Methanol ausgetauscht. Es entstehen Glycerin und FAME als Reaktionsprodukte, wobei, bei Einsatz von natürlichen Fetten, stets ein Gemisch aus verschiedenen Fettsäuremethylestern (mit gerader Anzahl von Kohlenstoffatomen) erhalten wird, da natürliche Triglyceride grundsätzlich mehrere verschiedene Fettsäurereste enthalten. In der Technik wird das Gleichgewicht der Umesterungsreaktion, durch das Entfernen des Glycerins oder durch einen Überschuss des Alkohols (Methanol), auf die Seite der Produkte, also auf die Seite der Fettsäuremethylester, verschoben.



Umesterung von Fett und Methanol zu Glycerin und FAME

FAME können auch durch Veresterung von künstlich hergestellten Fettsäuren hergestellt werden. Dieser Weg spielt jedoch in der Industrie keine bedeutende Rolle. Da eine der größten Produzenten von FAME die Biodieselproduktion ist, wird der Anteil der FAME aus rein synthetischen Fettsäuren immer geringer. Eine Variante mit ebenfalls geringer technischer Bedeutung ist die spezifische enzymatische Umesterung durch spezielle 1,3-Lipasen. Diese Spezifität ist auf chemischem Wege nicht möglich und findet Einsatz zur Herstellung von Kakaobuttersatz, Margarine-, Butter- und Backfetten.

Verwendung

Hautartikel: Biodiesel

Dichte (15 °C)	860-900 kg/m^3
Viskosität (40 °C)	3,5-5,0 mm^2/s
Flammpunkt	min. 120 °C
Schwefelgehalt	max. 10 mg/kg
Säurezahl	max. 0,5 mg_{KOH}/g
Iodzahl	max. 120 g_{Iod}/100g
Oxidationsstabilität	min. 6 h
Ascheanteil	max. 0,02 Gew.-%
Cetanzahl	min. 51

|+ Mindestanforderungen an FAME als Kraftstoff nach DIN EN 14214[1]



Bus mit Sojadieselwerbung

Fettsäuremethylester werden heute vor allem zur Produktion von Biodiesel genutzt und ist als Reinkraftstoff sowie in beliebigen Mischungen mit konventionellem Dieselkraftstoff nutzbar. Der Fettsäuremethylester muss als Zumischkomponente für Diesel bestimmte genau definierte Qualitätsparameter erfüllen, die in der Norm DIN EN 14214 definiert sind.[2]

FAME weisen eine deutlich geringere Viskosität auf als unbehandeltes Pflanzenöl; daher kann es als Ersatz für den mineralischen Dieselkraftstoff verwendet werden, ohne dass der Dieselmotor angepasst werden muss. Allerdings müssen die mit Kraftstoff in Kontakt kommenden Kraftstoffsystemkomponenten wie Schläuche, Dichtungen gegenüber dem Methylester beständig sein und auf Polytetrafluorethylen (Teflon) oder Flourkautschuk (z.B. Viton) bestehen. Die Lösemitteleigenschaften der FAME können zur Lösung von Dieselrückständen im Kraftstoffsystem führen und dadurch den Kraftstofffilter verstopfen, außerdem kann Biodiesel Lackflächen angreifen. Weitere Probleme können durch Anreicherung von Biodiesel im Motoröl entstehen, wodurch kürzere Ölwechselintervalle notwendig werden.

Aus FAME können auch Fettalkohole und Fettamine, die beispielsweise zur Herstellung von Tensiden und Emulgatoren dienen, hergestellt werden. Bei der Herstellung von Motor- und Getriebegehäusen im Automobilbau werden Gussformen verwendet, die aus Formsand und Harzen gebildet werden. Für dieses sog. Cold-Box-System wird SME, aber auch RME (Rapsmethylester), in größerem Maßstab als Bindemittel der Harzkomponente verwendet. Dadurch lässen sich Emissionen problematischer Lösemittel der BTX-Fraktion (Benzol, Toluol und Xylol) verringern; weiterhin soll der Methylester-Einsatz auch zu technischen Vorteile gegenüber den klassischen Cold-Box-Systemen führen.

Die häufigsten Fettsäuremethylester für die Biodieselproduktion sind Sojaölmethylester (SME; vor allem in Nord- und Südamerika, importiert auch in Europa), Rapsmethylester (RME; vor allem in Mitteleuropa), Palmölmethylester (PME)und das aus tierischen Fetten gewonnene Fettmethylester (FME). FAME aus dem Öl der Purgiernuss (*Jatropha curcas*) sowie weiterer Öle befinden sich derzeit in der Entwicklung, werden jedoch bislang nicht in großem Maßstab eingesetzt.

Literatur

- Norbert Schmitz, Jan Henke, Gernot Klepper : *Biokraftstoffe - Eine vergleichende Analyse* [3]. 2. Auflage, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2009
- Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, 2. Auflage 2009, S. 757-758; ISBN 978-3-540-85094-6.

Referenzen

[1] Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, 2. Auflage 2009, S. 757; ISBN 978-3-540-85094-6.

[2] Deutsches Institut für Normung: *DIN EN 14214: Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge - Fettsäure-Methylester (FAME) für Dieselmotoren - Anforderungen und Prüfverfahren.* Deutsche Fassung Beuth, Berlin 2003.

[3] http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?id=1202&idtitel=236

Fichten

Fichten

Gemeine Fichte (*Picea abies*)
Systematik
Abteilung: Pinophyta *Klasse:* Pinopsida *Ordnung:* Kiefernartige (Pinales) *Familie:* Kieferngewächse (Pinaceae) *Unterfamilie:* Piceoideae *Gattung:* Fichten
Wissenschaftlicher Name der Unterfamilie
Piceoideae
Frankis
Wissenschaftlicher Name der Gattung
Picea
A.Dietr.

Die **Fichten** (*Picea*) sind eine Pflanzengattung in der Familie der Kieferngewächse (Pinaceae). Die einzige in Mitteleuropa heimische Art ist die Gemeine Fichte (*Picea abies*), die wegen ihrer schuppigen, rotbraunen Rinde fälschlich auch als „Rottanne“ bezeichnet wird. Die Fichten bilden alleine die Unterfamilie **Piceoideae**[1] .



Gemeine Fichte (*Picea abies*), Illustration aus Koehler 1887.

Merkmale

Habitus

Fichten sind immergrüne und einstämmige Bäume. Sie erreichen in der Regel Wuchshöhen von 20 bis 60 Meter, in Ausnahmefällen über 80 Meter, wie etwa *Picea sitchensis*. Die Baumkrone ist kegelförmig bis walzlich. Der Stammdurchmesser beträgt bis zu 1 Meter, maximal bis 2,5 Meter; bei einzelnen Arten treten Extremwerte von bis zu 4 Metern auf. Ein strauchförmiger Wuchs kommt nur unter besonderen Standortsbedingungen oder bei Mutanten vor.

Für alle Fichten charakteristisch ist eine monopodiale, akroton (an den oberen bzw. äußeren Knospen) geförderte Verzweigung. Dies führt zu einem etagenartigen Kronenaufbau und einer spitzwipfeligen Krone. Die Seitensprosse erster Ordnung stehen in Astquirlen in scheinquirliger Anordnung und bilden so einzelne „Stockwerke“.

Mit zunehmendem Alter tritt vermehrt proventive Triebbildung auf: An älteren Zweigen treiben schlafende Knospen aus. Bei älteren Bäumen können diese einen wesentlichen Teil der Zweige und Nadelmasse der Krone aufbauen.

Kronenform und Sprosssystem variieren je nach Umweltbedingungen und sind zum Teil auch genetisch bedingt.

Beim Verzweigungstyp unterscheidet man mehrere Formen:

- Bei der Plattenfichte sind auch die Seitensprosse höherer Ordnung horizontal angeordnet, so dass die Etagen einzelne „Platten“ bilden (besonders bei *Picea pungens*, *Picea torano*).
- Bei Kammfichten hängen die Seitensprosse ab der zweiten Ordnung wie ein Vorhang lang herab (z. B. besonders bei *Picea breweriana*, *Picea smithiana*).
- Bürstenfichten sind eine Zwischenform, bei der die Seitenzweige nach allen Seiten abstehen.

Jungfichten weisen meist eine plattige Verzweigung auf. Die Kammform stellt sich meist erst ab 30 Jahren ein.

Schmalkronigkeit, wie sie bei den sogenannten „Spitzfichten“ auftritt, kann wie bei *Picea omorika* artspezifisch, also genetisch fixiert sein. Sie kann aber auch bei spezifischen Ökotypen oder Mutanten („Spindelfichten“) auftreten. Meistens ist sie jedoch eine Standortmodifikation („Walzenfichten“) unter hochmontan-subalpinen oder boreal-subarktischen Klimabedingungen. Diese Modifikation tritt auch bei der in Mitteleuropa heimischen Gemeinen Fichte (*Picea abies*) auf.

Sämlinge besitzen meist vier bis neun (bis zu 15) Keimblätter (Kotyledonen) [2] .

Fichten sind Flachwurzler.

Zweige und Knospen

Junge Zweige besitzen feine Furchen. Diese befinden sich zwischen erhabenen Rücken, die durch die Abfolge der „Blattpolster“ (Pulvini) gebildet werden. Diese Blattpolster werden entweder als Achsenprotuberanzen oder als Blattgrund gedeutet. Sie enden nach oben in einem stielähnlichen Fortsatz. Dieser Fortsatz („Nadelstielchen“) ist rindenfarbig und steht vom Zweig ab, wodurch dieser raspelartig aussieht. Dem Nadelstielchen sitzt die eigentliche Nadel auf. Diese beiden Merkmale – Furchen und abstehende Nadelstielchen – sind für die Gattung *Picea* spezifisch.

Knospen sind vielfach ei- bis kegelförmig. Sie sind je nach Art mehr oder weniger stark verharzt. Die Knospenmerkmale sind für die jeweilige Art charakteristisch. Blütenknospen und die in den basalen Teilen auftretenden Proventivknospen weichen jedoch oft von diesen artcharakteristischen Merkmalen ab.

Nadeln

Fichten besitzen die für Koniferen typischen immergrünen, nadelförmigen Blätter, die in der Regel einen recht xeromorphen Bau aufweisen. Die Nadeln sind vom rindenfarbenen „Nadelstielchen“ durch eine Trennschicht abgegrenzt. Hier löst sich die Nadel nach dem Absterben ab. Im Normalfall bleiben die Nadeln sechs bis 13 Jahre auf den Zweigen, bei Stress fallen sie eher ab.



Fichtennadeln sitzen auf kleinen Stielen.

Die Morphologie und Anatomie der Nadeln sind wesentliche Merkmale für die Unterscheidung der einzelnen Fichtenarten: Nadelquerschnitt, Mesophyllstruktur, Anordnung der Spaltöffnungen (Stomata) und der Harzkanäle.

Die Nadeln der einzelnen Arten entsprechen in der Regel einem von folgenden zwei Typen:

- äquifazial/amphistomatisch: die Nadeln sind im Querschnitt ± viereckig, etwa so hoch wie breit oder sogar höher. Die Stomata sind allseitig verteilt, die Nadeln allseitig gleich gefärbt.
- invers-dorsiventral/epistomatisch: die Nadeln sind dorsiventral abgeflacht, breiter als hoch. Auf der Blattunterseite fehlen die Stomatalinien und sind nur auf der Oberseite als weiße Streifen sichtbar. Die Nadeln sind daher zweifarbig.

Bei den Seitenzweigen der Fichten sind die Oberseiten der Nadeln jedoch nach unten gerichtet, sodass die weißen Streifen scheinbar auf den Nadelunterseiten stehen.

Die Nadeln sind meist ein bis zwei Zentimeter lang und spitz oder zugespitzt, bei manchen Arten sogar scharf und stechend (z. B. *Picea pungens*).

Die Nadeln sind an den Zweigen spiralig angeordnet. Dennoch gibt es artspezifische Unterschiede, wie die Nadeln an den horizontal wachsenden (plagiotropen) Seitenzweigen angeordnet sind: Sie können ringsum vom Zweig abstehen wie etwa bei *Picea aperata* und *Picea pungens*, oder an der Zweigunterseite streng (*Picea glehnii*) oder schwach (*Picea schrenkiana*) gescheitelt sein.

Blüten, Zapfen und Samen

Fichten sind einhäusig (monözisch), d. h. es gibt weibliche und männliche Blütenorgane getrennt voneinander an einem Baum. Nur ausnahmsweise kommen auch zweigeschlechtige Blüten bzw. Blütenstände vor. Die Blütenstände werden an vorjährigen Seitensprossen gebildet. Blühreife tritt im Alter von 10 bis 40 Jahren ein. Die Blüte findet im Zeitraum April bis Juni statt.

Die männlichen Blüten stehen einzeln, sind länglich-eiförmig und ein bis zwei Zentimeter lang. Anfangs sind sie purpurn bis rosa, zur Reife gelb. Der Pollen hat zwei Luftsäcke, die Bestäubung erfolgt durch den Wind (Anemophilie).

Die weiblichen Blütenzapfen entstehen meist aus endständigen Knospen. Sie sind zunächst aufrecht, krümmen sich jedoch nach der Befruchtung nach unten. Unreife Zapfen sind grün, rot bis dunkelblau und schwarzviolett gefärbt. Bei manchen Arten gibt es sogar einen Farbdimorphismus, der mit einem Selektionsvorteil rot/purpurn gefärbter Zapfen in alpinen/borealen Gebieten erklärt wird. Die Zapfen reifen zwischen August und Dezember und sind dann meist braun, eiförmig bis zylindrisch. Der Samen fällt zwischen August und Winter, teilweise erst im nächsten Frühjahr aus, wird also durch den Wind verbreitet. Danach werden die Zapfen als Ganzes abgeworfen. Die Zapfen sind zwei bis 20 Zentimeter lang. Die Deckschuppen sind immer kürzer als die Samenschuppen und deshalb am Zapfen nicht sichtbar.



Zapfen und Samen der Gemeinen Fichte

Die Samen sind mit 3 bis 6 mm Länge relativ klein. Fertile Samen sind dunkelbraun bis schwarz, unfruchtbare Samen sind heller. Ihre Flügel sind hell, gelb- oder rosa-braun und etwa 6 bis 15 mm lang.[1]

Verbreitung

Die Fichten haben als Gattung eine holarktische Verbreitung. Nur in Mexiko und auf Taiwan reicht ihr Verbreitungsgebiet bis zum nördlichen Wendekreis. Verschiedene Fichtenarten sind bestandsbildend in der borealen Nadelwaldzone und in der Nadelwaldstufe vieler Gebirge in den klimatisch temperaten, submeridionalen und meridionalen Teilen Eurasiens und Nordamerikas.

Viele der asiatischen Arten sind in den Gebirgen der submeridionalen und meridionalen Zonen vertreten. Hier finden sich etliche Endemiten mit eng umrissenen Arealen.



Abgestorbene Fichten und nachwachsender Bestand im Nationalpark Harz.

In China und Zentralasien kommen mehrere Arten in den kontinentalen Gebirgen (Osttibet, Turkestan) vor. Sie bilden ein pflanzengeographisches Bindeglied zur Sibirischen Fichte (*Picea obovata*), deren Areal von Ostsibirien und der Mongolei bis westlich des Urals reicht. Westlich davon schließt die in Europa heimische Gemeine Fichte an.

Die Parallelarten zur *Picea obovata* in Nordamerika sind *Picea glauca* und *Picea mariana*, die ebenfalls einen breiten Waldgürtel in der borealen Zone bilden.

In den Rocky Mountains sind einige kontinental verbreitete Arten heimisch, etwa *Picea engelmannii* und *Picea chihuahua*, die bis Mexiko reicht. Ozeanisch verbreitete Arten gibt es in Nordamerika nur zwei (*Picea breweriana* und *Picea rubens*).

Fichten sind generell anspruchslos bei der Nährstoffversorgung. Die ozeanisch verbreiteten Arten brauchen aber feuchte und zugleich gut durchlüftete Böden. Staunässe wird von Fichten nicht vertragen.

2008 wurde unter einer Fichte in der Provinz Dalarna in Schweden Wurzelholz gefunden, das auf ein Alter von 9.550 Jahre datiert wurde und genetisch identisch mit dem darüber wachsenden Baum sein soll.[3] [4]

Nutzung

→ *Hauptartikel: Fichtenholz*



Holz der Fichte

Fichten zählen auf der Nordhalbkugel zu den wichtigsten forstwirtschaftlich genutzten Baumarten. Nur in Resten werden noch Naturwälder genutzt, meist sind es bewirtschaftete oder künstlich geschaffene Reinbestände. In Mitteleuropa ist die Gemeine Fichte *der* Brotbaum der Forstwirtschaft[5] . Ausschlaggebend sind hier wie auch bei den anderen Arten der gerade Wuchs, das rasche Wachstum, die geringen Ansprüche an den Standort und die gute Verwendbarkeit des Holzes.

Zum Anwendungsspektrum gehört vor allem die Verwendung zur Papier- und Zellstoffherstellung, als Bau- und Möbelholz für den Innenbereich sowie die Nutzung als Brennholz. Als Schnittholz wird Fichtenholz in der Regel gemeinsam mit Tannenholz als Mischsortiment Fichte/Tanne gehandelt und verwendet. Dabei wird Fichtenholz in Form von Rundholz, Schnittholz wie Brettern und Brettschichthölzern und als Furnierholz verarbeitet. Zugleich ist es das wichtigste Holz für die Herstellung von Holzwerkstoffen wie Sperrholz, Leimholz, Span- und Faserplatten. Als Spezialanwendung findet hochwertiges *Haselfichtenholz* aus dem Hochgebirge Verwendung als Klangholz speziell für den Resonanzboden bei Streichinstrumenten.

Einige wichtige Schutzfunktion haben die Fichtenwälder in vielen Hochgebirgen und Steillagen, da sie als Schutzwälder die besiedelten Täler vor Lawinen und Steinschlägen schützen. Einige Arten werden auch als Ziergehölze in Parks und Gärten gepflanzt bzw. als Weihnachtsbäume verwendet.

Namen

Das Wort *picea* wurde von den Römern im Sinne von „harzhaltiges Holz: Fichte“ verwendet (Vergil, Aeneis 6,180), aber auch, wenn die Gemeine Kiefer gemeint war (Plinius der Ältere, Historia naturalis 16,40ff.). Es ist eine Substantivierung des Adjektivs *piceus* = „pech-, harzhaltig“, das zu *pix*, Genitiv *picis*, gehört, „Pech, Harz“. Dieses wird auf die indogermanische Wurzel **pik-* „Pech, Harz“ zurückgeführt. Dieser Wurzel nahe steht die Wurzel **pit-* „Fichte“.

Beide Wurzeln werden meist mit den indogermanischen Wörtern für „Fett, Saft, Trank“ in Verbindung gebracht. Es ist jedoch auch eine Verbindung mit **(s)pik-, *(s)pit-* „spitz, stechend“ denkbar.[6]

Evolution und Systematik



Blau-Fichte



Schwarz-Fichte

Sowohl fossile als auch molekularbiologische Daten weisen darauf hin, dass die Gattung *Picea* in Nordamerika entstand. Die ältesten Fossilien (Pollen) stammen aus dem Paläozän Montanas (USA). Aus dem Eozän sind viele Zapfenfossilien bekannt, allerdings ebenfalls nur aus Nordamerika. Die frühesten Fossilien Asiens stammen aus dem Oligozän, Europas aus dem Pliozän. Über die Bering-Route dürfte die Gattung in ein oder zwei Wellen nach Asien und von da weiter nach Europa gelangt sein. Der Ursprung der Gattung dürfte in der späten Kreide oder im frühen Tertiär liegen.[7]

Die Monophylie der Gattung wurde nie in Zweifel gezogen. Die nächsten Verwandten innerhalb der Familie sind die Gattungen *Cathaya* und *Pinus*.

Die Systematik innerhalb der Gattung wird klassischerweise primär auf der Basis von Zapfenmerkmalen, sekundär von Nadelmerkmalen aufgestellt. Eine weitgehend anerkannte Systematik stammt von Schmidt (1989)[8] , die der hier angeführten Systematik in der Fassung von Schmidt (2004)[9] zugrunde liegt. Auch Farjon (1990)[10] folgt dieser Gliederung, wenngleich er die Taxa unterhalb der Gattung eine Stufe niedriger ansetzt. Nach dieser Systematik gibt es 35 Arten. Andere Autoren geben 28 bis 56 Arten an.

- Untergattung *Picea* (Morinda-Zapfen)
  - Sektion *Omorikae*
    - Serbische Fichte (*Picea omorika*)
    - Sargent-Fichte (*Picea brachytyla*)
    - *Picea complanata*
    - *Picea farreri*
    - Sikkim-Fichte (*Picea spinulosa*)
    - Siskiyou-Fichte (*Picea breweriana*)
  - Sektion *Picea*
    - Untersektion Marianae
      - Serie Orientales
        - Kaukasus-Fichte (*Picea orientalis*)
      - Serie *Rubentes*
        - Sachalin-Fichte (*Picea glehnii*)
        - Amerikanische Rot-Fichte (*Picea rubens*)
        - Schwarz-Fichte (*Picea mariana*)
    - Untersektion *Picea*
      - Serie *Politae*
        - Alcocks-Fichte (*Picea bicolor* syn.: *Picea alcoquiana*)
        - Maximowiczs Fichte (*Picea maximowiczii*)
        - Tigerschwanz-Fichte (*Picea torano*)
      - Serie *Smithianai*
        - Taiwan-Fichte (*Picea morrisonicola*)

        - Himalaja-Fichte (*Picea smithiana*)
        - Wilsons Fichte (*Picea wilsonii*)
        - Schrenks Fichte (*Picea schrenkiana*)
      - Serie *Asperatae*
        - *Picea asperata* agg.
          - Borsten-Fichte (*Picea asperata*)
          - *Picea aurantiaca*
          - *Picea crassifolia*
          - *Picea meyeri*
          - *Picea neoveitchii*
          - *Picea retroflexa*
        - Chihuahua-Fichte (*Picea chihuahuana*)
      - Serie *Picea*
        - Koyama-Fichte (*Picea koyamai*)
        - *Picea koraiensis*
        - Sibirische Fichte (*Picea obovata*)
        - Gemeine Fichte (*Picea abies*)
      - Serie *Glaucae*
        - Weiß-Fichte (*Picea glauca*)
- Untergattung Casicta (Casicta-Zapfentyp)
  - Sektion *Sitchenses*
    - Serie *Ajanenses*
      - Ajan-Fichte (*Picea jezoensis*)
      - Sitka-Fichte (*Picea sitchensis*)
    - Serie *Likiangenses*
      - *Picea likiangensis* agg.
        - Likiang-Fichte (*Picea likiangensis*)
        - Purpur-Fichte (*Picea purpurea*)
  - Sektion *Pungentes*
    - Engelmann-Fichte (*Picea engelmannii*)
    - Stech-Fichte (*Picea pungens*)

Neuere Arbeiten auf molekularbiologischer Basis stellen diese auf morphologischer Grundlage entwickelte Systematik berechtigt in Zweifel. Allerdings gibt es noch keine neuen Vorschläge für eine phylogenetische Systematik.[11]

Literatur

- Jin-Hua Ran, Xiao-Xin Wei, Xiao-Quan Wang: *Molecular phylogeny and biogeography of* Picea *(Pinaceae): Implications for phylogeographical studies using cytoplasmic haplotypes*. Molecular Phylogenetics and Evolution 41, 2006, S. 405–419. doi:10.1016/j.ympev.2006.05.039 [12]
- P.A. Schmidt: Picea. In: Schütt, Weisgerber, Schuck, Lang, Stimm, Roloff: *Lexikon der Nadelbäume*. Nikol, Hamburg 2004, S. 265–278. ISBN 3-933203-80-5

Weblinks

- Informationen zur Gattung *Picea* [13] auf conifers.org (engl.)

Referenzen

[1] Michael P. Frankis: *Generic Inter-Relationships in Pinaceae*, in Notes Royal Botanical Garden Edinburgh, 1988, 45(3): 527-548. Online (http://www.pinetum.org/noteRBGE.htm)

[2] Yun Shan Shu: *Picea* in *Flora of China*, Volume 4. (http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=125375) (engl.)

[3] Pressemeldung Universität Umea (http://www.info.umu.se/NYHETER/PressmeddelandeEng.aspx?id=3061), abgerufen 17. April 2008.

[4] scienceticker vom 16. April 2008 (http://www.scienceticker.info/2008/04/16/aeltester-lebender-baum-ist-9550-jahre-alt/)

[5] vgl. z. B. www.forstgarten.at (http://www.forstgarten.at/rat03.htm)

[6] Helmut Genaust: *Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen*. 3. Auflage, Birkhäuser, Basel 1996, S. 483. (Nachdruck ISBN 3-937872-16-7)

[7] Ran et al. 2006, S. 414f.

[8] P.A. Schmidt: *Beitrag zur Systematik und Evolution der Gattung Picea A. Dietr.* Flora 182, 1989, S. 435–461.

[9] Schmidt, 2004, S. 276

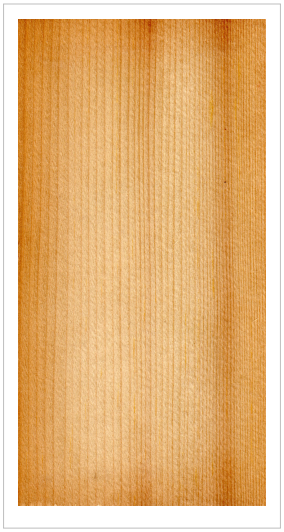
[10] A. Farjon: *Pinaceae*. Koeltz Scientific Books, Königstein 1990.

[11] Ran et al. 2006

[12] http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.ympev.2006.05.039

[13] http://www.conifers.org/pi/pic/index.htm

Fichtenholz

Fichtenholz	
	
Baumarten	Gemeine Fichte, Sitkafichte und andere
Herkunft	Eurasien, Nordamerika
Farbe	weiß bis gelblich-weiß; gelblich-braun (Nachdunklung)
Materialeigenschaften	
Rohdichte Mittelwert	430 kg/m^3
Rohdichte Grenzwerte	300-640 kg/m^3
Axiales Schwindmaß	0,3 %
Radiales Schwindmaß	3,6 %

Tangentiales Schwindmaß	7,8 %
Biegefestigkeit	68 N/mm^2[1]
Druckfestigkeit	40 N/mm^2[1]
Zugfestigkeit	80 N/mm^2[1]
Brennstoffeigenschaften	
Brennwert	4,5 KWh/Kg

Als **Fichtenholz** wird das Holz der Fichten (Gattung *Picea*) bezeichnet, das wie bsp. auch Tannen-, Kiefern- oder Lärchenholz zu den Nadelhölzern gehört. In Europa und großen Teilen Nordasiens wird unter dieser Bezeichnung fast ausschließlich das Holz der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) bezeichnet, in Nordamerika spielt vor allem das Holz der Sitkafichte (*P. sitchensis*) eine wichtige Rolle. International gibt es eine Reihe weiterer Arten, deren Holz für unterschiedliche Nutzungen verwendet wird.

Aufgrund der Bedeutung des Fichtenholzes wird die Gemeine Fichte häufig als *Brotbaum* der mitteleuropäischen Forstwirtschaft bezeichnet.[2] In Deutschland, speziell in Westdeutschland, hat die Fichte einen Anteil von über 30 % an der Gesamtwaldfläche mit über 3 Mio. ha Fläche. Dabei liegen die Hauptvorkommen vor allem in den Höhenlagen der Alpen und der Mittelgebirge. Zum Anwendungsspektrum gehört vor allem die Verwendung zur Papier- und Zellstoffherstellung, als Bau- und Möbelholz für den Innenbereich sowie die Nutzung als Brennholz.

Bezeichnungen

Eine andere Bezeichnung für das Holz der Europäischen Fichte ist *Rottanne* aufgrund der im Vergleich zum Tannenholz rötlicheren Färbung. Fichtenholz aus Skandinavien, Russland und Polen wird zudem als *Nordische Fichte* bezeichnet. Neben diesen Bezeichnungen existieren Namen, die sich von der Wuchsform der Fichte ableiten und auf entsprechende Eigenschaften des Holzes schließen lassen. Die Namen *Kammfichte*, *Plattenfichte* und *Bürstenfichte* beziehen sich dabei auf die Verzweigung der Seitenäste. Im Hochgebirge tritt die *Haselfichte* als besondere Wuchsform auf, ihr Holz ist für Klangkörper im Instrumentenbau beliebt.

Eigenschaften

Fichten wachsen im Bestand auffallend gerade mit einem vollholzigen und zylindrischen Stamm mit wenigen Ästen in den unteren Bereichen. Die astfreien Stammlängen erreichen hier bis zu 25 Metern bei einer Gesamthöhe des Baumes von bis zu 60 Metern, der Durchmesser beträgt 0,4 bis 1,2 Meter, maximal kann er bis etwa 2 Meter erreichen. Im Freistand werden die Bäume voluminöser mit deutlich größerer Ästigkeit. Das Holz ist hell weißlich bis gelb-weißlich mit seidigem Glanz, wobei sich Kern- und Splintholz farblich nicht voneinander unterscheiden. Unter dem Einfluss von Licht dunkelt es nach und nimmt einen gelblichbraunen Ton an. Die Jahrringe setzen sich deutlich voneinander ab, wobei sich die Färbung vom hellen Frühholz zum dunklen Spätholz kontinuierlich ändert, die Jahrringgrenzen sind deutlich ausgeprägt. Fichtenholz besitzt wie andere Nadelhölzer mit Ausnahme der Tannen auffällige Harzkanäle und Harzgallen, wodurch sich das Holz makroskopisch von diesem durch eine helle Punktierung unterscheiden lässt. Einen weiteren Unterschied stellen die Aststellungen dar: Während die Äste der Tanne in der Regel waagerecht aus dem Holz ragen und entsprechend runde Astmarken hinterlassen, sind die der Fichte schräg und die Marken entsprechend oval.

Fichtenholz ist sehr weich mit einer mittleren Rohdichte von 470 kg/m^3 bei 12-15 % Feuchtegehalt. Mit zunehmender Jahrringbreite (und damit zusammenhängend einem größeren Spätholzanteil) nimmt die Dichte ab, die mechanischen Eigenschaften werden dadurch ebenfalls schlechter - bei Bauschnittholz sind entsprechend nur Fichtenhölzer mit Jahrringbreiten von 4 bis 6 Millimeter zugelassen (DIN 4074-1)[3] . Die mechanischen Eigenschaften des Holzes sind für die geringe Dichte sehr gut, wodurch es als Bau- und Konstruktionsholz nutzbar ist. Unbehandelt ist Fichtenholz allerdings nur wenig witterungsbeständig und bei Bodenkontakt wird es schnell abgebaut, für die Verwendung im Außenbereich muss das Holz entsprechend mit chemischen Holzschutzmitteln behandelt werden. Zugleich hat das Holz nur eine vergleichsweise niedrige Tränkfähigkeit, die Holzfeuchten von mehr als 20 % und damit verbundenen Pilzbefall bei behandeltem Holz verhindert. Die Bearbeitung des Holzes durch Sägen, Hobeln, Fräsen und andere Techniken ist problemlos möglich, auch die Verbindung durch Schrauben und Nägel sowie durch Leim ist problemlos, nur Stämme mit größerer Ästigkeit, Harztaschen und Reaktionsholz können sich nachteilig auswirken. Auch Anstriche, Lasuren und Beizen sind ohne Aufwand anwendbar.



Kiefern- und Fichtenholz im Vergleich: Die beiden linken Bretter sind aus Kiefernholz während das rechte aus Fichtenholz besteht.

Verwendung

Stoffliche Nutzung

Als Schnittholz wird Fichtenholz in der Regel gemeinsam mit Tannenholz als Mischsortiment Fichte/Tanne gehandelt und verwendet; beide Hölzer sind in ihren Eigenschaften sehr ähnlich. Dabei wird Fichtenholz in Form von Rundholz, Schnittholz wie Brettern und Brettschichthölzern und als Furnierholz verarbeitet. Zugleich ist es das wichtigste Holz für die Herstellung von Holzwerkstoffen wie Sperrholz, Leimholz, Span- und Faserplatten.



Fichten-Leimholz



Fichten-Schichtholz

Als Bau- und Konstruktionsholz wird Fichtenholz nahezu überall eingesetzt, sowohl im Innenausbau wie auch bei Außenanwendungen. Es findet entsprechend Verwendung im Hausbau für Dachkonstruktionen, für Holzverkleidungen, Geländer, Treppen, Skelettkonstruktionen für Wände und Decken, Fußböden, Fenster, Türen und Tore. Im Möbelbau wird Fichtenholz sowohl massiv wie auch in Form von Holzwerkstoffen als Blindholz und Hauptholz für einfache Möbel eingesetzt. Hinzu kommen eine Reihe weiterer Anwendungen wie Leitern, Betonschalbretter, Holzpflaster, Zäune, Pfähle, Spielgeräte und viele mehr. Im Verpackungsbereich dient Fichtenholz für den Bau von Kisten, Paletten und auch von Holzwolle. Als Spezialanwendung findet hochwertiges *Haselfichtenholz* aus dem Hochgebirge Verwendung als Klangholz speziell für den Resonanzboden bei Streichinstrumenten.

Eine zentrale Verwendung für das Holz der Fichte und anderer Nadelbäume ist die Papier- und Zellstoffherstellung. Aufgrund der längeren Fasern gegenüber Laubhölzern verfilzen ihre Fasern leichter und es ergibt sich eine höhere Festigkeit des Papiers.

Energetische Nutzung

Auch im Bereich der energetischen Nutzung spielt Fichtenholz mit einem Brennwert von 4,5 KWh/Kg bzw 1.500 KWh/rm eine zentrale Rolle, sowohl in Form von Scheitholz für den Hausbrand wie auch in Form von Hackschnitzeln, Holzpellets und -briketts für entsprechende Heizsysteme. Als Wald- und Industrierestholz wird es zudem auch in Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken als Energierohstoff genutzt.

Literatur

- D. Grosser, W. Teetz: *Fichte.* In: *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond - Absatzförderungfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn 1998, ISSN 0446-2114 [4].

Referenzen

[1] nach *DIN 68364 - Kennwerte von Holzarten - Rohdichte, Elastizitätsmodul und Festigkeiten.* Mai 2005.

[2] Siege bsp. Aufforstungsratgeber der Steirischen Landesforstgärten: Baumartenwahl (http://www.forstgarten.at/rat03.htm).

[3] nach *DIN 4074-1 - Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz.* Dezember 2008.

[4] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0446-2114

Fischer-Tropsch-Synthese

Die **Fischer-Tropsch-Synthese** (auch *Fischer-Tropsch-Verfahren*) ist ein von Franz Fischer und Hans Tropsch in Mülheim an der Ruhr vor 1925 entwickeltes großtechnisches Verfahren zur Umwandlung von Kohlenstoffmonoxid-Wasserstoff-Gemischen in flüssige Kohlenwasserstoffe. Diese werden zum Beispiel als synthetische Kraftstoffe (XtL-Kraftstoffe) sowie als synthetische Motoröle genutzt.

Geschichte

Die Fischer-Tropsch-Synthese wurde 1925 am damaligen Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohleforschung in Mülheim an der Ruhr zur Kohleverflüssigung entwickelt. Die Synthese war besonders während des zweiten Weltkriegs für Deutschland von Bedeutung, da der Bedarf an flüssigen Kraftstoffen aus einheimischer Kohle gedeckt werden konnte. Es war eine Alternative zu der ebenfalls angewandten Kohleverflüssigung nach dem Bergius-Pier-Verfahren.

Im Zuge der Bestrebungen des Deutschen Reichs vor dem Zweiten Weltkrieg wurden eine Reihe von Anlagen zur Kraftstoffgewinnung aus der in großen Mengen verfügbaren Kohle aufgebaut. Diese basierten allerdings vor allem auf dem 1913 entwickelten Bergius-Pier-Prozess während für die Fischer-Tropsch-Synthese nur geringe Kapazitäten aufgebaut wurden. Insgesamt wurden bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs Kapazitäten für 4,275 Mio. t/a nach dem Bergius-Pier-Verfahren und 1,55 Mio. t/a nach der Fischer-Tropsch-Synthese aufgebaut. Im Vergleich zu erdölbasierten Kraftstoffen waren beide Prozesse nicht konkurrenzfähig, so dass sie nach dem Krieg nahezu vollständig aufgegeben wurden. Dennoch nahm man in den 1970er Jahren nach der Ölkrise die Forschung in diesem Bereich wieder auf und baute in Bottrop eine Pilotanlage. Diese wurde Ende der 1980er Jahre eingestellt, da der Erdölpreis zwischenzeitlich unter 20 Dollar pro Barrel gesunken war und sich das Verfahren nicht mehr rentierte.[1]

In der Republik Südafrika, die ebenfalls über ausreichend Kohleressourcen verfügte und Erdöl importieren musste, wurde aus politischen Gründen 1955 die erste moderne *Coal-to-Liquid* (CtL) -Anlage Südafrikas in Betrieb genommen. Gebaut wurde sie durch die eigens gegründete Suid Afrikaanse Steenkool en Olie (Sasol) unter

Beteiligung der deutschen Lurgi AG. Die Pilotanlage *Sasol 1* wurde für etwa 6.000 barrel Kraftstoff pro Tag ausgelegt. Ab 1980 wurden die Kapazitäten deutlich ausgeweitet, bedingt durch die politische Entwicklung Südafrikas.

So wurden 1980 und 1982 *Sasol II* und *Sasol III* in Betrieb genommen, damit stand eine Gesamtkapazität von 104.000 barrel/Tag zur Verfügung. Mit der politischen Öffnung wurde das Programm auf Erdgas als Rohstoffquelle ausgedehnt und 1995 und 1998 wurden weitere Kapazitäten für 124.000 barrel/Tag CtL- und GtL-Kraftstoff geschaffen. Da die Steinkohle im Tagebau relativ preisgünstig gewonnen werden kann, deckte das Land noch 2006 etwa 30% seines Kraftstoffbedarfs aus Kohlebenzin.[1]

Sasol wurde durch die südafrikanischen Entwicklungen Weltmarktführer in den XtL-Technologien und baute 2006 ein modernes *Gas to Liquids* (GtL)-Werk in Qatar mit einer Kapazität von 34.000 barrel/Tag. Gemeinsam mit Foster Wheeler plante Sasol zudem eine Anlage in China mit einer Jahreskapazität von 60.000 barrel/Jahr. Bei beiden Anlagen werden Fischer-Tropsch-Verfahren verfolgt: Ein Hochtemperaturverfahren mit Prozesstemperaturen von 350 °C (Synthol und Advanced Synthol), bei dem Ottokraftstoffe und Alkene als Plattformchemikalien produziert werden, und ein Niedrigtemperaturverfahren bei 250 °C zur Gewinnung von Dieselkraftstoff und Wachsen.

1993 nahm auch der Mineralölkonzern Royal Dutch Shell die erste GtL-Anlage in Betrieb. Die Anlage in Bintulu in Malaysia hat eine Kapazität von 12.000 barrel/Tag und wird in einem eigens entwickelten Fischer-Tropsch-Verfahren, der *Shell Middle Distillate Synthesis* (SMDS-Verfahren), betrieben. Gemeinsam wollen Shell und Sasol weitere GtL-Kapazitäten von etwa 60.000 barrel GtL/Tag aufbauen.

Im Zuge der Rohstoffwende rückten in den letzten Jahren vor allem Biokraftstoffe in den Fokus der Kraftstoffherstellung. Dabei rückte die Fischer-Tropsch-Synthese wieder in den Fokus der Forschung und Entwicklung. *Biomass to Liquid-Kraftstoffe werden als Biokraftstoffe der zweiten Generation besonders in Europa gefördert. Aktuell gibt es noch keine BtL-Produktion. Einzelne Pilotprojekte sind angelaufen und die Choren Industries haben ein Werk in Freiberg, Sachsen, für den von ihnen als* SunFuel *und* SunDiesel *bezeichneten BtL-Kraftstoff aufgebaut.*

Verfahren

Die indirekte Kohlehydrierung ist eine Aufbaureaktion von CO/H_2-Gemischen an Eisen-, Magnesiumoxid-, Thoriumdioxid- oder Cobalt-Katalysatoren zu Paraffinen, Alkenen und Alkoholen. Die benötigten Gasgemische werden durch Kohlevergasung, zum Beispiel im Lurgi-Druckvergaser hergestellt.

Die Reaktion findet bereits bei Atmosphärendruck und bei einer Temperatur von 160°C - 200°C statt, technisch werden je nach Verfahren höhere Drücke und Temperaturen verwendet. Die Synthese verläuft nach folgendem Reaktionsschema:

$$\mathrm{n\,CO} + (2\mathrm{n}+1)\,\mathrm{H_2} \rightleftharpoons \mathrm{C_nH_{2n+2}} + \mathrm{n\,H_2O} \quad \text{(Alkane)}$$

$$\mathrm{n\,CO} + (2\mathrm{n})\,\mathrm{H_2} \rightleftharpoons \mathrm{C_nH_{2n}} + \mathrm{n\,H_2O} \quad \text{(Alkene)}$$

$$\mathrm{n\,CO} + (2\mathrm{n})\,\mathrm{H_2} \rightleftharpoons \mathrm{C_nH_{2n+1}OH} + (\mathrm{n}-1)\,\mathrm{H_2O} \quad \text{(Alkohole)}$$

Das Verfahren wird in zwei Varianten durchgeführt. Die Hochlastsynthese, auch Arge-Synthese, wurde von den Firmen Ruhrchemie und Lurgi entwickelt. Dabei erfolgt die Umsetzung der Kohlevergasungsprodukte an Eisenkatalysatoren bei Temperaturen um 220 bis 240°C und Drücken bis 25 bar. Das Kohlenstoffmonoxid zu Wasserstoffverhältnis liegt bei 1,7 zu 1. Als Produkte werden Paraffin/Olefin-Gemische, so genanntes Gatsch, erhalten. Der Reaktor ist als Festbettreaktor ausgeführt. Der Katalysator ist in engen Rohren angeordnet, die Reaktionswärme wird durch Siedewasser unter Druck abgeführt. Das Katalysatorvolumen beträgt in modernen Reaktoren circa 200 m^3. Eine Fischer-Tropsch-Anlage mit mehreren Reaktoren benötigt pro Stunde etwa 1.500.000 Nm^3 Synthesegas und stellt dabei pro Jahr etwa 2.000.000 t Kohlenwasserstoffe her. Die Synthese wird dreistufig durchgeführt mit einem Gesamtumsatz von circa 94%.

Eine weitere Reaktionsvariante ist die Synthol-Synthese, die von den Firmen Sasol und Kellogg entwickelt wurde. Bei dem Verfahren handelt es sich um eine Flugstaubsynthese, bei dem der Katalysator als Pulver mit dem Reaktionsgas eindosiert wird. Das Verfahren arbeitet bei 25 bar und Temperaturen über 300°C. Dadurch bilden sich bevorzugt niedermolekulare Kohlenwasserstoffe. Das Kohlenstoffmonoxid zu Wasserstoffverhältnis beträgt circa 6 zu 1.

Eine typische Zusammensetzung enthält rund 15% Flüssiggase (Propan und Butane), 50% Benzin, 28% Kerosin (Dieselöl), 6% Weichparaffin (Paraffingatsch), 2% Hartparaffine. Das Verfahren ist für die großtechnische Produktion von Benzin und Ölen aus Kohle, Erdgas oder Biomasse von Bedeutung.

Verwendung in der Luftfahrt

Die US-Luftwaffe sieht sich angesichts gestiegener Treibstoffpreise bei gleichzeitig sehr hohem Bedarf gezwungen, ernsthafte Gedanken über mögliche Kosteneinsparungspotentiale zu machen. Viele Ölquellen sind in „politisch instabilen Regionen“, gleichzeitig aber verfügen die USA über sehr große, dicht an der Oberfläche liegende Kohleflöze, die relativ leicht im Tagebau ausgebeutet werden können.

Am 19. September 2006 startete auf der Edwards Air Force Base eine Boeing B-52H zu einem Testflug, bei dem zwei der acht Triebwerke mit einem 50:50-Gemisch aus gewöhnlichem JP-8-Treibstoff und synthetisch aus Kohle gewonnenen Treibstoff betrieben wurden. Die Fragestellung war, wie sich dieser Treibstoff in der Praxis bewährt und ob ein wirtschaftlicher Betrieb zuverlässig möglich sei.

Literatur

- Thorsten Gottschau: *Biomass-to-Liquid(BtL)-Kraftstoffe – Übersicht und Perspektiven,* darin *Exkurs XtL.* In: *Kraftwerk Feld und Wald. Bioenergie für Deutschland.* Tagungsband zum aid-Forum Landwirtschaft 2006 am 10. November 2006 in Bonn.

Weblinks

- ChemgaPedia [2] - ausführliche Darstellung der FT-Synthese (setzt Grundkenntnisse in Chemie und Verfahrenstechnik voraus)
- The Fischer-Tropsch Archive [3]
- Sasol Unternehmensgeschichte [4]
- Sasol Synthetisches Wachs [5]
- Choren [6]
- CUTEC [7]

Referenzen

[1] vgl. Technology Review: *Billig, aber schmutzig*, Dezember 2006, Seite 44 ff.
[2] http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/10/fischer_tropsch/fischer_tropsch.vlu.html
[3] http://www.fischer-tropsch.org/
[4] http://www.sasolwax.com/Unternehmensgeschichte-lang-de.html
[5] http://www.sasolwax.com/Synthetisches_Wachs-lang-de.html
[6] http://www.choren.com/de/biomass_to_energy/sundiesel_sup_sup_-herstellung/
[7] http://www.cutec.de/

Flächenkonkurrenz

Als **Flächenkonkurrenz** wird allgemein die Konkurrenz um die Ressource Fläche bei verschiedenen Nutzungsformen bezeichnet, insbesondere in Bezug auf landwirtschaftliche Nutzflächen. Flächenkonkurrenz entsteht zwangsläufig durch die Knappheit des Faktors Boden und ist insofern kein neues Phänomen. Boden stellt in diesem Sinne einen besonderen Produktionsfaktor dar, da er grundsätzlich nicht vermehrbar ist.

In den letzten Jahren wurde der Begriff häufig im Zusammenhang mit dem stark zunehmenden Ausbau des Energiepflanzenbaus zur Bioenergie-Erzeugung diskutiert, der einen Konkurrenzfaktor für die klassische Landnutzung zur Futter- und Nahrungsmittelproduktion darstellt. Wenn verschiedene Verwendungen (energetische und stoffliche sowie als Nahrungs- oder Futtermittel) um die angebaute Kultur konkurrieren, spricht man auch von **Nutzungskonkurrenz**. Diese wird teilweise auch präziser als *direkte* Nutzungskonkurrenz bezeichnet in Abgrenzung zur Flächenkonkurrenz als *indirekter* Nutzungskonkurrenz.[1]

Flächenkonkurrenz in der aktuellen Diskussion

Mehrere Faktoren bewirkten in den vergangenen Jahren einen starken Ausbau der Bioenergie-Erzeugung. Der seit einem Tiefpunkt in 1998 bis 2008 stetig gestiegene Erdölpreis verteuerte fossile Kraftstoffe zunehmend. Zusätzlich versuchen die Industriestaaten, ihre Abhängigkeit von Ölimporten aus nur wenigen bedeutenden Förderländern zu verringern. Ein weiterer Faktor sind Klimaschutzbemühungen, die unter anderem mit Biokraftstoffen umgesetzt werden sollen. Da sich die Preise für viele Agrarprodukte seit Jahren auf einem niedrigen Niveau bewegten, bot sich aus ökonomischer Sicht die Produktion von Biokraftstoffen an. Die Produktion von sogenanntem Bioethanol aus Mais, Getreide, Zuckerrohr, Zuckerrüben und anderen Agrarrohstoffen wurde massiv ausgebaut. Auch die Produktion von Pflanzenölen entweder zur direkten oder indirekten Nutzung nach Umesterung zu Biodiesel nahm stark zu. Einen weiteren neuen Konkurrenten stellt die Erzeugung von Biogas vor allem aus Mais dar. Die Politik fördert diese Entwicklungen, in Deutschland beispielsweise mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz und dem Biokraftstoffquotengesetz.

Neben der in 2007 und 2008 stark diskutierten Flächenkonkurrenz zwischen Bioenergienutzung und Nahrungsmittelerzeugung ist im Bereich Biomasse zukünftig eine zunehmende Konkurrenz zur stofflichen Nutzung von Biomasse zu erwarten. Sowohl in Europa als auch in den USA gibt es zunehmende Bemühungen, die bisher fast vollständig erdölbasierte Chemieindustrie zunehmend mit nachwachsenden Rohstoffen zu versorgen. Bioraffinerien sollen diese Rohstoffe vor allem für die stoffliche Nutzung aufbereiten.

Folgen

Durch die gestiegene Inanspruchnahme von Flächen zur Deckung der Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen und tierischer Nahrung wächst zunächst der Druck auf bestehende landwirtschaftliche Flächen sowie der Druck zur Ausweitung der landwirtschaftlichen Fläche auf Kosten natürlicher Ökosysteme[2] . Prägnante Beispiele für die Inanspruchnahme natürlicher Ökosysteme sind die Abholzung artenreicher Regenwälder für Ölpalmen-Plantagen und Zuckerrohrfelder. Die direkte Nutzungskonkurrenz um Rohstoffe führt unmittelbar zu einem Preisanstieg für diese Produkte. Weitere Preissteigerungen resultieren aus der Knappheit bestimmer Produkte als Folge indirekter Nutzungskonkurrenz. Stark steigende Pacht- oder Kaufpreise für landwirtschaftliche Flächen sind ebenfalls häufig zu beobachten, z.B. in einzelnen Regionen Deutschlands in denen der Anbau von Energiemais stark zugenommen hat[3] .

Die massiven Preissteigerungen für Grundnahrungsmittel zu Beginn des Jahres 2007 haben v.a. in Entwicklungs- und Schwellenländern zu Protesten der Bevölkerung geführt. Als ein Grund für die Preissteigerungen wurde häufig die direkte Nutzungskonkurrenz zur Bionergie gesehen, z.B. im Fall der sog. Tortilla-Krise Anfang 2007 in Mexiko. Die stark gestiegene Verwendung von Mais zur Bioethanolerzeugung in den USA galt als wichtiger Grund für den

starken Anstieg des Tortilla-Preises in Mexiko. Tortillas sind ein wichtiges Grundnahrungsmittel, insbesondere für den ärmsten Teil der mexikanischen Bevölkerung.[4] Allerdings sind weltweit offensichtlich mehrere Faktoren für die Preisanstiege verantwortlich gewesen (Missernten, geringe Vorratshaltung, gestiegene Nachfrage nach tierischen Produkten in Schwellenländern wie China und Indien, Spekulation).[5] [6]

Strategien zur Entschärfung der Flächenkonkurrenz



Ölpalmplantage in Malaysia

Koppel- und Kaskadennutzung

Kann ein Erzeugnis mit seinen Nebenprodukten verschiedenen Nutzungen parallel zugeführt werden, so bezeichnet man dies als Koppelnutzung. Ein Beispiel ist die Verwendung von Rapsöl als Lebensmittel oder Energieträger und die Nutzung des Rapskuchens oder des Rapsextraktionsschrotes als Futtermittel. Unter Kaskadennutzung versteht man dagegen eine hintereinander geschaltete stoffliche und energetische Nutzung, wobei die energetische Nutzung (Verbrennung) erst am Ende des Produktzyklus steht. Beide Strategien führen zu einer Erhöhung der Wertschöpfung je Fläche und damit zu einer Entschärfung der Flächen- bzw. Nutzungskonkurrenz. Angewandte Forschung auf diesem Gebiet wird daher vom BMELV im Rahmen des Förderprogramms "Nachwachsende Rohstoffe" der Bundesregierung gefördert.[7]

Zertifizierungen

Um u.a. die Inanspruchnahme bzw. Zerstörung natürlicher Ökosysteme zu begrenzen wurde in der EU-Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) der Europäischen Union gefordert, dass Biomasse zur Nutzung als Biokraftstoff und zur Erzeugung von Bioenergie künftig bestimmte Nachhaltigkeitskriterien erfüllen müsse, wie z. B. ein Mindesteinsparpotential für Treibhausgase, Erhaltung der Biodiversität, Einhaltung von Sozialstandards etc. In Deutschland wurde diesen Vorgaben für den Bereich der Stromherstellung durch die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung vom 29. Juli 2009 entsprochen. Analog dazu wurde die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung vom 30. September 2009 (BGBl. I 3182) erlassen.[8] Darüber hinausgehend fordert der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen einen "globalen Landnutzungsstandard", d.h. einen Standard zur Nachhaltigkeit der Landnutzung der sämtliche Nutzungsarten (Nahrungs- und Futtermittel, energetische und stoffliche Nutzung usw.) einschließt.[9]

Literatur

- *Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenz beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung (Kurztitel „Biomassekonkurrenzen")* [10], Studie des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ), Februar 2009, 267-seitig, pdf

Referenzen

[1] Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) und Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI Essen): *Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse*, als pdf-Dokument unter http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=253872.html] verfügbar

[2] S. Bringezu und H. Schütz 2008: *Auswirkungen eines verstärkten Anbaus nachwachsender Rohstoffe im globalen Maßstab*, in: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, Nr. 2, 17. Jg., September 2008.

[3] D. Breuer 2007: *Der Wettbewerb um die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen: Nachwachsende Rohstoffe zur energetischen Nutzung contra Veredlungswirtschaft* (http://www.schweine.net/cms/download.php/.../vortrag_breuer_biogas.pdf), ISN - Interessengemeinschaft der Schweinehalter Deutschlands e.V.

[4] - Bericht zur Tortilla-Krise, Heise Online, 29.01.2007 (http://www.heise.de/tp/r4/artikel/24/24543/1.html)

[5] http://www.nachhaltigkeitsrat.de/index.php?id=3520

[6] OECD: *Growing bio-fuel demand underpinning higher agriculture prices, says joint OECD-FAO report* (http://www.oecd.org/document/2/0,3343,en_2649_201185_38893378_1_1_1_1,00.html), 4. Juli 2007; bezogen auf OECD-FAO: *OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016* (PDF; 779 KB (http://www.oecd.org/dataoecd/6/10/38893266.pdf))

[7] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV): Bekanntmachung über die Förderung der angewandten Forschung auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe" der Bundesregierung zum Schwerpunkt „Innovative Mehrfachnutzung von nachwachsenden Rohstoffen, Bioraffinerien" vom 24. April 2008, Online (http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/fnr/pdf/Bekanntmachung_Innovative_Mehrfachnutzung_2008.pdf).

[8] Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung -Biokraft-NachV) vom 30. September 2009 BGBl. I 3182 (http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biokraft-nachv/gesamt.pdf)

[9] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2008: *Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung* (http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008.pdf)

[10] http://www.dbfz.de/files/DBFZ_Zwischenbericht_Biomassekonkurrenzen.pdf

Flächenstilllegung

Die **Flächenstilllegung** ist ein agrarpolitisches Instrument, um die Menge landwirtschaftlicher Produkte auf dem Markt zu steuern. Sie wurde in der Europäischen Union (EU) Ende der 1980er Jahre im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) eingeführt, um die damalige landwirtschaftliche Überproduktion zu begrenzen. In der Folge einer verstärkten Nachfrage nach Agrarprodukten wurde die Flächenstillegung in der EU im Jahr 2009 abgeschafft.



Durch Flächenstilllegung entstandene Grünlandbrache.

Geschichte der Flächenstilllegung in Europa

Die Flächenstilllegung (engl. set-aside), mit deren Einführung vor allem die Getreideproduktion in der EU begrenzt werden sollte, wurde erstmals 1988/89 auf freiwilliger Basis eingeführt. Nach der McSharry-Reform des Jahres 1992, in der die flächengebundenen Ausgleichszahlungen eingeführt wurden, wurde die Flächenstilllegung obligatorisch. Die unter die Regelung fallenden Landwirte mussten einen bestimmten Prozentsatz ihrer Flächen stilllegen, um die Direktzahlungen zu erhalten. So wurde für das Anbaujahr 1993/94 ein Stilllegungssatz von 15% festgelegt, der aber jährlich den Markt- und Preisentwicklungen angepasst werden konnte. [1] Ausgenommen von den Stilllegungsverpflichtungen waren sogenannte Kleinerzeuger, deren Anbaufläche eine bestimmte Grenze nicht überstieg.

Anfänglich wurde der Satz der obligatorischen Stilllegung jährlich festgelegt, im Wirtschaftsjahr 1999/2000 wurde sie dann zur Vereinfachung dauerhaft auf 10% festgelegt. [2] . Für das Anbaujahr 2004/05 wurde sie auf 5% gesenkt,[3] um dann im Jahr 2005 im Rahmen der Luxemburger Beschlüsse in regional unterschiedliche Stilllegungssätze überführt zu werden. Mit der Umsetzung der Luxemburger Beschlüsse wurde auch die Referenzfläche zur Bestimmung der Stilllegungsfläche geändert. Wurde früher die Getreide- und Ölsaatenfläche zur Berechnung der betriebsindividuellen Stilllegungsflächen herangezogen, ist mit den Beschlüssen der Agrarreform (Mid-Term-Review) die Berechnung auf Basis der gesamten Ackerfläche etabliert. Dies führt in den Ackerbauregionen mit hohen Gemüse-, Kartoffel- und Zuckerrübenanteil zu einer erheblichen Ausdehnung der Stilllegungsflächen in den Jahren 2005/06. [4]

Verschiedene Formen der Flächenstilllegung

Konjunkturelle, jährliche Stilllegung

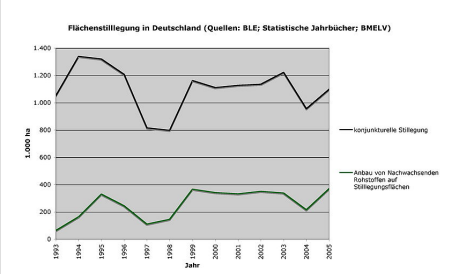
Bei der obligatorischen Stilllegung müssen die Landwirte einen Teil ihrer Ackerflächen stilllegen, damit sie Direktzahlungen im Rahmen der Agrarförderung ausgezahlt bekommen können. Im Erntejahr 2008 war diese erstmals ausgesetzt und wurde zum Erntejahr 2009 abgeschafft. Darüber hinaus können Landwirte unter Einhaltung der Cross-Compliance-Regelungen freiwillig Flächen stilllegen, wobei diese im ordnungsgemäßen Zustand erhalten werden müssen. Dies bedeutet bei Ackerland nach dem 15.Juni mindestens einmal jährliches Mulchen und beim Grünland entweder ebenso einmal jährliches Mulchen oder alle zwei Jahre das Abfahren des Ernteguts.

Langfristige Stilllegung

Bis 1996 gab es die Möglichkeit der Stilllegung von Ackerflächen für fünf Jahre. Darüber hinaus existieren langjährige Stilllegungen für Umweltzwecke oder in Verbindung mit Erstaufforstungen.

Flächenentwicklung der Stilllegung

Zur Flächenentwicklung der Stilllegung und des Anbaus von Nachwachsenden Rohstoffen (Nawaro) auf Stilllegungsflächen in Deutschland siehe neben stehende Abbildung. In der EU war 2007 eine Fläche von 3,8 Mio. ha obligatorisch stillgelegt.[5]



Flächenstillegung in Deutschland 1993–2005

Anbau Nachwachsender Rohstoffe auf Stilllegungsflächen

Mit der Verabschiedung der obligatorischen Flächenstilllegung im Jahr 1992 wurde auch festgelegt, dass auf Stilllegungsflächen Nawaro angebaut werden dürfen. Damit die Erzeugnisse von stillgelegten Flächen auch wirklich ausschließlich im Nicht-Lebensmittel-Bereich eingesetzt werden, mussten die Landwirte eine Reihe von Nachweisen (Meldungen, Anbauverträge, Kautionen, etc.) bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) erbringen. Hierbei entstanden erhebliche Transaktionskosten. Auch die Beschlüsse im Bereich der Agrarreform (Mid-Term-Review) haben den Anbau von Nawaros auf Stilllegungsflächen bestätigt.

Abschaffung der obligatorischen Flächenstilllegung

Im Jahr 2007 waren die Preise für Agrarrohstoffe massiv angestiegen. Ursache waren unter anderem die gestiegene Getreidenachfrage durch den Ausbau der Bioethanolproduktion, aber auch die geringen Vorräte, Ernteausfällen und andere Gründe.[6] [7] Aufgrund der stark gestiegenen Getreidenachfrage im Jahr 2007 und des damit verbundenen massiven Anstiegs der Preise für Agrarrohstoffe wurde die obligatorische Flächenstillegung in der EU für 2008 zunächst ausgesetzt. Im Rahmen des Gesundheitschecks (*Health Check*) der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik wurde sie schließlich zum Jahr 2009 abgeschafft und die damit verbundenen Zahlungsansprüche in normale umgewandelt. [8] [9] Wegen der auch zukünfig erwarteten hohen Agrarpreise[7] wird keine weitere Notwendigkeit der Flächenstillegung mehr gesehen.

Damit sind die Landwirte jedoch nicht verpflichtet, ihre brachliegenden Flächen zu kultivieren. Auch für diese Flächen gelten die Cross-Compliance-Regelungen. Bei hohem Agrarpreis-Niveaus kann damit gerechnet werden, dass nur auf Grenzstandorten freiwillige Flächenstilllegung betrieben wird. Somit rechnete die Europäische Kommission damit, dass nach Abschaffung der Stilllegung 1,6 bis 2,9 Mio. ha wieder in die Erzeugung genommen würden.[5]

Lebensraum Brache

Zweck der Flächenstillegung ist die marktentlastende Reduzierung der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung. Der durch diese Regelung geschaffene *Lebensraum Brache* zeigte aber auch eine Reihe von ökologischen Vorteilen für die Umwelt. Bei langjähriger Stilllegung kann es z. B. zu einer Entlastung der Ökosysteme durch Verringerung der Austräge von Düngemittel und Pestiziden kommen. Ebenso können sich auf den mehrjährigen Stilllegungsflächen (Ackerbrachen) neue (extensivere) Biotope bilden. Soweit keine Pflanzenarten angesät werden, entwickeln sich zunächst meist einjährige Ackerunkräuter und nach wenigen Jahren setzen sich Arten der Ruderalfluren durch. Zudem bilden die Stilllegungsflächen Rückzugsgebiete für verschiedene Wildtiere. [10] Nach Abschaffung der Flächenstilllegung gibt es verstärke Forderungen nach Ersatzmaßnahmen, wie der Einrichtung von ökologischen

Vorrangflächen im Rahmen der EU-Agrarpolitk.[11] Teilweise finden bereits andere ökologische Maßnahmen, wie z. B. das Ackerrandstreifenprogramm, statt.

Weblinks

- Pressemitteilung zur Festsetzung des Stilllegungssatzes auf Null [12]
- Lebensraum Brache [13]
- NABU: Die Bedeutung der obligatorischen Flächenstilllegung für die biologische Vielfalt. [14] 2008-01. (PDF-Dokument, 2,04 MB)

Referenzen

[1] Verordnung (EWG) Nr. 1765/92 des Rates vom 30. Juni 1992 zur Einführung einer Stützungsregelung für Erzeuger bestimmter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, *Amtsblatt Nr. L 181 vom 01/07/1992 S. 0012 - 0020, Online* (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992R1765:DE:HTML)

[2] Zusammenfassung von Gesetzgebungen Landwirtschaft, Online (http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l60028.htm)

[3] Verordnung (EG) Nr. 2322/2003 des Rates vom 17. Dezember 2003 zur Abweichung von der Verordnung (EG) Nr. 1251/1999 hinsichtlich der Stilllegungsverpflichtung für das Wirtschaftsjahr 2004/05, Amtsblatt der Europäischen Union. L 345. 46. Jahrgang. 31. Dezember 2003, Online (http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2003:345:SOM:DE:HTML)

[4] Breuer, T. & K. Holm-Müller (2006): Abschätzung der Chancen aus der Förderung der Biokraftstoffe für die ländlichen Regionen in Nordrhein-Westfalen. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL. Nr. 137. Bonn. S. 41-44.

[5] Pressemitteilung der Europäischen Union: *Getreide: Rat genehmigt Stilllegungssatz von Null für die Aussaat von Herbst 2007 und Frühjahr 2008*, Reference: IP/07/1402, 26.09.2007, Online (http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/1402&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en)

[6] http://www.nachhaltigkeitsrat.de/index.php?id=3520

[7] OECD: *Growing bio-fuel demand underpinning higher agriculture prices, says joint OECD-FAO report* (http://www.oecd.org/document/2/0,3343,en_2649_201185_38893378_1_1_1_1,00.html), 4. Juli 2007; bezogen auf OECD-FAO: *OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016* (PDF; 779 KB (http://www.oecd.org/dataoecd/6/10/38893266.pdf))

[8] Mitteilung der Kommission an alle Landwirte betreffend die Abschaffung der Flächenstilllegungsregelung ab 2009 (http://www.thueringen.de/imperia/md/content/tmlnu/aktuelles/flaechenstillegung_ende_080805.pdf) (PDF)

[9] GAP-Gesundheitscheck hilft Landwirten, neue Herausforderungen zu bewältigen. EU-Pressemitteilung vom 2008-11-20. (http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/1749&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=enLandwirtschaft:)

[10] Lebensraum Brache, Online (http://www.lebensraum-brache.de/)

[11] Informationen des [[Naturschutzbund Deutschland|Naturschutzbunds Deutschlands (http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landwirtschaft/flaechenstilllegung_kurzfassung.pdf)] (NABU) "Bedeutung der Flächenstillegung für die biologische Vielfalt - Fakten und Vorschläge zur Schaffung ökologischer Vorrangflächen im Rahmen der EU-Agrarpolitik"], Januar 2008

[12] http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/1402&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en

[13] http://www.lebensraum-brache.de/

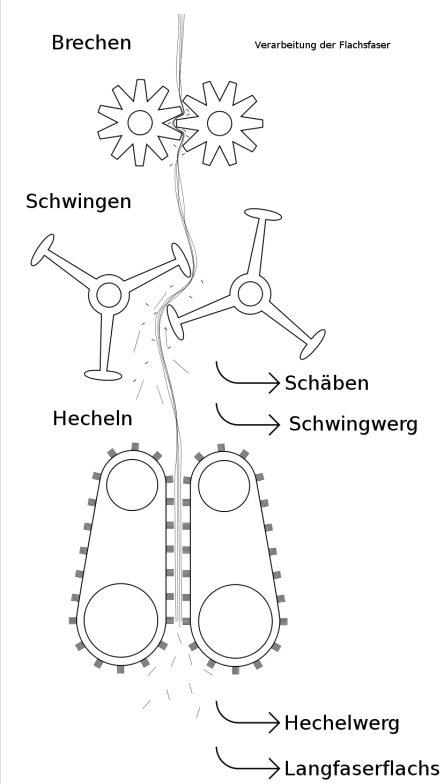
[14] http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/23.pdf

Flachsfaser

Flachsfaser	
	
Fasertyp	Naturfaser
Herkunft	Gemeiner Lein
Eigenschaften	
Faserlänge	Einzelfaser 9-70, durchschn. 33 mm; Faserbündel 25-120 cm[1]
Faserdurchmesser	5-38 µm, durchschn. 19 µm[1]
Dichte	1,4 g/cm^3[1]
Zugfestigkeit	0,90 GPa[1]
Spezifische Zugfestigkeit	0,60 GPa[1]
Elastizitätsmodul	85 GPa[1]
Spezifisches Elastizitätsmodul	71 GPa[1]
Bruchdehnung	1,8…3,3 %[1]
Wasseraufnahme	7 %[1]
Produkte	Textilien

Leinen bzw. **Flachs** (griech. *linon*, lat. *linum* „Lein“) ist die Faser aus der Lein- oder Flachspflanze, insbesondere auch daraus gefertigte Gewebe oder Tuch. Synonym wird für das Fertigprodukt *Leinwand* oder *Linnen* benutzt. Ab dem späten 19. Jahrhundert wurde Leinen durch Baumwolle praktisch verdrängt. Es gewinnt heute als ökologische Naturfaser wieder an Bedeutung.

Die Faser



Verarbeitung der Flachsfaser schematisch
Brechen, Schwingen, Hecheln

Die Flachs- oder Leinenfaser wird aus den Stängeln der Flachspflanze gewonnen. Es handelt sich um eine Bastfaser. Die Leinenfasern bilden Bündel, im Gegensatz zu Samenfasern (wie Baumwolle), die aus unverbundenen Einzelfasern bestehen. Die 2,5 bis 6 Zentimeter langen Elementarfasern aus Zellulose sind durch Pektine zu den 50 bis 90 Zentimeter langen Faserbündeln, den technischen Fasern, verbunden.

Weitere Bestandteile der Faser sind Hemicellulose und Lignin. Die Menge der einzelnen Bestandteile ist abhänging vom Reifegrad der Faser, durchschnittlich besteht eine Flachsfaser zu 71 % aus Cellulose, 18,6-20,6 % Hemicellulose, 2,3 % Pektin und 2,2 % Lignin und etwa 1,7 % Wachs, welches zum größten Teil auf der Faseroberfläche zu finden ist.[2]

Durch *Kottonisierung* können diese Bündel chemisch in Elementarfasern zerlegt werden. Der so erzeugte *Flockenbast* ist der Baumwolle sehr ähnlich, wird aber wegen der aufwändigeren Bearbeitung kaum hergestellt.

Ernte

Anbau siehe Gemeiner Lein#Anbau

[3] Bei der Ernte werden die Leinpflanzen mittels spezieller Maschinen mit den Wurzeln aus dem Boden gerauft, d. h. ausgerissen, da beim Mähen die Fasern zerstört würden. Die Ernte erfolgt bei Gelbreife, dann sind im unteren Drittel die Blätter bereits abgefallen. Das Stroh wird in Schwadlage auf dem Boden abgelegt, d. h. parallel ausgerichtet. Beim anschließenden Trocknen reißt die Epidermis auf, sodass hier später Mikroorganismen eindringen können. Durch das Riffeln werden die Samenkapseln entfernt. Das Riffeln kann auch nach der Röste erfolgen. Bei der Röste oder Rotte wird durch Bakterien und Pilze die Bindung zwischen den Faserbündeln und dem sie umgebenden Gewebe gelöst. Die Rotte muss zum richtigen Zeitpunkt unterbrochen werden, um eine Schädigung der Fasern zu verhindern.

Die heute vorherrschende Röstmethode ist die Tauröste, die auf rund drei Vierteln der Anbauflächen weltweit angewendet wird, vor allem in Gebieten mit ozeanischem Klima, da hierzu Taufeuchte benötigt wird. Dabei wird das Flachsstroh auf den Feldern liegengelassen. Durch die Taufeuchte bauen Bakterien und Pilze die Pektine ab. Dieses Verfahren ist relativ umweltfreundlich, auch gelangen die Nährstoffe während der Röste teilweise wieder in den Boden zurück. Nachteile sind die Witterungsanfälligkeit und die lange Dauer.

In manchen Gebieten, wie in Osteuropa, Belgien, China und Ägypten wird die Warmwasserröste eingesetzt. Hier wird das Stroh drei bis vier Tage in Bassins mit 28 bis 40° C warmem Wasser geröstet. Dies führt durch die Abwässer zu recht hohen Umweltbelastungen.

Ein historisches Verfahren ist die Kaltwasserröste, bei der das Flachsstroh in Teichen oder in Wassergräben geröstet wurde. Chemische Verfahren zur Röste haben sich nicht durchgesetzt, da sie meist auch die Flachsfasern angreifen. Enzymatische Verfahren haben sich aus Kostengründen nicht durchgesetzt.

Gewinnung der Fasern

[3] Nach der Röste wird das Stroh wieder getrocknet und in die Verarbeitungsbetriebe (Schwingerei) gebracht. Hier wird das Stroh zunächst gebrochen: der Holzkern wird in kleine Stücke, Schäben genannt, zerkleinert. Beim anschließenden Schwingen werden die Schäben vom Flachs getrennt, dabei fällt auch der Schwungwerg an, kurze Flachsfasern. Schäben und Schwungwerg werden in einer Wergreinigungsanlage voneinander getrennt. Der Flachs wird gehechelt und dabei parallelisiert und weiter gereinigt. Die Flachsfasern, auch als Langfasern bezeichnet, verlassen die Schwingerei zu Zöpfen gedreht und werden so in die Spinnereien gebracht.

Kurzfasern fallen entweder bei der Langfasergewinnung als Nebenprodukt an, oder die gesamte Produktion ist auf Kurzfasern ausgerichtet. Dann erfolgt die Verarbeitung in einer sogenannten Kurzfaserlinie: das Stroh wird nicht parallel liegend verarbeitet. Die dabei entstehenden Kurzfasern sind nicht so hoch gereinigt wie die Langfasern und werden vor allem für technische Zwecke verwendet.

Textile Weiterverarbeitung

Spinnen

Beim Spinnen werden die Fasern zu Fäden versponnen. Lang- und Kurzfasern werden dabei unterschiedlich gehandhabt, es wird zwischen Trocken- und Nassspinnverfahren unterschieden.[4]

Langfasern werden vor dem Verspinnen zu einem Band vereinigt, mehrfach gestreckt und mit anderen Bändern vermischt (doubliert), um so eine möglichst homogene Qualität zu erreichen. Langfasern werden meist nass zu hochwertigen Fäden versponnen. Die Bänder werden zu feinen, homogenen Fäden gestreckt. In einem Warmwasserbad bei 70° C lösen sich die Pektine, so dass sich die Fasern leichter gegeneinander verziehen. Nach dem Aufrollen auf Garnrollen wird das Garn bei rund 80° C getrocknet.

Bei Kurzfasern wird durch Aufrauen (Kardieren) ein flächiges „Vlies“ produziert, das zu einem Band reduziert wird. Dieses Band wird gekämmt (gehechelt), um es von Schäben und zu kurzen Fasern zu reinigen. Dann wird das Band gestreckt und wie die Langfasern doubliert. Kurzfasern werden in der Regel trocken versponnen. Die entstehenden Garne sind rau und fühlen sich gleichzeitig weich an.

Weben

Gewebt wird Leinen in der klassischen Leinwandbindung, aber auch Jacquard, Köper und andere Bindungsarten sind üblich. Batist, Schleier und Linon wurden ebenfalls aus Flachs hergestellt, man zählte sie jedoch nicht zum Leinengewebe. Beim Weben von Leinen muss für die Kettfäden ein sehr gleichmäßiges und damit teures Garn verwendet werden. Kettfäden mit den für Leinen typischen Unregelmäßigkeiten würden unter der Scheuerbelastung leiden und zu oft reißen.

Halbleinen ist ein Gewebe mit einem Mindestgehalt an Leinenfasern, es wird typischerweise mit Leinen als Schuss und meist Baumwolle-Kettfäden gewebt.

Eigenschaften

Textilfaser

Gegenüber anderen Bastfasern ist die Leinenfaser gut teilbar und fein verspinnbar, was sie für Wäsche und Kleidung auszeichnet. Die Leinenfaser ist glatt und das Leinengewebe schließt wenig Luft ein, so ist Leinen flusenfrei und wenig anfällig gegen Schmutz und Bakterien, die Faser ist *von Natur* bakteriozid, fast antistatisch und schmutzabweisend.

Leinen nimmt bis zu 35 % Luftfeuchtigkeit auf und tauscht diese Feuchtigkeit auch schnell mit der Umgebungsluft aus, wirkt somit kühlend, ist dennoch trocken wärmend. Deswegen wird das Gewebe gern für Sommerbekleidung eingesetzt. Die Wasserhaltung auf der Oberfläche ist auch Ursache der antistatischen (und damit schmutzabweisenden) Eigenschaft.

Die Leinenfaser ist sehr reißfest und extrem unelastisch. Aufgrund der geringen Elastizität ist Leinen knitteranfällig; die Reißfestigkeit macht das Leinen strapazierfähig und langlebig. Leinen ist stark und muss nicht wie Baumwolle nachgestärkt werden. Es hat natürlichen Glanz und Stärke.

Anfällig ist Leinen jedoch gegenüber Reibung. Seine Scheuerfestigkeit ist geringer als die der Baumwolle; es sollte deswegen bei Wäsche der Schongang eingesetzt werden oder bei Handwäsche nur gestaucht und nicht gerieben werden.

Leinen ist gegen Waschlaugen, Waschmittel, Kochwäsche, chemische Reinigung und hohe Temperaturen beim Bügeln unempfindlich. Trockene Hitze schädigt das Gewebe, daher muss es zum Bügeln noch leicht feucht sein, Wäschetrockner sind ungeeignet.[5]

Das Bleichen von Leinen ist problematisch. Vollbleiche führt zu Gewichtsverlusten von bis zu einem Fünftel. Das Färben von Leinen ist im Garn oder am Gewebe möglich. Das Blau der Berufsbekleidung ist auf das Färbeverhalten des Leinens zurückzuführen, das mit Naturfarben nur mit Indigo einigermaßen echt gefärbt werden konnte. Die liegt an der Eigenschaft von Leinen als Zellulosefaser, die beim Färben keine chemische Bindung ermöglicht. Möglich ist die Färbung neben den genannten Küpenfarbstoffen mit der Klasse der substantiven Farbstoffe, dabei wird das Farbstoffmolekül (nur mechanisch gefangen) in das Knäuel des polymeren Zellulosemoleküls eingebaut.

Technische Faser

Die technischen Flachsfasern sind relativ steif und reißfest. Kombiniert mit ihrer geringen Dichte, ergibt sich somit eine sehr hohe spezifischen Festigkeit und Steifigkeit, vergleichbar mit Glasfasern.

Die Qualität der Fasern hängt jedoch stark von den Anbaubedingungen und Aufschlussverfahren ab, wodurch sich eine relativ groβe Streuung der Eigenschaften ergibt. Durch konsequentes Qualitätsmanagement lassen sich diese Schwankungen aber kontrollieren.

Verwendung

Leinen

Leinengewebe wurden traditionell für Bett- und Hauswäsche verwendet. In dieser Nutzung wurden sie von der billigeren Baumwolle verdrängt. Neue Einsatzgebiete wie Kleidung und Dekorationsstoffe kommen hinzu, besonders in Form handgewebter hochpreisiger Produkte. Leinen wird als Bezugsstoffe für Bucheinbände verwendet, außerdem für Schuhe und Taschen. Namensgebend waren Leinenstoffe zum Bespannen für Leinwände in der Malerei. Leinenstroh findet zusehends eine große Bedeutung als Einstreu in der Pferdehaltung. Dazu verwendet man den holzigen Teil des Flachsstängels. Die Saugkraft ist zehnmal höher als gewöhnliches Stroh, viermal höher als bei Holzspänen. Leinenfasern finden auch für technische Gewebe sowie als Austauschstoff für Asbestfasern Verwendung.

Dämmstoff

Aus Kurzfasern, die als Nebenprodukt der Leinengewinnung anfallen, werden Naturdämmstoffe in Form von Matten, Platten oder Stopfwolle hergestellt, gelegentlich wird ihnen zwecks höherer Stabilität noch etwas Polyester zugesetzt[6] . Flachs weist einen WLG-Wert von 040 auf und ist damit vergleichbar mit Holzfaser, Zellulose, Steinwolle oder auch Polystyrol und speichert bei einer Wärmekapazität von 1550 J/(kg x K) Wärme gut [6] . Es wird in die Baustoffklasse B2 eingestuft, ist also normal entflammbar [7] . Zwar haben sich die entsprechenden Produkte als Wärmedämmstoffe etabliert[8] , der Marktanteil von Leinen im Dämmstoffbereich liegt jedoch derzeit -gemeinsam mit Hanf gerechnet- bei weniger als 0,5%, selbst unter optimalen Bedingungen wird auch für die Zukunft mit einem Marktanteil von höchstens 5% gerechnet [7] .

Naturfaserverbundwerkstoffe

Die Flachsfaser wird, auf Grund ihrer guten mechanischen Eigenschaften und regionalen Verfügbarkeit, vermehrt als Verstärkungsfaser für Naturfaserverbundwerkstoffe eingesetzt. Hinzu kommt, dass der Preis von deutlich unter einem Euro für technische Fasern in den letzten Jahren nur geringen Schwankungen unterworfen war. Eines der wichtigtsten Anwendungsgebiete für flachsfasertverstärkte Kunststoffe ist die Automobilindustrie, fast zwei Drittel der hier eingesetzten Naturfasern sind Flachsfasern.[9] In den letzten Jahren gehören aber auch andere Industriezweige zu den Abnehmern. Die für die Produktion von naturfaserverstärkten Kunststoffen eingesetzten Fasern sind, preislich bedingt, vor allem Kurzfasern. Eines der wichtigsten Verarbeitungsverfahren für Naturfasern ist das Formpressen, bei dem sog. Fasermatten zusammen mit duroplastischen oder thermoplastischen Kunststoffen unter Temperatureinwirkung verpresst werden. Flachsfasern finden sich aber auch in Kunstoffgranulaten für die Spritzguss- und Extrusionsverarbeitung. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch eine geringe Dichte kombiniert mit relativ hohen Festigkeiten und Steifigkeiten aus. In Kombination mit der Nachhaltigkeitsaspekt der Naturfasern, ihrer CO_2-Neutralität und der medinzinschen Unbedenklichkeit, ergibt sich so ein groβes Substitutionspotential für glasfaserverstärkte und gefüllte Kunststoffe.

Bezeichnung und Qualität

Die *CELC* vergibt das *masters of linen*-Siegel, ein geschütztes Warenzeichen, an Leinenprodukte aus westeuropäischem Anbau. Die vier Zeichen mit dem stilisierten „L“ stehen für Qualitäten von Reinleinen bis Halbleinen.

In Deutschland gelten laut *Textilkennzeichnungsgesetz (TKG)*[10] die Begriffe *Flachs* oder *Leinen* für Bastfasern aus den Stängeln des Flachses (Linum usitatissimum) und *Halbleinen* für Erzeugnisse mit einer Kette aus reiner Baumwolle und einem Schuss aus reinem Leinen, bei denen der Anteil des Leinens nicht weniger als 40 % des Gesamtgewichts des entschlichteten Gewebes ausmacht, wobei die Angabe „Kette reine Baumwolle - Schuss reines Leinen“ hinzugefügt werden muss. *Reinleinen* muss in Kette und Schuss reine Flachsgarne enthalten. Das Kurzzeichen für den Faser-Rohstoff *Flachs/ Leinen* ist LI (Anteile von Rohstoffen in Mischgeweben); nur 100 % Leinen darf als "Leinen, rein" bezeichnet werden (sowohl Kette als auch Schuss nur aus Leinen).

Wirtschaft und Ökologie

Der Anteil des Leinens am weltweiten Faseraufkommens liegt nur bei rund zwei Prozent. Die größten Anbaugebiete sind China mit 161.000, die EU mit 102.740 (v.a. Frankreich und Belgien), Russland mit 89.210, Weißrussland mit 71.000, die Ukraine mit 23.600 und Ägypten mit 8.900 Hektar. In Deutschland mit 30 und Österreich mit 129 Hektar ist der Anbau bedeutungslos. Die Weltproduktion liegt bei rund zwei Millionen Tonnen jährlich.[11]

Der Großteil der Wertschöpfung beim Faserleinanbau erfolgt mit den Langfasern, die in der EU rund 88 Prozent des Umsatzes ausmachen. 2003 lag der Preis für die Tonne textile Langfasern bei 1.593 Euro, für textile Kurzfasern bei 345 Euro, für Kurzfasern für Papier bei 170 Euro, und für Kurzfasern für Dämmstoffe oder Verbundwerkstoffe bei 400 bis 500 Euro. Der Großteil der europäischen Langfaser-Produktion geht in den Export, vor allem nach China.[12]

Die Leinenproduktion ist im Gegensatz zur Baumwolle auf wenig Chemikalieneinsatz (Dünger, Pestizide) angewiesen. Auch ohne moderne Technik kann Leinen hergestellt werden, jedoch ist die Produktion der Leinenfaser aufwendig und arbeitsintensiv. Baumwolle setzte sich erst mit der Industrialisierung durch, wobei dieser Trend zum Massenprodukt wiederum die Anbaumenge beeinflusste. Andererseits ist Leinen die einzige Naturfaser, die in kontrolliert biologischer Qualität aus heimischem Anbau (Westeuropa) auf dem Markt ist. Eine ökologische Herstellung von Flachsfasern in größerem Umfang ist durch die Probleme der Ernte und der Taurotte[13] begrenzt. Abwässer der Wasserrotte sind belastet, so ist die Taurotte empfohlen und wird gefördert.

Geschichte

Es ist bekannt, dass unter anderem in Ägypten, Mesopotamien und Phönizien bereits vor 6000 bis 7000 Jahren Leinen systematisch verarbeitet wurde. Ägyptische Mumien sind in Leinenstreifen gehüllt. Möglicherweise existierte die Leinenverarbeitung schon vor 10 000 Jahren[14] .



konservierte Überreste eines alten Leinengewebes aus dem Toten Meer

Von der griechischen und römischen Antike bis ins europäische Mittelalter war Leinen neben Wolle das Material für Kleidung. Seine Blütezeit hatte das Leinen im vorindustriellen Europa. Als Baumwolle noch nicht in großen Mengen importiert wurde, war Leinen (neben wenigen Ausnahmen) die einzige pflanzliche Faser. Bis Ende des 18. Jahrhunderts waren 18 % der verarbeiteten Fasern aus Flachs und 78 % aus Wolle[15] .



Brechelgrube zur Lein-Bearbeitung in Keutschach

Im Mittelalter wurde Leinen (im Gegensatz zu Wolle) durch die schmutzabweisende Eigenschaft bevorzugt für körpernahe Verwendung eingesetzt, auf Grund seiner Stärke auch für Stoffpanzer. Da es schwer färbbar war, vorwiegend in blassen Tönen; deckende und dunkle Töne waren teuer.

Leinen wurde lange Zeit nur in Handarbeit verarbeitet, später kamen auch industrielle Methoden hinzu. Bis ins 20. Jahrhundert wurde handgesponnenes, aber auch maschinell versponnenes Garn in

Heimarbeit auf Handwebstühlen gewebt. Verarbeitet wurde das Leinen hauptsächlich in Irland, Holland, Westfalen, Sachsen, Schlesien und Böhmen.

Man unterschied zwischen folgenden Qualitäten:

- *Flachsleinwand* - reiner Langfaserflachs in Leinwandbindung
- *Wergleinwand* oder *Hedeleinen* - gewebt mit Garn aus Hechelwerg
- *halbflächsene* oder *Halbhedeleinen* - gewebt mit Garn aus Langfaserflachs und Werg
- *Halblaken* - gewebt mit Flachsgarn als Kette und Werggarn als Schuss.
- *Halbbaumwolle* oder *Halbleinen* - gewebt mit Garn aus Baumwolle und Leinen
- *irische* oder *irländische* - gewebt mit Baumwolle als Kette und Flachsgarn als Schuss, oder umgekehrt
- *Hausleinwand* - von Hand gewebt
- *Weißgarnleinwand* und *Löwentlinnen* - gewebt mit gebleichtem Garn

Es wurde auch Gewebe aus Hanf in Leinwandbindung als Leinen bezeichnet (*Hanfleinwand*).

Mit der Perfektionierung der maschinellen Baumwollverarbeitung zu Anfang des 19. Jahrhunderts wurde das Leinen zuerst in Amerika und später, mit wachsenden Baumwollimporten, in Europa zurückgedrängt.

Nach einem erneuten Tiefpunkt Anfang der 80er Jahre, steigt der Verbrauch heute wieder langsam an, wobei der Trend zu Naturgeweben, handgewebte Artikel und hochpreisige Prestigegewebe sowie kulturhistorische Reproduktionen das Wachstum fördern.

Museen

- Ein Flachsmuseum [16] befindet sich in Beeck (Wegberg).
- Aktives Museum "Henni Jaensch-Zeymer" Handweberei [17] Geltow in der Nähe von Potsdam-Sanssouci. Hier kann die Verarbeitung von Leinen in der Fertigung einer Kunsthandweberei besichtigt werden. Zum Bestand zählen ein Hochwebstuhl und zehn Flachwebstühle, auf denen trotz des Alters von 200 - 300 Jahren noch gewebt wird.

Literatur

- Frank Waskow: *Hanf & Co. Die Renaissance der heimischen Faserpflanzen.* Hrsg. vom Katalyse-Institut. Verlag die Werkstatt, Göttingen 1995, S. 93-144. ISBN 3-89533-138-4
- Alfons Hofer: *Stoffe*, 8. Auflage, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main 2000 (Band 1, Rohstoffe: Fasern, Garne und Effekte), ISBN 3-87150-671-0
- Ursula Völker ; Katrin Brückner: *Von der Faser zum Stoff: textile Werkstoff- und Warenkunde*, 32. Auflage, Verlag Dr. Felix Büchner - Verlag Handwerk und Technik, Hamburg 2001, ISBN 3-582-05112-9
- Hannelore Eberle: *Fachwissen Bekleidung*, 8. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel, Leipzig 2005, ISBN 3-8085-6208-0
- H. L. Bos, “The Potential of Flax Fibres as Reinforcement for Composite Materials.” Dissertation, Department of Chemical Engineering, Technische Universiteit Eindhoven, Niederlande, 2004
- Michael Carus, Christian Gahle, Cezar Pendarovski, Dominik Vogt, Sven Ortmann, Franjo Grotenhermen, Thomas Breuer, Christine Schmidt: “Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaserwerkstoffen (Deutschland und EU)” Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2008
- *Leinwand* [18] In: *Meyers Konversationslexikon*, 4. Auflage, Verlag des Bibliographischen Instituts, Leipzig und Wien 1888 (Band 10), Seite 661 ff
- *Leinengarn ; Leinengewebe* [19] In: *Merck's Warenlexikon*, 3. Auflage, Verlag von G. A. Gloeckner, Leipzig 1884 (Band 21), Seite 320 ff

Weblinks

- Die Flachsfaser [20] - Übersicht
- Flachsanbau und Handspinnen im eigenen Garten [21]
- Gewinnung der Leinfaser [22] - chemische Betrachtung
- Flachsanbau und Flachsbearbeitung mit Bildern [23]
- Aus Flachs wird Leinen - der lange Weg einer alten Pflanze [24]
- masters of linen (CELC) [25]
- Deutscher Leinenverband (traditionelle Schwurhand) [26]
- Arbeitsgruppe "Leinen und Umwelt" (Ein Netzwerk zu Flachs und Leinen) [27]
- Förderverein Naturfaser e.V. [28]

Referenzen

[1] *Comparative physical, chemical and morphological characteristics of certain fibres.* In: Robert R. Franck: *Bast and other plant fibre*s. Woodhead Publishing, Cambridge 2005, Seiten 4–23.

[2] A. K. Mohanty, M. Misra, G. Hinrichsen,"Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview", Macromolecular Materials and Engineering, 2000, Ausgabe 276, S. 1-24

[3] Dieser Abschnitt beruht vorwiegend auf: Frank Waskow: *Hanf & Co. Die Renaissance der heimischen Faserpflanzen.* Hrsg. vom Katalyse-Institut. Verlag die Werkstatt, Göttingen 1995, S. 119-124. ISBN 3-89533-138-4

[4] Dieser Abschnitt beruht vorwiegend auf: Frank Waskow: *Hanf & Co. Die Renaissance der heimischen Faserpflanzen.* Hrsg. vom Katalyse-Institut. Verlag die Werkstatt, Göttingen 1995, S. 124-126. ISBN 3-89533-138-4

[5] Materialkunde (http://www.quo-vadis-naturbekleidung.de/homepage/materialkunde/leinen.html)

[6] B. Mühlethaler, S. Haas: *Stärken, Hürden und Chancen von Naturdämmstoffen* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3-8167-6916-0, S. 9-10

[7] W. Eicke-Hennig: *Dämmstoffe aus Altpapier oder Naturfasern - (k)eine Alternative?* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3-8167-6916-0

[8] W. Schneider: *Ökologisch bauen mit nachwachsenden Rohstoffen* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3-8167-6916-0, S. 38

[9] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008, S. 157. (ohne ISBN).

[10] TKG auf juris (http://bundesrecht.juris.de/textilkennzg/)

[11] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008, S. 15, 25, 33. (ohne ISBN).

[12] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern, 2008, S. 37ff.*

[13] www.nachhaltigwirtschaften.at: Faser- und Färbepflanzen aus ökologischem Anbau (http://www.nachhaltigwirtschaften.at/publikationen/forschungsforum/021/teil2.de.html#h1)

[14] msn Encarta - Lein - Geschichte (http://de.encarta.msn.com/encyclopedia_761568641/Lein.html)

[15] Ute von Reitzenstein: *Flachs im 20. Jahrhundert unter ökologischer und ökonomischer Sicht* - Facharbeit (http://www.baumann-online.de/ho_alois-kiessling/facharbeiten/Flachs/Flachs.htm)

[16] http://www.flachsmuseum.de

[17] http://www.handweberei-geltow.de/museum.php

[18] http://susi.e-technik.uni-ulm.de:8080/Meyers2/seite/werk/meyers/band/10/seite/0660/meyers_b10_s0660.html#Leinwand

[19] http://susi.e-technik.uni-ulm.de:8080/Meyers2/seite/werk/mercks/band/21/seite/0320/mercks_b21_s0320.html

[20] http://www.consequent-naturtextil.de/consequent/materialkunde/leinen.htm

[21] http://www.handspinngilde.org/Handspinnen/Spinnbare_Fasern/Flachs.html

[22] http://www.ki.shuttle.de/ki/rhs/d.htm

[23] http://www.flachs-und-leinen.de/html/rotten.html

[24] http://www.jahrbuch-daun.de/VT/hjb1994/hjb1994.94.htm

[25] http://www.mastersoflinen.com/en/index.php

[26] http://www.gesamtverband-leinen.de

[27] http://www.flachs.de

[28] http://www.flachswerkstatt.de

Formpressen

Formpressen ist ein Herstellungsverfahren für Kunststoffe, geeignet für leicht gewölbte oder flache Bauteile. Haupteinsatzgebiet dieses Verfahrens ist die Automobilindustrie, wo es zur Produktion größerer Bauteile mit zweidimensionaler oder einfacher dreidimensionaler Struktur, wie zum Beispiel Motorhauben, Stoßfängern, Spoilern oder Heckklappen eingesetzt wird. Es können sowohl duroplastische als auch thermoplastische Kunststoffe verarbeitet werden.

Zu Beginn des Verfahrens wird die Formmasse in die Kavität eingebracht, welche aufgeheizt wird. Anschließend wird die Kavität unter Einsatz eines Druckkolbens geschlossen. Durch den Druck erlangt die Formmasse die vom Werkzeug vorgegebene Form. Bei duroplastischen Kunststoffe dient die Temperatur zur Beeinflussung des Aushärtevorgangs, bei Thermoplasten zum Schmelzen des Kunststoffs. Nach dem Abkühlen kann das fertige Teil aus dem Formwerkzeug entnommen und ggf. nach- oder weiterverarbeitet werden.

Das Formpress-Verfahren eignet sich vor allem für mittelgroße Stückzahlen, da die Werkzeugkosten in der Regel geringer sind als zum Beispiel beim Spritzgiessen. Das Formpressen kann auch zur Herstellung von Faserverbundwerkstoffen eingesetzt werden, u.a. zur Herstellung von naturfaserverstärkten Kunststoffen.

Literatur

- M. Neitzel, P. Mitschang: *Handbuch der Verbundwerkstoffe*, Carl Hanser Verlag, Munich Vienna, 2004
- W. Michaeli: *Einführung in die Kunststoffverarbeitung* Carl Hanser Verlag, Munich Vienna, 2006

Furnier

Als **Furnier** bezeichnet man 0,3 bis 6 mm dicke Blätter aus Holz, die durch verschiedene Schneideverfahren vom Stamm abgetrennt werden. Das Wort Furnier wurde im 16. Jahrhundert dem französischen „fournir" (bestücken, beliefern) entlehnt. Es bezeichnete den Vorgang, weniger wertvolles Holz mit edleren dünnen Holzblättern zu belegen.

Herstellung/Schneideverfahren

Die einfachen Furniere werden in der Regel durch Schälen von Rundholz erzeugt (Schälfurniere). Für dekorative Oberflächen kommen auch gemesserte, selten gesägte Furniere zum Einsatz (Messerfurniere bzw. Sägefurniere).



Furniere vor der Verarbeitung

Schälfurnier



Birkenfurnier geschält

Beim Schälen werden die Stämme zuerst, abhängig von der Holzart, in großen Dämpfgruben gekocht (Stämme liegen komplett im Wasser – die Temperatur kann durchaus unter 100 °C liegen, das Wasser muss also nicht kochen) oder gedämpft (Stämme haben nur Kontakt zu Wasserdampf; verfahrensabhängig liegt die Temperatur bei oder über 100 °C), um das Holz geschmeidiger zu machen. Hierbei verändert sich die natürliche Farbe des Holzes zum Teil erheblich. Einige wenige Holzarten sind weich genug, um sie auch ohne diesen Prozess - also "roh" - weiterzuverarbeiten. Danach wird der Stamm entrindet und dann wie eine Walze drehbar eingespannt. Der Stamm rotiert anschließend schnell um die eigene Achse gegen einen Messerbalken, der vom Stamm ein Furnierband abtrennt. Man kann sich das beim Abwickeln einer Küchenpapierrolle gut vorstellen. Das Furnierband wird dann in schmale, einzelne Furnierblätter durch senkrecht schlagende oder rotierende Messer (so genannte Clipper) aufgeteilt. Die Furnierblätter in Stärken von vornehmlich 0,5 mm bis 1,5 mm werden zu plattenförmigen Holzwerkstoffen wie Furniersperrholz, Schichtholz oder Stabsperrholz weiterverarbeitet. Eine Besonderheit ist die Verarbeitung der Furniere zu Formsperrholz, eine andere die Herstellung von Furnier aus Vogelaugenahorn, mit einer Struktur, die aufgrund der biologischen Besonderheit fast nur im Schälfurnier zur Geltung kommt.

Sägefurnier

Die älteste Herstellungsweise von Furnier ist das Sägen. Vom Stamm werden die Furnierblätter mit der Säge abgetrennt, in der vorindustriellen Zeit oft mit dem Stamm über einer offenen Grube liegend. Eine Person stand in der Grube, die zweite auf einem Gerüst über dem Stamm, gesägt wurde mit einer Rahmensäge. Zum Anfang des 19. Jahrhunderts wurden dann die ersten von Dampfkraft betriebenen Furniersägen entwickelt. In England und Amerika waren das riesige hochspezialisierte Kreissägen mit Sägeblattdurchmessern bis zu 4 Metern, während sich im kontinentalen Europa die Form der Gattersägen durchsetzte. Um 1900 war dann die höchste Entwicklungsreife solcher Maschinen erreicht, die verlustfreie Herstellung von gemessertem Furnier bedeutete das Ende der industriellen Sägefurnierherstellung.

Da bei dem Sägen von Furnieren, je nach benutztem Sägeblatt und in Abhängigkeit von der produzierten Furnierstärke ca. 50 % bis 80 % des Stammes zu Sägemehl und Abfall werden[1] , ist dies eine aufwendige und mit hohem Materialverlust behaftete Methode. Doch gibt es einige gute Gründe, weshalb auch heute noch Sägefurniere mit typischen Dicken von 1,2–2,5 mm hergestellt und verkauft werden:

- Das gesägte Furnier behält seine helle, natürliche Farbe und wird nicht wie beim Messern durch das oft tagelange Kochen zur Geschmeidigmachung für den Messerprozess farblich stark verändert.
- Die bei gemesserten Furnieren immer vorhandene Anfälligkeit für Rissbildungen und Brüche besonders der dem Messer abgewandten Seite entfällt bei gesägten Furnieren völlig.
- Viele Hölzer lassen sich durch ihre hohe Härte ab einer bestimmten Stärke nur zu Sägefurnier verarbeiten, so gibt es keine andere Methode, zum Beispiel Palmenholz, Eisenholz oder Schlangenholz zu Messerfurnier zu verarbeiten.
- Für hochwertige und hochbelastete Tischlerarbeiten kommen aufgrund der überlegenen Materialeigenschaften auch heute noch Sägefurniere zum Einsatz, so zum Beispiel für Restaurierungsarbeiten an historischen Objekten wie Möbeln, Parketten, Wandvertäfelungen und Decken, aber auch modernen Treppenstufen, Tafelparkette,

Außentüren oder Einzelanfertigungen hochwertiger Möbelentwürfe. Hier ist die Langlebigkeit der Objekte mit einer durch die Dicke des Furniers gegebenen Aufarbeitungsmöglichkeit das ausschlaggebende Argument.

Für viele anspruchsvolle Handwerker kommt auch heute wieder Sägefurnier zum Einsatz, wenn es um die Herstellung von Einzelmöbeln geht: oft verlangen Kunden nach dauerhaften Lösungen beim Bau von teuren Entwurfsmöbeln, die fast papierdünnen Messerfurniere sind nach einer Beschädigung bei zum Beispiel einer Tischplatte nicht mehr reparier- oder aufarbeitbar. Hier hilft der Einsatz von Sägefurnieren dauerhafte, oft über Generationen nutzbare Möbel zu fertigen. Da Möbel allerdings heutzutage immer kurzlebiger werden, verliert dies an Wichtigkeit.

Messerfurnier

Beim Messern werden die Baumstämme zuerst gekocht oder gedämpft und anschließend auf einem sogenannten „Schlitten“ eingespannt. Entweder bewegt sich dieser horizontal (ältere Maschinen) oder vertikal (neuere Maschinen) gegen ein Messer. Einige Hersteller setzten bei der neusten Maschinengeneration stattdessen auf ein sich bewegendes Messer, wobei der Stamm in einer festen Position bleibt. Bei jedem Messervorgang wird ein Blatt Furnier hergestellt, das beim „Schwachschnittfurnier“ zwischen 0,4 mm und 0,7 mm dick ist. „Starkschnittfurnier“, das allerdings aufgrund der Ökonomie im Umgang mit dem Rohstoff Holz und alternativen Produkten immer mehr an Bedeutung verliert, wird bis zu einer Stärke von ca. 6 mm gemessert, was allerdings eine sehr schwere Maschine erfordert (meist horizontale Messermaschinen aus den Jahren 1960–1975). Die so gemesserten Furniere haben gegenüber den Sägefurnieren den Vorteil, dass der Verlust durch den Sägeschnitt entfällt.



Birkenfurnier gemessert

Sogenannte Micro-Furniere werden sogar in Dicken zwischen 0,1 mm und 0,2 mm hergestellt, allerdings erfordert dies spezielle Maschinen, die in Richtung der Holzfaser messern, anstatt im (ca.) 90°-Winkel zu diesen. Dieses Verfahren ist besonders bzw. fast ausschließlich in Japan populär.

Messerfurniere werden vornehmlich als Sichtfurniere auf preisgünstigen Trägermaterial (meist Spanplatten, Sperrholz, MDF oder HDF) aufgebracht. Sie sind nach neuester Technik hergestellt so dünn, dass ohne ein Trägermaterial oft ein Hindurchsehen möglich ist.

Staylog-Produktion

Diese Art der Produktion ist der Schälfurnierproduktion sehr ähnlich, wird aber meistens als Messerfurnier vermarktet und verarbeitet. Der Stamm wird hierbei nicht um seine eigene Mittelachse gedreht, sondern sitzt auf einer rotierenden Halterung. Man bezeichnet dies auch als exzentrisches messern oder schälen. Hierdurch kann entweder ein besonders schmales Furnierbild (vom Herz schlagen), oder ein besonders breites („fladriges“) Bild erzeugt werden.

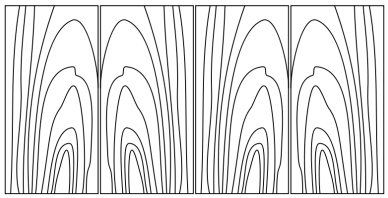
Nutzung

Es werden folgende Produktarten nach ihren Verwendungsbereichen unterschieden:

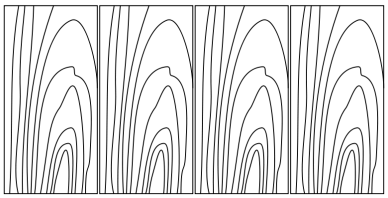
Edel- bzw. Deckfurniere

Diese verwendet man zum Belegen von Plattenmaterial oder anderem Material, um eine edle Holzoptik zu erzeugen. Hierzu werden meist Messerfurniere, seltener die teuren Sägefurniere eingesetzt. Besonders schöne Ergebnisse erreicht man mit teuren Maserfurnieren, die aus Wucherungen (z. B. bei der Pappel) oder Wurzelknollen (z. B. Nußbaum) gewonnen werden.

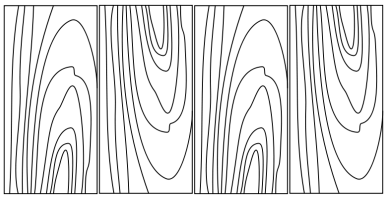
Man kann das Furnier zu verschiedenen „Bildern“ fügen:



gestürzt



gelegt, auch geschoben, gereiht



kopfgestürzt

Weitere Beispiele für Einsatz und Verwendung von Edelholz-Furnier siehe Edelholz

Unterfurniere

Diese werden bei hochwertigen Arbeiten als zusätzliche Trennschicht zwischen Trägermaterial und Deckfurnier um 90° in der Maserungsrichtung gedreht eingebracht. Dadurch wird verhindert, dass Schäden des Trägermaterials durch das Deckfurnier durchschimmern oder sich die Leimfugen der (eventuellen) Anleimer abzeichnen. Unterfurniere bestehen meist aus Messerfurnieren minderer Qualität und höherer Dicke als das später sichtbare Deckfurnier.

Blindfurniere

„Blindfurniert“ werden mit sogenanntem „Gegenzugfurnier“ furnierte Flächen, die nach dem Einbauen des Werkstückes nicht mehr sichtbar sind, beispielsweise die Innenseiten eines Sockels. Dies ist nötig, da sich die Unterlage mit der Zeit durch einseitige Furnierung verziehen könnte. Hierfür werden in der Regel Furniere minderer Qualität mit optischen Fehlern verwendet.

Absperrfurnier

So werden Furniere bezeichnet, die beim Herstellen von Platten die Platte „absperren“, das heißt weitere Bewegungen und Veränderungen der Trägerplatte verhindern sollen. Dies gilt insbesondere für die Tischlerplatte. Diese besteht aus langen und schmalen Holzstäben, auf die das Absperrfurnier - bezogen auf die Maserrichtung – um 90° versetzt aufgeleimt wird. Für Absperrfurniere werden wegen größerer verfügbarer Breiten meist Schälfurniere von dickerer Stärke als normales Messerfurnier verwendet.

Verarbeitung

Furniere werden vor dem Verarbeiten meist zu Furnierdecken („Fixmaße“) gefügt, so dass das Aufbringen auf eine Platte in einem Schritt erfolgen kann. Dazu werden die einzelnen Furnierblätter beschnitten und dann entweder auf Stoß geleimt oder mit einem zickzack-förmig verlaufenden Leimfaden „vernäht“.



Furnierdecke: Die Klebestreifen verstärken den Rand und halten Beschädigungen zusammen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Nur die wertvollsten Hölzer werden zur Herstellung von Furnier verwendet, und das sind vor allem Laubhölzer. Hier dominieren derzeit Buche und Eiche mit jeweils ca. 30 Prozent Marktanteil. Ahorn weist zehn Prozent Marktanteil auf. Birke, Kirsche, Esche und die Nadelhölzer bewegen sich in einem Rahmen von jeweils fünf bis sieben Prozent. In Deutschland sind rund 30 Unternehmen mit rund 1.000 Mitarbeitern überwiegend im Furniersektor tätig. Hauptabnehmer der Furniere sind vor allem industrielle Verarbeiter (insbesondere die Möbelindustrie) und der Handel. Weitere Abnehmer sind der Innenausbau und das Tischler- und Schreinerhandwerk. Das Segment der Automobilindustrie nimmt an Bedeutung zu. [2]

Geschichte

Die Furniertechnik wurde um 2900 v. Chr. von den Ägyptern erfunden. In Ägypten waren die edlen Hölzer ebenso begehrt wie selten. Dies zwang die Ägypter zu einer möglichst ökonomischen Verarbeitungsweise. Sie schnitten das Holz in feine Brettchen. 1922 wurden furnierte Möbelstücke als Grabbeigaben für Tutanchamun gefunden – Zeitzeugen einer altertümlichen Furniertechnik.

Manche Möbelmode, z. B. Louis Seize oder Biedermeier wäre ohne Furniere nicht möglich gewesen. Viele der modischen Hölzer waren massiv nicht verarbeitbar oder nicht ausreichend vorhanden. Dekorationselemente wie Maserbilder oder Intarsien wurden durch Furniere im weitesten Sinne erst möglich.

Unsere heutigen Möbel, flächige Türen und Formholzprodukte machen deutlich, welch dominante Rolle das Furnier erreicht hat.

Literatur

- André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8.

Weblinks

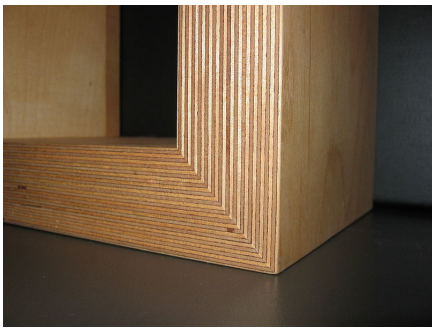
- Initiative Furnier und Natur e.V. (deutsch) [3]
- Bundesverband Säge- und Holzindustrie Deutschland (deutsch) [4]
- Historische Aufnahme einer Furnierkreissäge in Amerika um 1920 [5]

Referenzen

[1] Staatliche Studienakademie Dresden, Fabian Knorr (http://jufacom.de/Fabian_Knorr/Dokumente/BA_PA_2.pdf)
[2] Bundesverband Säge- und Holzindustrie Deutschland. Die Branche 2009 (http://www.saegeindustrie.org/sites/branche.php)
[3] http://www.furnier.de
[4] http://www.saegeindustrie.org
[5] http://www.edelholzverkauf.de/aaFuSaegen/Kreis1920.jpg

Furniersperrholz

Furniersperrholz, auch **Furnierplatte** genannt, ist ein symmetrischer Aufbau aus mehreren, kreuzweise verleimten Schichten aus Schälfurnier. Die Anzahl der Furnierlagen ist daher stets ungerade. Durch die Anzahl und Anordnung der Furnierlagen ergeben sich der Plattenaufbau und seine spezifischen Festigkeitseigenschaften. Eine Platte über 12 mm Dicke und mit mindestens 5 Lagen wird als Multiplex-Platte bezeichnet.



40mm dicke Birke-Multiplex-Platte mit 45°-Gehrung

Eigenschaften und Qualitäten

Durch das kreuzweise Verleimen der Furnierblätter wird das Holz in seinen natürlichen Eigenschaften des Quellens und Schwindens stark eingeschränkt und somit eine hohe Stabilität und Standfestigkeit gewährleistet. Die Faserrichtung der beiden äußeren Decklagen verlaufen dabei unbedingt parallel, damit sich die Platte nicht verzieht. Furniersperrholz kann beschichtet und oberflächenbehandelt werden. Unter spezielle Ausführungen für besondere Zwecke fallen beispielsweise das Bau-Furniersperrholz (BST) mit besonders hoher Biegefestigkeit, metallbewehrtes Furniersperrholz oder Dampfsperre-Platten, welche eine Mittelschicht aus Aluminiumblech aufweisen. Formsperrholz besteht ebenfalls aus 90° kreuzweise verleimten Furnierlagen - hier kommen überwiegend Buchenschälfurniere zum Einsatz.

Herstellung

Die getrockneten Holzlagen werden beleimt, kreuzweise übereinander gelegt und unter Wärmeeinwirkung gepresst. Spezialpressen ermöglichen die Herstellung von Formsperrholz. Die Furnierlagen werden dabei nicht wie eine Platte plan verpresst, sondern in besonderen Formen zu Sitzschalen, Verkleidungen usw. ausgeformt.

Verwendung

Wegen seiner guten Formbeständigkeit findet dieser Werkstoff im Möbel- und Innenausbau für Rückwände, Füllungen oder Verplankungen Verwendung. Der Werkstoff ist auch als Außensperrholz erhältlich und kann als solcher in Feucht-, Nass- oder Kühlräumen zum Einsatz kommen. Darüber hinaus findet er im KfZ- und Waggonbau sowie als Verpackungsmaterial Anwendung.

Wirtschaftliche Bedeutung

Gemessen an der Gesamtproduktion an Sperrholz machten Furnierplatten mit einer Produktion von 22.000 m3 im Jahre 2008 etwa 12,6% aus. [1] In Deutschland gibt es 2009 sechs Hersteller von Furniersperrholz.

Weblinks

- Hersteller von Furniersperrholz (deutsch) [2]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [6]

Siehe auch

- Furnierschichtholz
- Sperrholz
- Formsperrholz

Referenzen

[1] Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Branchendaten 2008 (http://www.vhi.de/VHI-Branchendaten2.cfm)
[2] http://www.vhi.de/VHI-Furnierplatten.cfm

- G -

Ganzpflanzensilage

Ganzpflanzensilage (GPS) ist ein durch Gärung (Silieren) konserviertes Grünfuttermittel oder dient als Ausgangsstoff (Substrat) zur Gewinnung von Biogas. Hierbei wird die gesamte oberirdische Biomasse der Pflanze geerntet. Der Begriff wird vor allem in Bezug auf Silagen aus Getreidearten und großsamigen Leguminosen angewandt.

Beispiele und Abgrenzung

In der Regel werden als Ganzpflanzensilage Gärfuttermittel aus Getreidepflanzen und großsamigen Leguminosen bezeichnet, nicht jedoch Gras- und Kleesilagen, obwohl diese von der Definition "Silage aus den gesamten oberirdischen Teilen einer Pflanze" mit erfasst werden. Beispiele für Ganzpflanzensilagen sind Roggen-GPS, Gerste-GPS oder GPS aus Artenmischungen wie Hafer-Gerste-Erbsen-GPS. Bei Maissilagen wird der Begriff Ganzpflanzensilage verwendet, wenn der Unterschied zu einer Silage aus Teilen der Maispflanze (Lieschkolben, Corn-Cob-Mix) betont werden soll.

Erzeugung

Die Pflanzen werden zu Beginn der Teigreife geerntet, bei Trockenmassegehalten von 35 bis 40 Prozent. Sie werden in der Regel bereits bei der Ernte mit dem Feldhäcksler zerkleinert. Das Erntegut wird unter Luftabschluss in Silos gelagert. Die natürlicherweise stattfindende milchsaure Gärung konserviert die Pflanzenteile. Wegen der vergleichsweise niederigen Nitratgehalte im Siliergut kann daneben die für die Konservierung nachteilige Buttersäuregärung auftreten, so dass bei der GPS-Bereitung häufig Siliermittel eingesetzt werden.[1]

Vergleich von Biogasrohstoffen

Material	**Biogasertrag**[2] **(FM = Frischmasse)**	**Methangehalt**[2]
Maissilage	202 m³/t FM	52 %
Grassilage	172 m³/t FM	54 %
Roggen-GPS	163 m³/t FM	52 %
Futterrübe	111 m³/t FM	51 %
Bioabfall	100 m³/t FM	61 %
Hühnermist	80 m³/t FM	60%
Zuckerrübenschnitzel	67 m³/t FM	72 %
Schweinemist	60 m³/t FM	60 %
Rindermist	45 m³/t FM	60 %
Getreideschlempe	40 m³/t FM	61 %
Schweinegülle	28 m³/t FM	65 %
Rindergülle	25 m³/t FM	60 %

Nutzung

GPS kommt als Grundfutter für Wiederkäuer wie zum Beispiel Rinder zum Einsatz. Vereinzelt ergänzt es auch die Futterrationen anderer Nutztierarten (zum Beispiel Zuchtsauen). Daneben wird Ganzpflanzensilage als Substrat in Biogasanlagen eingesetzt. Gegenüber Maissilage, dem am meisten verwendeten Biogassubstrat, erreicht Ganzpflanzensilage im Durchschnitt geringere Biogasausbeuten pro Hektar Anbaufläche, ermöglicht jedoch eine Risikostreuung im Anbau und die Ausweitung von Fruchtfolgen im Substratanbau. Standortabhängig kann Ganzpflanzensilage die Methanerträge von Mais durchaus erreichen oder gar übertreffen[3] . Als Gärsubstrat nutzt Getreide-Ganzpflanzensilagen knapp die Hälfte der Biogasanlagen in Deutschland[4] , jedoch meist nur zu geringen Anteilen: An der Masse der eingesetzten Nachwachsenden Rohstoffe beträgt der Anteil der GPS-Silagen aus Getreide lediglich acht Prozent[5] .

Weblinks

- Tipps zur Bereitung von hochwertiger Ganzpflanzensilage (GPS) im ökologischen Landbau [6] (Amt für Landwirtschaft und Forsten, Regensburg; PDF-Datei; 15 kB)

Referenzen

[1] Jeroch, Heinz; Drochner, Winfried und Simon, Ortwin, 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Ulmer Verlag, S. 276, ISBN 3800110865

[2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Biogas Basisdaten Deutschland Stand: Januar 2008.*

[3] Katja Gödecke, Arlett Nehring, Armin Vetter, 2007: Energiepflanzen clever anbauen. In: Forum New Power 3/2007 (http://www.th-mann.de/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=69&Itemid=113&lang=de), S. 34ff.

[4] P. Weiland: Technische Anforderungen an die Vergärung von Energiepflanzen. (http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/dechema2006/Praesentationen/Weiland.pdf) (pdf) Präsentation auf der DECHEMA-Fachtagung Bioenergie, Güstrow, 8.–9. März 2009.

[5] Institut für Energetik und Umwelt, 2008: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht im Auftrag des BMU, S. 54. (http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endbericht_eeg_monitoring.pdf)

[6] http://www.alf-re.bayern.de/pflanzenbau/20483/linkurl_0_1_0_0.pdf

Gärrest

Als **Gärrest** wird der flüssige oder feste Rückstand bezeichnet, der bei der Vergärung von Biomasse in einer Biogasanlage zurückbleibt. Wegen seines hohen Gehalts an Nährstoffen wird er meist als landwirtschaftlicher Dünger verwendet. Auch die Bezeichnung **Biogasgülle** wird verwendet. Für die **Gärreste** der Ethanolherstellung aus Getreide wird hingegen meistens die Bezeichnung Schlempe verwendet.

Bildung des Gärrestes

Hauptartikel Biogasanlage

In Biogasanlagen werden verschiedenste Substrate eingesetzt, wie z. B. Gülle, Maissilage oder Biomüll. Diese enthalten Wasser und organische Verbindungen wie Kohlenhydrate (Zucker, Stärke, Hemicellulose, Cellulose), Proteine, Fette und andere Verbindungen in unterschiedlichen Anteilen. Ein großer Anteil dieser organischen Verbindungen wird während des anaerob stattfindenden Biogasprozesses von Mikroorganismen abgebaut. Im Biogas finden sich mit Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) die mengenmäßig wichtigsten Abbauprodukte. Daneben sind zunächst noch kleine Anteile wie Schwefelwasserstoff (H_2S) und Ammoniak (NH_3) enthalten.[1] Durch die Abbauprozesse wird aus dem zähflüssigen bis festen Substrat der flüssige bis zähflüssige Gärrest mit einem hohen Wasseranteil.

Zusammensetzung und Düngewert

Gärreste enthalten erhebliche Mengen an leicht pflanzenverfügbarem Stickstoff, zudem Phosphor, Kalium, Schwefel und Spurenelemente. Unbelastete Gärreste sind damit als hochwertiger organischer Dünger anzusehen. Die Nährstoffzusammensetzung des Gärrests kann stark schwanken, abhängig von den verwendeten Substraten.

Parameter	Mittelwert (Anlagen mit Nachwachsenden Rohstoffen)	Mittelwert (Bioabfallanlagen)
Trockenmasse	7,0 %	6,1 %
pH	8,3	8,3
Organische Substanz	51 kg/t FM (Frischmasse)	42 kg/t FM5
Stickstoff	4,7 kg/t FM	4,8 kg/t FM
Ammonium	2,7 kg/t FM	2,9 kg/t FM
Phosphor	1,8 kg/t FM5	1,8 kg/t FM5
Kalium	5,0 kg/t FM	3,9 kg/t FM

|+ Zusammensetzung von Gärresten[2]

Stickstoff

Da aus dem Substrat nur geringe Mengen NH_3 entweichen, verbleibt der größte Teil des Stickstoffs (rund 3,4 bis 5,0 kg/m^3) im Gärrest. Durch die Abbauprozesse verringert sich der Anteil des in der Organik gebundenen Stickstoffs, während sich der Anteil an NH_3 erhöht – 45 bis 76 Prozent liegen als Ammonium-Stickstoff vor. Da sich bei der Vergärung der pH-Wert vom neutralen in den leicht basischen pH-Bereich (pH 8 bis 8,5) verschiebt, verschiebt sich auch das Gleichgewicht vom gut löslichen Ammonium NH_4+ zum NH_3. Bei der Lagerung und Ausbringung des Gärrestes besteht somit eine höhere Gefahr der Ausgasung des Ammoniaks. Positiv kann sein, dass der Stickstoff in dieser Form für Pflanzen schneller verfügbar ist. Wenn der Bedarf der Pflanze gering ist, kann der ausgebrachte Stickstoff unter Umständen jedoch nicht effektiv genutzt werden.

Weitere Nährstoffe

Für pflanzenverfügbare Kalium- und Phosphorgehalte werden etwa 1,8 bis 3,5 kg/m^3 angegeben. Abhängig vom Verfahren zur Entschwefelung des Biogases kann zudem ein großer Teil des Schwefels in den Gärrest zurückgeführt werden.[1] Auch andere mit dem Substrat zugeführte Nährstoffe wie Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium, etc. verbleiben im Gärrest. [3]

Düngewert, Humuswirkung und Schadstoffe

Nach Düngung mit Gärresten wird die mikrobielle Aktivität des Bodens für ca. 9 bis 10 Wochen erhöht. Regenwürmer dagegen meiden einen mit hohen Mengen Gärrückständen gedüngten Boden. Positiv bewertet wird die im Vergleich zu Gülle geringe Viskosität des Gärrests, die ein schnelleres Eindringen in den Boden und somit verringerte Emissionen bedeutet.

Als Dünger im Ackerbau können Gärreste Mineraldünger je nach Kultur weitgehend ersetzen (z.B. bei Sommerweizen) oder ergänzen (z.B. Mais), die Düngewirkung liegt in Bezug auf Stickstoff - je nach Kultur - meist deutlich über 70% der entsprechenden Menge eines Mineraldüngers.

Die Zufuhr Organischer Substanz durch die Düngung mit Gärresten ist nur gering, der Humusbedarf der Böden kann durch Gärrestdüngung nicht gedeckt werden. Die Schwermetallgehalte von Gärprodukten sind so gering, dass sie für die landwirtschaftliche Verwertung kein Problem darstellen. Der Salmonellen-Befall von Gärprodukten aus NawaRo-Anlagen liegt auf einem niedrigen, kaum bedenklichen Niveau, die Clostridienbelatung gleicht der unbehandelter Gülle. Von der Übertragung von Pflanzenkrankheiten durch Gärreste ist ebenfalls nicht auszugehen.[2]

Lagerung und Ausbringung

Der Gärrest wird zunächst in einem Lagerbehälter gesammelt. Bei Neuanlagen ist eine gasdichte Abdeckung des Gärrestlagers vorgeschrieben, um Emissionen des starken Klimagases Methan (CH_4) zu vermeiden.



Biogasanlage in Neuhaus (Oste) mit gasdichten Behälterabdeckungen

Die Ausbringung des flüssigen Gärrestes erfolgt mit Güllefässern, fester Gärrest wird mit Miststreuern auf landwirtschaftlichen Flächen verteilt. Meist werden die Gärreste auf den Anbauflächen für das Substrat der Biogasanlage bzw. den Futteranbauflächen der Gülle liefernden Viehhaltung ausgebracht. Dieses Rückführen sorgt für einen geschlossenen Nährstoffkreislauf. Positiv an der Verwendung von Gülle als Substrat ist, dass die bei der gängigen Güllelagerung auftretenden Methanemissionen verringert werden. Bei der Ausbringung von Gülle können Geruchsbelästigungen vor allem durch Ammoniak, organische Schwefelverbindungen, Schwefelwasserstoff (H_2S) sowie organische Säuren auftreten. Abgesehen vom Ammoniak werden diese Verbindungen während der Vergärung abgebaut. Der Gärrest ist daher deutlich geruchsärmer als die eingesetzte Gülle.[1]

In Deutschland schreibt die Düngeverordnung vor, dass der Gärrest nur zu bestimmten Zeiten auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden darf. So ist in den sogenannten Kernsperrfristen die Ausbringung von Gärrest auf Ackerland vom 1. November bis zum 31. Januar, die Ausbringung auf Grünland vom 15. November bis zum 31. Januar nicht erlaubt. In genehmigungspflichtigen Ausnahmefällen kann der Zeitpunkt der Kernsperrfrist, jedoch nicht die Länge der Frist verändert sein. Zweck der Verordnung und insbesondere der Kernsperrfristen ist der Gewässer- und Grundwasserschutz vor übermäßigem Nährstoffeintrag.

Trocknung, Verbrennung

Bei anderen Verwertungswegen wird der Gärrest zunächst getrocknet, bevor er auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht wird. Das erhöht die Transportwürdigkeit gegenüber dem stark wasserhaltigen Gärrest. Häufig wird die Gärrest-Trocknung mit Abwärme aus der Biogasverstromung betrieben. Durch diese sogenannte Kraft-Wärme-Kopplung erhöht sich die EEG-Vergütung für den eingespeisten Strom. Da der Gärrest noch einen gewissen Anteil an schwer abbaubaren Kohlenhydraten (Cellulose, Lignocellulose) enthalten kann, kann er nach dem Trocknen auch als Brennstoff interessant sein. Hohe mineralische Anteile und die enthaltenen Schwefel- und Stickstoffverbindungen führen jedoch zu einem relativ hohen Anfall an Schlacke und verursachen Korrosion im Kessel sowie relativ hohe Emissionen.[3]

Besonderheiten bei bestimmten Substraten

Bei anderen Biogasanlagen-Konzepten wird ein wasserärmeres Substrat, wie z. B. Getreide, verwendet. Aus dem wässrigen Gärrest wird die flüssige Phase abgepresst und zum Anmaischen des Substrats verwendet. Die feste Phase des separierten Gärrests hat eine höhere Transportwürdigkeit. Bei verschiedenen Konzepten der Trockenfermentation entsteht ebenfalls ein fester Gärrest.[1] Ein Beispiel ist die Fermentation von Bioabfällen, an die sich meist die Kompostierung des Gärrests anschließt. Auch Hausmüll kann fermentiert werden, um den organischen Anteil abzubauen und so die Gesamtmasse zu reduzieren. Der Gärrest wird in diesem Fall deponiert.

Rechtliche Einordnung

Die rechtliche Einordnung von Gärresten unterscheidet sich je nach den eingesetzten Substraten und dem Ausbringungsort. Werden in Biogasanlagen nur Wirtschaftsdünger und Nachwachsende Rohstoffe verarbeitet, so gilt der Gärrest als Wirtschaftsdünger. Werden auch Bioabfälle vergoren, so gilt auch der Gärrest als Bioabfall und muss daher neben düngemittelrechtlichen auch abfallrechtliche Auflagen erfüllen, unter anderem in Bezug auf die seuchenhygienische Unbedenklichkeit. In diesem Fall muss der Gärrest häufig vor der Ausbringung hygienisiert werden.[4] Die Hygienisierung findet meist vor der Vergärung durch einstündiges Erhitzen auf 70 °C oder durch eine thermophile Vergärung statt, bei der für mindestens 24 Stunden 55 °C erreicht werden müssen. Insbesondere für Bioabfälle wird dies durch die Bioabfallverordnung vorgeschrieben.

Literatur

- B. Eder, H. Schulz: *Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagebau, Beispiele und Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen* ökobuch Verlag Staufen 2006, 3. Auflage, ISBN 978-3-936896-13-8
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung, ISBN 3-00-014333-5. Kostenlose 232-seitige Broschüre der FNR.
- Gesamttext der Düngeverordnung, verfügbar beim Juristischen Informationssystem für die Bundesrepublik Deutschland (juris) [5]
- Karen Sensel, Verena Wragge, 2008: Schlussbericht zu dem Verbundprojekt Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Inputsubstrats Energiepflanzen. (pdf [6])

Referenzen

[1] Abschlussbericht eines österreichischen Forschungsprojektes zur Verringerung der Geruchs- und Klimagasemission von Gülle (http://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/424a5b8f8fc8d1225bbaba509c8877b8/Endbericht_100333.pdf)

[2] Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe, des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg:*Inhaltsstoffe von Gärprodukten und Möglichkeiten zu ihrer geordneten pflanzenbaulichen Verwertung.* Projektbericht, Dezember 2008, S.2-7 (pdf (http://www.kompost.de/fileadmin/docs/Archiv/Duenger_udn_Substrate/Duengewirkung_4_09_1u2.pdf))

[3] - Projektbericht einer Machbarkeitsstudie zur Verwertung von Gärresten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen (https://www.fh-muenster.de/forschung/forschungskatalog/projekt.php?pr_id=344)

[4] aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), 2007: Biogasanlagen in der Landwirtschaft. S.40, ISBN 9783830806820

[5] http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf

[6] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22012105.pdf

Gartenkresse

Gartenkresse

Keimlinge der Gartenkresse
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida) *Unterklasse:* Rosenähnliche (Rosidae) *Ordnung:* Kreuzblütlerartige (Brassicales) *Familie:* Kreuzblütengewächse (Brassicaceae) *Gattung:* Kressen (*Lepidium*) *Art:* Gartenkresse
Wissenschaftlicher Name
Lepidium sativum
L.

Gartenkresse (*Lepidium sativum*) ist eine Kulturpflanze aus der Familie der Kreuzblütengewächse (Brassicaceae). Es wird vermutet, dass die Gartenkresse aus West- oder Zentralasien stammt, dort kommt sie auch heute noch wild vor.



Zeichnung von allen Pflanzenteilen der Gartenkresse

Beschreibung

Die einjährige krautige Pflanze erreicht Wuchshöhen von bis zu 50 Zentimetern. Die Stängel sind kahl, bläulich grün und nach oben verzweigt. Die weißen bis rosafarbenen Blüten sind zwittrig und vielzählig. Es werden Schoten gebildet.

Kultur

Die Kultur der Gartenkresse kann hierbei auf unterschiedlichen Materialien und Erde stattfinden, wobei das traditionell genutzte Perlitsubstrat ebenso wie Celluloseflocken und geschäumte Kunststoffe zunehmend von Anzuchtvliesen aus Flachs- und Hanffasern verdrängt werden. Als Vorteile werden der geringere Düngebedarf, die rasche Auskeimung und der schnelle Wuchs der Kresse sowie die einfachere Entsorgung der Anzuchtvliese genannt.[1]

Nutzung

Gartenkresse schmeckt roh beißend scharf, der Geschmack erinnert an Senf und Rettich, was am Gehalt an Senfölglykosiden liegt. In den Lebensmittelhandel gelangen und in der Küche verwendet werden vor allem die Keimlinge, die etwa eine Woche nach der Aussaat geerntet werden können.

Verwendet werden die Sorten dieser Art frisch für kalte Aufstriche, besonders solche auf Frischkäse- oder Quarkbasis, und für Salate. Manchmal streut man die gehackten Blätter auf warme Speisen, wie Gemüsesuppen oder Eierspeisen. Auch beliebt sind gehackte Gartenkresseblätter auf Butter- oder Schmalzbrot.

Die meistverbreitete einjährige Gartenkresse stammt vermutlich aus dem vorderen Orient, ihre Samen wurden schon in alten Pharaonengräbern gefunden. Auch Griechen und Römer schätzten sie, Karl der Große verordnete ihren Anbau in seinen Kapitularien.

Ähnliche Arten

Neben der Gartenkresse wird in der Küche auch das mehrjährige Pfefferkraut (*Lepidium latifolium*) verwendet. Die Brunnenkresse (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) der Gattung *Rorippa* gehörte früher zur Gattung *Nasturdium*, hier besteht also nur eine Ähnlichkeit durch den deutschen Namen, nicht etwa eine enge Verwandtschaft. Andere Namensvettern unter Kresse.

Wirkstoffe

Gartenkresse zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an Vitamin C, Eisen, Kalzium und Folsäure aus. Außerdem enthält sie Vitamin B. Leicht zu kultivieren, eignet sich Gartenkresse vor allem im Winter, wenn frisches Obst und Gemüse rar sind, zur Nahrungsergänzung. Weitere Inhaltsstoffe, die für ihren Geschmack verantwortlich sind, sind Ethylisothiocyanat und Benzylisothiocyanat sowie Phenylacetonitril (Benzylcyanid).



Samen gerade keimend

Weblinks

- Eintrag bei Gernod Katzers Gewürzseiten. [2]
- Eintrag bei GRIN. [3]

Referenzen

[1] Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008; S. 198-199. (PDF-Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_315gf_band_26_komplet_100.pdf))

[2] http://www.uni-graz.at/~katzer/germ/Lepi_sat.html

[3] http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?21769

Gärung



Gärung in der Industrie.

Die **Gärung** ist ein Stoffwechselprozess, bei dem durch Oxidation von energiereichen Verbindungen wie z. B. Kohlenhydrate und Aminosäuren Energie gewonnen wird. Bei der Gärung wird Energie in Form von ATP durch Substratkettenphosphorylierung gewonnen. Die freiwerdenden Elektronen dieser Oxidationsprozesse werden auf Reduktionsäquivalente (NADH, Ferredoxin) übertragen. Für weitere Oxidationen müssen diese Reduktionsäquivalente regeneriert werden. Im Gegensatz zur (anaeroben oder aeroben) Atmung gelangen die Elektronen aber nicht auf einen externen, terminalen Akzeptor (z. B. Sauerstoff O_2 bei der aeroben Atmung, Nitrat NO_3^- bei der Nitratatmung, Fumarat bei der Fumaratatmung). Stattdessen werden sie auf *interne*, metabolische Oxidationsprodukte übertragen. Mikroorganismen scheiden Gärprodukte aus, bei höherzelligen Lebewesen werden diese aus der Zelle gebracht.

Die Gärung wird vor allem von Mikroorganismen genutzt, jedoch können auch Pflanzen unter Sauerstoffmangel auf sie zurückgreifen. In den Muskeln wird unter Sauerstoffmangel und damit fehlenden terminalen Elektronenakzeptor Sauerstoff die so genannte Milchsäuregärung durchgeführt. Der interne Elektronenakzeptor ist in diesem Falle Pyruvat, aus dem dann das Anion der Milchsäure (Laktat) entsteht.

Gärungen werden vielfältig zur Herstellung, Veredelung und Konservierung von Lebens- und Futtermitteln genutzt (vor allem die alkoholische Gärung und die Milchsäuregärung). Im Vergleich zur aeroben Atmung wird bei Gärungen nur eine geringe Menge Energie gewonnen, da dabei statt Citratzyklus und anschließender Atmungskette nur die Substratkettenphosphorylierung genutzt wird.

Organismen, die eine Gärung betreiben, nennt man auch (primäre) Gärer. Manche Mikroorganismen sind so genannte *sekundäre Gärer*, sie nehmen die Gärprodukte primärer Gärer auf und vergären sie weiter zu Kohlenstoffdioxid (CO_2), Acetat oder Wasserstoff (H_2).[1]

Arten von Gärung

Zwei wichtige Arten von Gärungen sind:

- die alkoholische Gärung, bei der durch Hefen Kohlenhydrate in Ethanol (Alkohol) und Kohlenstoffdioxid umgewandelt werden. Die alkoholische Gärung ist der wesentliche Prozess bei der Herstellung aller alkoholischen Getränke sowie von Brot und Hefegebäck:

  $$\mathrm{C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 2\ ATP}$$

  D-Glucose, je zwei Moleküle ADP und anorganischer Phosphat werden zu zwei Molekülen Ethanol und Kohlenstoffdioxid sowie ATP vergoren.

- die Milchsäuregärung, bei der Zucker in Milchsäure umgesetzt wird. Milchsäuregärung findet zum Beispiel bei der Herstellung von Joghurt, Sauerkraut oder Silage statt:

  $$\mathrm{C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i \rightarrow 2\ C_3H_6O_3 + 2\ ATP}$$

  D-Glucose, je zwei Moleküle ADP und anorganischer Phosphat werden zu zwei Molekülen Milchsäure und ATP vergoren.

Darüber hinaus finden sich noch verschiedene weitere Arten von Gärungen:

- die Propionsäuregärung (z. B. bei der Herstellung von Emmentaler)
- die Malolaktische Gärung (wichtig bei der Weinherstellung: Reduzierung des Gehalts an Apfelsäure zugunsten der Bildung von Milchsäure)

- die Ameisensäuregärung
- die 2,3-Butandiolgärung
- die Buttersäuregärung
- die Homoacetatgärung.

Abgrenzung

Fälschlicherweise wird Gärung gelegentlich als Synonym für Fermentation benutzt. Fermentation ist jedoch der technologische Oberbegriff für Biokonversionen mit Hilfe lebender, ganzer Zellen, wovon die **Gärung** einen Spezialfall darstellt.

Gärungsprodukte

Die Gärung als biotechnologischer Produktionsprozess und daraus hergestellte Produkte haben eine hohe wirtschaftliche Bedeutung in der Lebensmittel- und Getränkewirtschaft und für die Landwirtschaft. Die alkoholische Gärung ist Grundlage sämtlicher alkoholhaltiger Getränke, hat aber auch durch die Herstellung von Bioethanol als Biokraftstoff oder zur technischen Nutzung eine hohe Bedeutung. Bei Nahrungsmitteln steht die milchsaure Gärung im Vordergrund. So werden mit ihrer Hilfe zahllose Milchprodukte erzeugt, unter anderem Joghurt, Käse, Kefir, Kwas. Bei der Herstellung von Backwaren auf Basis von Backhefe und Sauerteig und bei der Zubereitung von Dauerwürsten wie Salami kommt die Milchsäuregärung zum Einsatz. Bei unter Luftabschluss gelagertem Gemüse (z.B. Sauerkraut) fördert die milchsaure Gärung die Konservierung. Auch die Haltbarkeit von Silage als Futtermittel oder als Gärsubstrat für die Erzeugung von Biogas beruht auf der milchsauren Vergärung frischer Biomasse. Beim komplexen Prozess der Biogasbildung aus Biomasse spielt neben weiteren fermentativen Prozessen die Gärung eine wichtige Rolle.

Durch Gärung können auch viele wichtige chemische Lösungsmittel, Alkohole und Säuren gewonnen werden, wie beispielsweise Ameisen-, Essig-, Propion-, Butter- und Bernsteinsäure sowie Ethanol, Glycerin, Isopropanol, Butanol und Butandiol.[2] Hierbei ist *Clostridium acetobutylicum* von besonderer Bedeutung.

Physiologische Bedeutung

Die Gärung ist ein schneller Weg, um durch Substratkettenphosphorylierung ATP zu generieren. Dies ist auch bei anaerob wachsenden Organismen vorteilhaft, da sie nicht auf den externen Elektronenakzeptor Sauerstoff angewiesen sind. Jedoch wird im Gegensatz zur aeroben Atmung viel weniger ATP gebildet.

Auch beim Menschen gibt es spezialisierter Zellen, die ihre Energie ausschließlich durch Milchsäuregärung beziehen. Erythrozyten beispielsweise können wegen fehlender Mitochondrien Glucose nur unter anaeroben Bedingungen verstoffwechseln. Muskelzellen vermögen ATP in der Milchsäuregärung zu generieren, auch wenn nicht genügend Sauerstoff für eine aerobe Atmung zur Verfügung steht.

Auch bei größeren Tieren gelangt häufig Sauerstoff nicht schnell genug in die Gewebe, so dass nötige Energie durch Gärung gewonnen wird.[2] Alligatoren und Krokodile vermögen blitzschnelle Angriffe zu starten, die viel Energie kosten. Diese Energie stammt aus der Milchsäuregärung. Auch Elefanten, Nashörner, Wale und Robben sind auf die Milchsäuregärung angewiesen. Man vermutet, dass große Saurier völlig auf Gärungen angewiesen waren.

Manchmal fehlt höherentwickelten, aerob lebenden Organismen der Sauerstoff an Orten, an denen sie leben. Quastenflosser und andere Meereswirbeltiere betreiben Gärung zur Deckung ihres Energiebedarfes, da sie in großen Tiefen leben. Dort ist die Menge gelösten Sauerstoffes limitiert. Auch Tintenfische beziehen ein Teil ihrer Energie aus der Vergärung Pyruvat, dabei entsteht Octopin.

Geschichte

In der Entwicklung des Lebens auf der Erde war die Gärung ein Prozess, der erst nach größerer Verfügbarkeit von Sauerstoff durch photosynthetische Pflanzen Bedeutung erlangte.

Von Frühmenschen wurden natürliche Gärungsprodukte wie vergorene und Alkohol enthaltende Früchte gelegentlich genossen, so wie sie auch durch andere Tiere genossen werden (z.B. von Wespen). Anzunehmen ist auch, dass bereits steinzeitliche Jäger im Magen erbeuteter junger Wiederkäuer, welche kurz zuvor noch Muttermilch getrunken hatten, weißliche gallertartige Klumpen natürlichen Käses entdeckten und verwendeten.

Mit der Domestizierung von Ziegen und Schafen etwa vor 10.000 - 8.000 Jahren in Vorderasien standen dem Menschen Milchprodukte zur Verfügung, woraus auch Gärungsprodukte entstanden. Als im 6. Jahrzehnt v. Chr. an verschiedenen Stellen Rinder domestiziert wurden, existierte bereits ein Grundverständnis der Käserei.

Aus Trauben wird, ausgehend von Persien, seit etwa 5.500 Jahren Wein hergestellt. Seit maximal 4.700 Jahren wurde im Fruchtbaren Halbmond und Ägypten Sauerteig zum Brotbacken eingesetzt und die gleichen *Saccharomyces cerevisiae* Kulturen mit den gleichen Getreideprodukten zum Bierbrauen verwendet. Heutzutage wird auch Zitronensäure durch Gärung mittels *Aspergillus* technisch in großem Maßstab gewonnen.

Im Jahr 1810 stellte Joseph Louis Gay-Lussac die chemische Bruttogleichung für die Gärung auf. Aus einem Molekül Traubenzucker entstehen zwei Moleküle Ethylalkohol und zwei Moleküle Kohlendioxid. Louis Pasteur konnte nachweisen, dass lebende Hefepilze für die Gärung verantwortlich sind.[3]

Siehe auch

- aerobe Atmung
- anaerobe Atmung
- Gärröhrchen
- Pasteur-Effekt

Literatur

- Reinhard Renneberg: *Biotechnologie für Einsteiger*. Elsevier GmbH, Spektrum akademischer Verlag, 2. Auflage 2007, ISBN 382741847X
- Katharina Munk (Hrsg.): *Taschenlehrbuch Biologie: Mikrobiologie*. Thieme Verlag Stuttgart 2008, ISBN 978-3-13-144861-3, S. 374ff.

Weblinks

- Alkoholische Gärung, Alkoholherstellung, Was ist Alkohol ? [4]
- Michsäuregärung und alkoholische Gärung: Kurzbeschreibung der Biochemie [5]

Referenzen

[1] Munk, a. a. O., S. 376

[2] Albert L. Lehninger, David L. Nelson und Michael M. Cox: *Lehninger Biochemie*. Springer, Berlin; 3., vollst. überarb. u. erw. Auflage 2009; ISBN 978-3-540-41813-9; S. 584ff.

[3] *Enzyklopädie Natwissenschaften und Technik*, Zweiburgen Verlag Weinheim 1981, Stichwort: Gärung, R. Ganser

[4] http://www.isoliert.de/gaerung.php

[5] http://www.u-helmich.de/bio/stw/reihe3/gaerung.htm

Gebäudeheizung

Eine **Gebäudeheizung** ist eine Vorrichtung zur Erwärmung von Gebäude in ihrer Gesamtheit oder einzelnen Räumen.

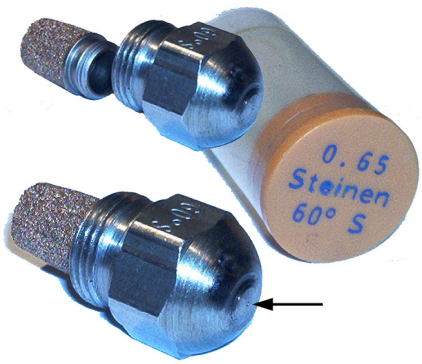
Unter „Heizung“ subsumieren sich sowohl Begriffe wie Zentralheizung, Elektroheizung, Etagenheizung, Fahrzeugheizung, Fernheizung, Gasheizung, Holzheizung, Kohleheizung, Nachtspeicherheizung, Ölheizung, Pelletheizung, Wärmepumpenheizung, als auch Bezeichnungen für Anlagenkomponenten, zum Beispiel Heizkessel, Heizflächen und Heizkörper.



Thermostatventil an einem Heizkörper

Energiequellen

Brennstoffe



gebrauchte Zerstäuberdüse eines Ölbrenners

Als Brennstoffe kommen unter anderem Heizöl, Pflanzenöle oder Biodiesel als flüssige Brennstoffe, unter den festen Brennstoffen Kohle, Holz oder weitere biogene Festbrennstoffe (Stroh, weitere Halmgutartige Biomasse, Getreide) sowie Erdgas, Flüssiggas oder Biomethan als gasförmige Brennstoffe zur Anwendung.

- Moderne Zentralheizungen arbeiten heute zum Teil mit *Brennwerttechnik*. Die üblichen Brennstoffe sind hier *Gas* oder *Öl*, auch *Holzpellets* werden in Brennwerttechnik genutzt.
- *Holzvergaserkessel* lösen die alten flammenden Holzheizungen weitgehend ab.
- Die vermehrt nachgefragten *Pelletheizungen* verbrennen Holzpellets. Es handelt sich dabei um Pressholz in länglicher Granulatform.
- *Hackschnitzelanlagen* werden in Gebieten mit hohem Waldanteil verwendet. Dazu werden meist mindere Holzqualitäten, die für die Holzindustrie nicht brauchbar sind, gehäckselt. Da die Anlage mit relativ hohen Investitionen verbunden ist, eignet sich diese Heizart vor allem für mittlere und größere Abnehmer (z. B. Bauernhöfe, Mehrfamilienhäuser, Heizwerke für Nah- und Fernwärmenetze).

Fernwärme

Wird die Wärme zentral in einem Heizkraftwerk erzeugt oder die Prozessabwärme von Industrieanlagen genutzt und über Leitungsnetze an mehrere räumlich entfernte Wärmeabnehmer verteilt, so spricht man, je nach räumlicher Größe des Wärmeverbundes, von einer Nahwärme- beziehungsweise Fernwärmeversorgung. Derartige Wärmeverbundnetze finden bei der Wärmeversorgung von Stadtteilen und in Industrieanlagen Verwendung. Als Brennstoffe werden bisher überwiegend Erdöl, Erdgas oder Kohle eingesetzt, vor allem bei kleineren Wärmenetzen wird heute zunehmend auf Hackschnitzelheizwerke oder Abwärme aus der Verstromung von Biogas zurückgegriffen.



Brennstoff Holzpellets

Elektrischer Strom

Elektrischer Strom als Energiequelle in Elektroheizungen wird oft für kurzzeitigen Bedarf in Heizlüftern eingesetzt. Als Heizung von Wohnungen sind zum Teil Nachtstrom-Speicher-Heizungen im Gebrauch, die die Energie des kostengünstigeren Stromes zum so genannten *Niedertarif* (umgangssprachlich Nachttarif) zu bestimmten Zeiten - üblicherweise nachts und nachmittags - zur Aufheizung eines wärmeisolierten Speichers nutzen und durch Konvektion und zusätzlich bei Bedarf zu jeder Tageszeit über ein zusätzliches Gebläse abgeben. Auch ölgefüllte, lüfterlose Radiatoren mit eingebautem Heizstab und Temperaturregler kommen für die Raumheizung zum Einsatz.



elektrisch beheizter Speicherofen

Erdwärme

Zur Gebäudeheizung mit Erdwärme wird durch Wärmepumpen das unter der Erdoberfläche vorhandene stabile Temperaturniveau genutzt, um das temperaturübertragende Medium im Heizkreislauf aufzuwärmen. Für ein Einfamilienhaus sind ein bis zwei oberflächennahe Bohrungen notwendig. Entscheidend für die Effizienz der Erdwärmenutzung ist die Nutzung von Niedertemperaturbeheizung wie z. B. der Fußbodenheizung. Ein Vorteil der Erdwärmeheizung ist, dass diese Anlagen im Sommer teilweise auch zur Gebäudekühlung eingesetzt werden können.



elektrisch beheizter Radiator

Bivalente Heizungen

Heizanlagen, die mehrere Wärmequellen nutzen, werden als *bivalente Heizung* bezeichnet, so etwa kombinierte Solar/Brenner-Heizungen (Solarthermie und Öl/Holz/Gas/ua.), *Scheitholz-Kombianlagen* (Holzvergaser mit Pelletsmodul), *Allesbrenner* (klassischer Holz/Koks-Kessel), und andere. Anlagen für mehr als zwei Energieformen sind nur in der Kraftwerkstechnik üblich.

Einzelheizung

Eine einfache Form der Raumheizung ist die der Einzelheizung oder der Einzelofen. Sie hat den Zweck, die direkte Umgebung, in der sie steht, zu beheizen. Sie kann aus einem offenen Kamin, einem geschlossenen Ofen (z. B. Kachelofen, Grundofen, Dauerbrandofen mit angeschlossenem Öltank) oder aus einer elektrisch betriebenen Widerstandsheizung (z. B. Heizlüfter, Heizstrahler oder Elektrospeicher-Heizung) bestehen. Eine Form der Einzelheizung ist die Erzeugung von Infrarot-C-Strahlung aus elektrischem Strom. Bei diesem Verfahren wird durch ein Kohlefasergewebe Infrarotstrahlung erzeugt und ausgesendet.

Zentralheizung

Eine Zentralheizung (Sammelheizung) hat eine zentrale Heizstelle und versorgt über Wasser als Trägermedium einen oder mehrere Räume oder Gebäude.

Warmwasserheizung

Eine Warmwasserheizung besteht aus einem zentralen Wärmeerzeuger, der das Wärmeübertragermedium Wasser erwärmt und mit einer Umwälzpumpe oder durch den Dichteunterschied des Wassers (Schwerkraftheizung) durch Rohrleitungen (Vorlauf) zu den Heizflächen fördert, die die Wärme durch Konvektion der Luft an den Heizkörperoberflächen an den zu beheizenden Raum abgeben. Anschließend fließt das abgekühlte Wasser über die Rücklaufleitungen zurück zum Wärmeerzeuger.



Warmwasser-Zentralheizung für Wohnhaus mit Holzpellets als Brennstoff

Zur Druckhaltung im System wird in aktuellen Heizungsanlagen meist ein Membranausdehnungsgefäß genutzt, das auch Druckschwankungen infolge Erwärmung/Abkühlung und Leckagen in bestimmten Grenzen ausgleicht. In älteren Heizungsanlagen findet man aber auch offene Reservoirs am höchsten Punkt der Heizungsanlage. Zum Befüllen des Heizungssystems wird i.d.R. Leitungswasser genutzt, das über eine Füllarmatur in den Heizkreis eingespeist wird. Die Verbindung Trinkwassernetz/Heizung darf dabei nur temporär zum Befüllen hergestellt werden, um Rückspeisung von Wasser aus dem Heizungs-Rohrnetz bei Druckabfall im Trinkwassernetz zu verhindern. Im Leitungsnetz befindliche Luft muss über Entlüfter an den einzelnen Heizkörpern und bei größeren Anlagen an Luftabscheidern (selbsttätiger Entlüfter) aus dem Wasserkreislauf entfernt werden, damit alle Heizkörper vollflächig mit Heißwasser versorgt werden können und es nicht zu Geräuschbelästigungen und Bauteilkorrosion kommt.

Die Warmwasserheizung arbeitet mit Wassertemperaturen zwischen 30 °C (Niedertemperaturheizsystem) und 90 °C. Das Wasser wird durch Rohrsysteme in Heizkörper (Heizleiste, Radiator), Fußbodenheizung oder Wandheizung gepumpt und gibt dort Wärme ab.


Absperrventil für Warmwasserheizung

Durch Auslegung der Heizflächen und des Rohrnetzes mit niedriger Rücklauftemperatur (unter 50 °C bei Gas bzw. unter 40 °C bei Heizöl) kann ganzjährig die Energie aus dem Wasserdampf des Rauchgases genutzt werden. Für den optimalen Betrieb einer Warmwasserheizung ist ein hydraulischer Abgleich erforderlich. Hierzu wird im Vorfeld eine Rohrnetzberechnung durchgeführt. Obwohl der hydraulische Abgleich in der (VOB) Teil C und in der Energieeinsparverordnung gefordert ist, wird er in der Praxis von Heizungsmonteuren fast nie ausgeführt und auch von der Bauleitung selten überprüft.

In größeren Heizungsanlagen mit mehreren Wärmeerzeugern und Verbraucherkreisen wird die hydraulische Weiche oder ein Zortströmverteiler eingesetzt, um Heiz- und Verbraucherkreise hydraulisch zu entkoppeln.

Geschichte

Die älteste bekannte Warmwasserheizung entwickelte 1716 der Schwede Marten Trifvald. Sie diente der Beheizung eines Treibhauses im englischen Newcastle. Ab 1850 ließen sich bald einige Fürsten und wohlhabende Bürger Warmwasserheizungen in ihre Schlösser und Villen einbauen. Erwähnenswert sind hier das 1867/68 von August Orth erbaute Palais Strousberg in Berlin. Im privaten Wohnungsbau setzte sich die Warmwasserheizung setzte sich erst ab 1900 nach und nach durch.

Dampfheizung

Bei der Heißwasserheizung und der Dampfheizung wird das Wasser auf über 100 °C erwärmt. Der erzeugte Wasserdampf wird durch Rohrleitungen transportiert und kondensiert in den Heizkörpern unter Wärmeabgabe, das Kondensat fließt zum Heizkessel zurück. Die bei der Kondensation frei werdende latente Wärme bewirkt eine sehr große freigesetzte Heizleistung.

Warmluftheizung

Die Warmluftheizung verwendet die Raumluft als Wärmeträger. Dabei wird die in einem Heizautomaten erzeugte Warmluft über Luftkanäle in die Räume geleitet. Auch als Warmluftheizung angelegt, jedoch im Detail anders aufgebaut, ist die im 1. Jahrhundert v. Chr. erfundene und heute in Ausgrabungsstätten rekonstruierte Hypokausten-Luftheizung.

Wirtschaftlichkeit und Betriebskosten

Die Wirtschaftlichkeit einer Heizanlage hängt neben Anschaffungs- und Betriebskosten auch von den zur Verfügung stehenden finanziellen Förderungen ab.

Für die Bewertung der Gesamteffizienz ist der *Jahresnutzungsgrad* wichtiger als der *Wirkungsgrad*. Der Jahresnutzungsgrad beschreibt das Verhältnis zwischen bereitgestellter Nutzwärme zur aufgewandten eingesetzten Brennstoffmenge. Die Angabe des Jahres-Nutzungsgrads oder auch *Norm-Nutzungsgrads* berücksichtigt nicht nur die Verluste, die bei laufendem Brenner auftreten, sondern auch alle Verluste, die während des Brennerstillstands auftreten. Der Wirkungsgrad beinhaltet nur die Verluste bei laufendem Brenner. In einem Jahr werden jedoch nur Brennerlaufzeiten von ca. 1.800 Stunden erreicht, die restliche Zeit steht der Brenner. Eine Wirkungsgradangabe ist

stets nur eine Momentaufnahme, die sich auf Leistungen bezieht. Der Nutzungsgrad betrachtet jedoch die energetische Effizienz über einen bestimmten Zeitraum, z. B. ein Jahr. Eine Verbesserung des Wirkungsgrades ist durch Einsatz von Brennwertkesseln möglich. In ihnen wird auch die Kondensationswärme des bei der Verbrennung entstehenden Wasserdampfes genutzt. Eine relativ niedrige Rücklauftemperatur im Heizkreislauf ist hier allerdings vorausgesetzt.

Berechnung einer Raumheizung

Um den Leistungsbedarf einer Heizung für einen geschlossenen Raum zu ermitteln, ist die Berechnung des Wärmedurchgangs der Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decke, Fußboden, Türen, Fenster) nötig. Die über die Flächen abströmende Wärme muss als Heizleistung zugeführt werden.

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (t_2 - t_1)$$

$\dot{Q}$ = Leistung in W (1 Nm/s = 1 J/s = 1 W)

- U = Wärmedurchgangszahl in W/(K * m²)
- A = Fläche in m²
- t_1 = Außentemperatur in °C
- t_2 = Zimmertemperatur in °C

Für Räume mit mehreren Außenwänden ist ein Leistungszuschlag von 10 bis 15 Prozent erforderlich. Der Leistungsbedarf wird für alle Flächen des Raumes getrennt berechnet und später addiert. Siehe auch Wärmeklau.

Ferner müssen für die Auslegung von Heizungsanlagen Lüftungswärmeverluste (Fenster oder maschinell), Nachtabsenkung, Wiederaufheizfaktor etc. im Rahmen der anerkannten Regeln der Technik berücksichtigt werden. Die Berechnung wird durch EN 12831 (Heizlast) festgelegt. Bis Oktober 2004 galt die DIN 4701 für Wärmebedarf, mit der der sogenannte Norm-Wärmebedarf berechnet wird.

Kann ein Gebäude durch sehr gute Wärmedämmung seinen Wärmebedarf so weit reduzieren, dass es ohne eine aktive Raumheizung auskommt (Energiezufuhr nur durch Bewohner, solare Gewinne, Lüftungsvorwärmung usw.), so spricht man von einem Passivhaus.

Steuerung und Regelung

Die Einhaltung der angestrebten Temperatur wird durch Steuerung und Regelung der Heizung erreicht.

Die Kontrolle über das Heizverhalten der Anlagen ging mit dem Stand der Technik mit. Gab es bei den ersten großen Heizungsanlagen noch Heizer zur Unterhaltung und Kontrolle des Verbrennungsvorgangs, so wird dies heute von elektronischen Regelungen mit automatischer Kontrolle der Brenngutzufuhr übernommen. Die Art der eingesetzten Regelung hängt dabei von der Größe der Heizungsanlage ab. In Ein- und Zweifamilienhäusern wird die Heizung und Warmwasserbereitung in der Regel komplett durch die Regelung im Heizkessel realisiert.

Bei größeren Anlagen, bei denen ein Heiznetz mehrere Häuser oder Wohngebiete versorgt, wird im Heizhaus nur die Regelung für das Heiznetz realisiert, das heißt, es wird eine konstante oder variable Vorlauftemperatur in das Netz eingespeist. In diesen Anlagen stehen dann zwei oder mehr Heizkessel. Diese werden nicht mehr über die brennereigene Steuerung, sondern über DDC-GA-Steuerungen gesteuert.

Die Regelung der Heizungen und der Warmwasserbereitung erfolgt dann separat in den Hausanschlussstationen (HAST) der einzelnen Häusern. Die Regelung im Haus erfolgt dann über Kompaktregler oder DDC-GA-Steuerungen.

Die Regelstrategie erfolgt bei Heizungen außentemperaturgeführt, das heißt, die Vorlauftemperatur des Heiznetzes wird über eine Heizkurve parametriert. Die Vorlauftemperatur des Heizkreises wird dabei wärmer, je kälter es wird. Bei einer Regelung mit einem meist im Wohnzimmer angebrachten Temperaturfühler wird die Vorlauftemperatur des Heizkreises zusätzlich durch die Raumtemperatur beeinflusst, damit auch die Fremdwärme durch

Sonneneinstrahlung etc. berücksichtigt wird. Zudem werden Parameter wie Nachtabsenkung und verlängerte Nutzungszeiten von Räumen über die Partytaste genutzt, um in die Regelung einzugreifen. Am bequemsten geschieht dies über eine Fernbedienung im Wohnbereich.

Nutzungsdauer

Als Nutzungsdauer für Heizkessel werden regelmäßig 18 bis 20 Jahren angesetzt, für Gebläsebrenner 12 bis 15 Jahre, sowie 20 Jahre für Armaturen und Tank (Stahlblech)[1] . Neben der technischen Nutzungsdauer können rechtliche Regelungen die Nutzungsdauer von Heizungen beschränken. In Deutschland regelt die Energieeinsparverordnung das zulässige Alter und die maximal tolerierten Abgasverluste für Heizungsanlagen.

Siehe auch

- Alte Bauformen: Kotatsu (beheizter Tisch bzw. Erdloch in Japan), Kang (Ofenbett in China), Kamin
- Steuerung und Regelung: KNX-Standard, OpenTherm
- Wärmeverteilung: Hypokaustum, Warmwasserheizung, Flächenheizung, Fußbodenheizung, Wandheizung, Dampfheizung
- Verbrauchsbestimmung: Wärmezähler, Heizkostenverteiler

Literatur

- Alfred Faber: *Entwicklungsstufen der häuslichen Heizung.* Oldenbourg 1957
- Recknagel-Sprenger-Schramek, *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik* (erscheint jährlich)

Weblinks

- Geschichte der Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Solartechnik [2]
- Wärmerechner: Berechnung der Umweltbelastung verschiedener Heizungen [3]
- Wärmeerzeugung und Übertragung im Haus [4]

Referenzen

[1] VDI 2067

[2] http://www.bosy-online.de/Geschichte_der_Heizungstechnik.htm

[3] http://www.esu-services.ch/cms/index.php?id=tools&L=1

[4] http://www.tappeser.de/wissen/baubiologie/heizung/waerme.php

Gelatine

Gelatine ist geschmacksneutrales tierisches Eiweiß oder denaturiertes bzw. hydrolysiertes Kollagen, das aus dem Bindegewebe von vor allem Schwein und Rind stammt. Gelatine fehlt die essentielle Aminosäure Tryptophan, es gilt nicht als vollwertiges Eiweiß.



Gelatineplatten zum Kochen und Backen.

Eigenschaften

Gelatine quillt in Wasser und löst sich beim Erwärmen ab etwa 50 °C auf. Sie ist das einzige Hydrokolloid, bei dem das (beim Abkühlen) gebildete Gel beim Erwärmen wieder flüssig wird. Dieser temperaturabhängige Gel/Sol-Übergang ist reversibel und ist auch verantwortlich dafür, dass Gummibärchen im Mund schmelzen (und nicht kleben wie z. B. Stärkeprodukte). Gelatine ist temperaturempfindlich. Wird sie längere Zeit über 80 °C erhitzt, wird sie hydrolysiert und verliert damit mehr und mehr ihre Gelierkraft (gemessen in Bloom).

Wie alle anderen Proteine besitzt auch Gelatine amphotere Eigenschaften. Deshalb gibt es einen pH-Wert, an dem die (positive) elektrische Ladung der Aminogruppen so groß ist wie die (negative) Ladung der Carboxygruppen. Dieser isoelektrische Punkt der Gelatine ist von der Herstellungsart abhängig (saurer Aufschluss: pH-Wert 5, alkalischer Aufschluss: pH-Wert 7–9). Am isoelektrischen Punkt ist Gelatine am unlöslichsten, was als Bestimmungsmethode dienen kann (stärkste Trübung des Gels).

Da Hydroxyprolin nur in Gelatine in nennenswerten Mengen enthalten ist (ca. 13 %), lässt sich durch quantitative Bestimmung dieser Aminosäure die Menge der zugesetzten Gelatine errechnen.

Von der Gelatine abgegrenzt wird Kollagen-Hydrolysat, das durch Enzyme hydrolysiert wird und als Nahrungsergänzungsmittel vertrieben wird.

Herstellung

Zur Gewinnung wird das zunächst unlösliche Bindegewebe von (vor allem) Haut und Knochen von Schweinen und Rindern aber auch von Geflügel und Fischen einem Aufschlussverfahren (Hydrolyse) unterworfen, das Peptid-Bindungen aufspaltet, sodass sich das so wasserlöslich gemachte Kollagen extrahieren lässt. Der Aufschluss kann durch Kochen (Herstellung einer Bouillon in der Küche) oder durch Behandlung mit Säuren und Basen und anschließender Extraktion (industrielle Herstellung) erfolgen. Gelatine kann 1–2 % anorganische Stoffe und bis zu 15 % Wasser enthalten.

Rohstoffquellen

In Europa verwendete Speisegelatine wird zu rund 70 % aus Schweineschwarten hergestellt (ca. 5 kg Schweineschwarten ergeben 1 kg Gelatine). 18 % des Rohstoffs besteht aus Tierknochen, weitere 10 % aus Häuten. Für die Herstellung des restlichen Anteils (2 %) der Gelatine werden andere Rohstoffe verwendet.[1]

Wegen der BSE-Krise wurden im Jahr 1999 von der EU-Kommission strenge Richtlinien für die Herstellung von Gelatine festgelegt.

Fischgelatine wird aus dem in Fischhäuten enthaltenen Kollagen hergestellt, u. a. um damit jüdischen und islamischen Speisegesetzen zu entsprechen (siehe Koscher und Halal). Fisch stellt allerdings eines der allergensten Lebensmittel dar und es können allergische Reaktionen auf Fisch ausgeprägt sein. Andererseits liegen keine Berichte

über klinische Reaktionen auf Gelatine in handelsüblichen Lebensmitteln vor. Da aber ausreichende Daten aus Provokationsstudien mit Personen fehlen, die eine Fischallergie haben und spezifisches IgE gegen Fischgelatine aufweisen beziehungsweise positiv auf einen Pricktest mit Fischkollagen oder Fischgelatine reagieren, wurden 2004 die vom schweizerischen Duft- und Aromahersteller Givaudan vorgelegten Daten anlässlich eines Antrags auf Zulassung von Fischgelatine zur Verkapselung von Aromastoffen von der EFSA als unzureichend bewertet. Andererseits wurde aber auch die Meinung geäußert, *dass es nicht sehr wahrscheinlich ist, dass Fischgelatine unter den vom Antragsteller spezifizierten Verwendungsbedingungen eine schwere allergische Reaktion bei der Mehrzahl der Personen mit Fischallergie auslösen wird.*

Industrieller Herstellungsprozess

Beschrieben wird das von den meisten Herstellern praktizierte Verfahren zur Herstellung von Gelatine:[2] Die Ausgangsmaterialien für die Gelatineherstellung sind Bindegewebe (Häute und Knochen, Rinderspalt) von Rindern, Schweinen, Fisch oder Geflügel.Zur Vorbehandlung werden Fett und anorganische Bestandteile vom Ausgangsmaterial grob entfernt und das Material zerkleinert (Knochen werden geschrotet, entfettet und während der Mazeration von Calciumcarbonat, Calciumphosphat und Calciumfluorid befreit. Diese entmineralisierte Substanz nennt man *Ossein*). Abhängig vom Ausgangsmaterial wird eine von zwei verschiedenen Behandlungsmethoden gewählt:

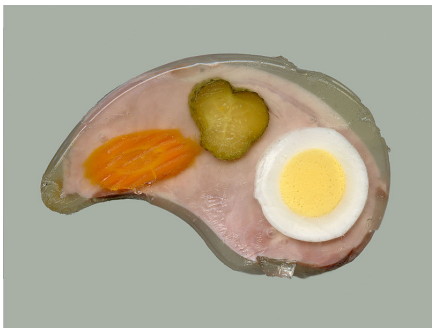
- (A) Basische Behandlung: Das Material mit stark quervernetztem Kollagen (z. B. aus Rind) wird über einige Wochen (bis mehrere Monate) unter Bildung von Ammoniak mit Kalkmilch behandelt.
- (B) Säurebehandlung: Das Material mit weniger quervernetztem Kollagen (z. B. aus Schweineschwarte) wird einen Tag lang mit Säure (Schwefel- oder Salzsäure) behandelt, dann neutralisiert und nach intensiver Auswaschung der Salze wird das Kollagen extrahiert.

Das vorbehandelte Material ist nun in warmem Wasser löslich (Bouillon) und wird über bis zu 5 Stufen mit steigender Temperatur extrahiert. Die Temperatur ist für die Gelierungsstärke (Bloom Wert) bestimmend: Je niedriger sie ist, desto höher ist die Gelierungsstärke, die zuletzt mit höchster Temperatur gewonnenen Extraktionsfraktionen ergeben die minderwertigsten Gelierungsstärken. Zur Reinigung werden die Extrakte von verbliebenem Fett und Fasern separiert und filtriert. Zuletzt werden Calcium, Natrium, verbliebene Säurereste und andere Salze entfernt.

In Vakuumtrocknern wird die dünnflüssige Gelatinelösung zu einer honigähnlichen Konsistenz eingedickt. Der hochkonzentrierte Gelatinebrei wird sterilisiert, abgekühlt und unter strengen Reinheitsbedingungen getrocknet, wobei sie gelieren und die gelierte Masse in Nudelform auf ein Trockenband extrudiert werden kann. Das Band durchläuft dann einen Trockentunnel, an dessen Ende die Gelatine bis auf einen Wassergehalt von 10–15 % getrocknet ist und noch zu Partikel gewünschter Größe gemahlen wird. Zur Herstellung von Blattgelatine wird entsprechend nicht in Nudelform extrudiert, sondern ein Gelatinefilm erzeugt, für den als Trockenband ein weitmaschiges Netz dient.

Verwendung

Lebensmittel



Sülzkotelett; Fleisch in Aspik aus Gelatine

Gelatine wird teilweise in Halbfettprodukten und Lightprodukten wie Halbfettmargarine, Halbfettbutter und fettreduzierten Käsesorten verarbeitet, außerdem als Geliermittel zur Herstellung von Süßwaren wie Gummibärchen, Weingummis, Weichkaramellen, Marshmallows, Schaumwaffeln, Lakritz oder Schokoküssen. Des Weiteren kann sie in Backwaren, Milchprodukten (etwa Quark, Kefir und Joghurt) und Desserts (z. B. Götterspeise (vulgo *Wackelpudding*), Mädchenröte), in Fleisch-, Fisch- und Wurstwaren wie zum Beispiel Sülze und Aspik, Pfefferminzbonbons und Weihnachtskonfekt, aber auch als Schönungsmittel in Getränken wie Wein, Apfelwein, Essig und allen nicht naturtrüben Fruchtsäften, sowie in manchen Ländern sogar im Bier zum Einsatz kommen.

Auch als Mittel zur Einkapselung von Vitaminzusätzen (z. B. in Lebensmitteln oder Brausetabletten) kann Gelatine zum Einsatz kommen. Die Vitamine werden somit wasserlöslich eingeschlossen und lösen sich bei Kontakt mit Flüssigkeit wieder.

Pharmazeutische Technologie



Hartgelatinekapseln

Gelatine wird zur Herstellung von Hart- und Weichkapseln verwendet. In solche Gelatinekapseln wird der Arzneistoff, gegebenenfalls mit erforderlichen Hilfsstoffen verarbeitet, eingefüllt. Gelatine kann auch als Verdickungsmittel zur Viskositätserhöhung von flüssigen Arzneizubereitungen eingesetzt werden. Aus der Vielzahl der Gelatinetypen werden praktisch nur Gelatine A (durch sauren Aufschluss gewonnen) bzw. Gelatine B (durch alkalischer Aufschluss gewonnen) eingesetzt. In der Medizintechnik dient Gelatine unter anderem zur Beschichtung von Implantaten wie beispielsweise Gefäßprothesen.

Rindergelatine in Form von Polygelin als Stabilisator ist bzw. war in mehreren Impfstoffen enthalten, so in jenen gegen FSME, Japan-Enzephalitis, Tollwut, Varizellen und im MMR-Impfstoff. Obwohl allergische Reaktionen auf Impfstoffe mit einer Häufigkeit von etwa 1 Reaktion zu 500.000 Impfdosen insgesamt selten sind, spielt die Allergie gegen Gelatine (in Kombination mit Thiomersal) als allergische Reaktion vom Soforttyp (bis hin zur Anaphylaxie) eine wichtige Rolle und gilt für etwa die Hälfte aller diesbezüglichen Komplikationen verantwortlich, sodass diese nun zunehmend aus Impfstoffen entfernt wird.

Medizin

In der Medizin wird Gelatine als Arzneistoff zur Behandlung eines Volumenmangelschocks verwendet.

Technische Anwendungen

Gelatine ist auf den üblichen fotografischen Filmen und Fotopapieren enthalten, in den meisten fotografischen Edeldruckverfahren stellt sie den Träger der Pigment- bzw. Chemikalienschicht dar. Auch viele Foto-Druckpapiere für Inkjet-Druck haben eine Gelatine-Beschichtung und werden daher auch oft von Herstellern klassischer Photopapiere hergestellt.

In der Maskenbildnerei in Film und Theater oder auch bei Rettungsübungen dient gefärbte Gelatine zur realistischen Wunddarstellung. Die Organe, wie man sie zum Beispiel in Krankenhausserien zu sehen bekommt, sind auch oft aus Gelatine gefertigt. Zudem wird sie bei der Sportart Paintball als Hülle für biologisch abbaubare Munition verwendet. Zur Bestimmung von Schusskanälen bzw. der Eindringtiefe eines Projektils wird Ballistische Gelatine verwendet.



Fotografischer Film

Nebenprodukte

Bei der Gelatineherstellung entstehen außer der Gelatine Nebenprodukte, die weiter genutzt werden: Fleischknochenmehl (zum Beispiel als Tierfutter oder Dünger), Knochenfett (zum Beispiel zur Seifenherstellung) und Calciumcarbonat (zum Beispiel für die Zahnpastaherstellung). Auch Metalle, Klebstoffe und besonders festes Papier können mit Hilfe von Gelatine hergestellt sein.

Alternativen

Tierkrankheiten wie BSE haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass viele Verbraucher Gelatine (insbesondere als Nahrungsmittel) meiden. Auch für Menschen, die aus ethischen Gründen auf tierische Stoffe im Alltag verzichten, sind Alternativen zu Gelatine von Bedeutung.

Für eine vegetarische Ernährung ist Gelatine nicht geeignet, weil sie aus Bindegewebe (das nur in Tier und Mensch vorkommt) hergestellt wird. Vegetarische Alternativen zu Gelatine sind Agar-Agar sowie Pektin und Carrageen. In der Lebensmitteltechnologie können diese Substanzen jedoch nicht immer Gelatine ersetzen.

Im Nahrungsmittelbereich gibt es zahlreiche Alternativen. Pflanzliche Dickungs- und Geliermittel sind: Alginate (aus Algen, z. B. Agar-Agar), Pektin (aus Früchten), Gummi arabicum, Stärke (mit Essigsäure modifiziert, z. B. Guarkernmehl und Johannisbrotkernmehl). Auch die Klärung von Flüssigkeiten lässt sich mit nicht-tierischen Hilfsmitteln durchführen (z. B. Ton, Tannin, Kieselgur, Asbest). Statt Gelatine werden hier jedoch auch Casein (aus Milch), Chitin (aus der Fischerei-Abfallproduktion und der Biotechnik) und Hausenblase (Schwimmblase einer Störart) verwendet. Wenn Gelatine als Hilfsmittel bei der Herstellung benutzt wird, muss sie nicht als Inhaltsstoff deklariert werden. Ihre Verwendung lässt sich in diesen Fällen nur durch direkte Produktanfragen an den Hersteller klären.

Bei Produkten der Pharmaindustrie und anderer Industrien kann zum Teil auf gelatinefreie Produkte zurückgegriffen werden. Wer die Verwendung von Gelatine ablehnt, sollte sich z. B. seine Fotos selbst auf festem Papier ausdrucken, um gelatinebeschichtetes Fotopapier zu vermeiden.

Literatur

- W. Babel: *Gelatine – ein vielseitiges Biopolymer*, in: *Chemie in unserer Zeit* 1996, 30, 86–95; doi:10.1002/ciuz.19960300205 [3].
- Jörg Florian Liesegang: *Die Gelatine in der Medizin*. Dissertation, Universität Heidelberg 2007 (Volltext [4]) – Geschichtliches zu der Verwendung in der Medizin des 17.–20. Jahrhunderts
- Reinhard Schrieber, Herbert Gareis: *Gelatine Handbook. Theory and Industrial Practice*. Wiley-VCH, Weinheim 2007, ISBN 978-3-527-31548-2

Weblinks

- Uni Bayreuth – Informationen [5]
- Webseite der Vereinigung der europäischen Gelatinehersteller [6]

Referenzen

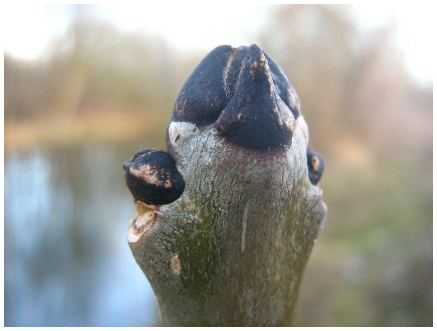
[1] Gelatinemarktdaten (Gelatine Manufacturer of Europe) (http://www.gelatine.org/de/gelatine/overview/127.htm)
[2] Gelatine Manufacturers of Europe: The Manufacturing Process http://www.gelatine.org/en/gelatine/production/138.htm
[3] http://dx.doi.org/10.1002%2Fciuz.19960300205
[4] http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/7757
[5] http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/gelatine/gelatine.htm
[6] http://www.gelatine.org/de/

Gemeine Esche

Gemeine Esche

Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*)
Systematik
Asteriden
Euasteriden I
Ordnung: Lippenblütlerartige (Lamiales)
Familie: Ölbaumgewächse (Oleaceae)
Gattung: Eschen (*Fraxinus*)
Art: Gemeine Esche
Wissenschaftlicher Name
Fraxinus excelsior
L.

Die **Gemeine Esche** oder auch **Gewöhnliche Esche** (*Fraxinus excelsior*) ist eine in Europa heimische Baumart, die mit einer Wuchshöhe von 40 Meter zu den höchsten Laubbäumen Europas zählt. Sie besiedelt sowohl feuchte Standorte als auch solche mit zeitweiligen Trockenperioden. An anderen Standorten kann sie sich nicht gegen die Buche durchsetzen und wird von ihr verdrängt. Aufgrund ihrer hohen Holzqualität wird sie zu den Edellaubhölzern gezählt. Nach Buche und Eiche gehört sie zu den wichtigsten heimischen Laubnutzhölzern. Eschenholz wird besonders dann eingesetzt, wenn höchste Ansprüche an Festigkeit und Elastizität gestellt werden. Daher wird es häufig bei der Herstellung von Werkzeugstielen, Sportgeräten und von Biegeformteilen verwendet. Seit Beginn der 1990er Jahre wird die



Winterknospe

Esche durch ein zuerst in Polen auftretendes und inzwischen in weiten Teilen Europas verbreitetes Eschensterben bedroht, das von einem Schlauchpilz verursacht wird. Im Jahr 2001 wurde die Esche in Deutschland durch die Dr. Silvius Wodarz Stiftung Menschen für Bäume und durch deren Fachbeirat, das "Kuratorium Baum des Jahres" zum Baum des Jahres bestimmt.

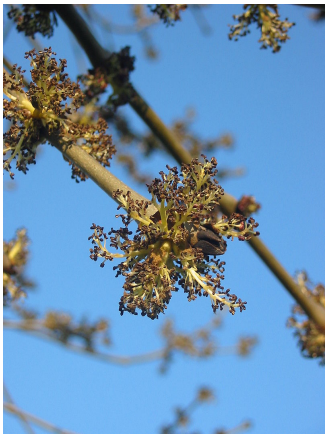


Blätter

Beschreibung

Erscheinungsform

Die Gemeine Esche erreicht eine Höhe von bis zu 40 Metern und einen Stammdurchmesser von zwei Metern. Nach 100 Jahren hat sie eine durchschnittliche Höhe von 30 Metern und einen Brusthöhendurchmesser von 30 bis 40 Zentimetern. Das Höchstalter beträgt etwa 250 bis 300 Jahre. Die Stammachse ist meist gerade und gabelt sich nicht. In Randbereichen des Verbreitungsgebiets werden die zuvor genannten Werte jedoch deutlich unterschritten, oder sie kommt sogar nur strauchförmig vor, etwa in Norwegen.[1] Das Wachstum ist gewöhnlich gebunden, das heißt der Austrieb eines Jahres ist vollständig in der Knospe des Vorjahres angelegt. Nur unter günstigen Bedingungen erfolgt das Wachstum frei und die Triebanlagen entfalten sich ohne Ruheperiode noch im selben Jahr. Bei jungen Bäumen kann das Auftreten von Bereicherungstrieben und Johannistrieben beobachtet werden.



Blüten

Neben Lang- und Kurztrieben bildet die Esche noch sogenannte Lineartriebe, die länger sind als Kurztriebe, aber keine Verzweigungen bilden, wie Langtriebe dies tun. Die Äste stehen rechtwinkelig zum Stamm; die Zweige zeigen senkrecht nach oben. Zweige, die nicht genügend Licht bekommen, sterben und brechen in Folge ab. Das beginnt üblicherweise nach etwa drei bis fünf Jahren.[2]



Früchte

Rinde und Holz

Die Borke junger Bäume ist grünlich bis glänzend grau mit nur wenigen Korkporen. Nach etwa 15 bis 40 Jahren setzt die Verkorkung ein; eine Netzborke wird gebildet. Die Rinde selbst ist dick und reich an Sklerenchym (Festigungsgewebe), Bastfasern fehlen.[3]

Das Holz ist ringporig, das Frühholz zeigt meist mehrreihige, grobe Gefäße, die sich deutlich vom Spätholz abheben. Dadurch sind die Jahresringe deutlich erkennbar. Die Gefäße des Spätholzes sind zerstreut angeordnet, klein und gerade noch erkennbar. Die Holzstrahlen sind schmal. Die Esche ist ein Kernholzbaum, deren Kern sich kaum vom breiten, hellgelblichen Splint unterscheidet. Erst ältere



Keimling, etwa einen Monat alt

Bäume von 70 bis 80 Jahren und darüber zeigen einen hellbraunen Kern, der bei Nutzung des Holzes als Farbfehler angesehen wird.[4] [5] Eschen, die auf trockenen, kalkhaltigen Böden wachsen, zeigen schmälere Ringe und können im Alter einen Kern bilden, der dem Holz des Olivenbaums (*Olea europaea*) ähnelt. Man spricht dann von Oliveschen, deren Holz abhängig vom Modetrend zur Möbelherstellung besonders beliebt ist.[6]

Wurzeln

Die Hauptwurzel wächst zuerst senkrecht in den Boden, stellt sich aber nach wenigen Zentimetern auf ein waagrechtes Wachstum um und entwickelt ein typisches Senkerwurzelsystem mit kräftigen, nahe der Oberfläche verlaufenden Seitenwurzeln. Von diesen und vom Stamm entspringen kräftige, senkrecht nach unten wachsende Wurzeln. Die Feinwurzeln treten in bestimmten Bereichen konzentriert auf und fehlen in anderen. Das Wurzelsystem einer 90-jährigen Esche breitet sich maximal etwa 350 Zentimeter von der Stammbasis aus und gelangt in eine Tiefe von 140 Zentimeter.[7]

Knospen und Blätter

Die kurzen Knospen sind mit dichten, schwarzen und filzigen Haaren besetzt, die dem Schutz vor Frost und vor Verdunstung gebildet werden. Die Endknospen sind mit einer Länge und Breite von etwa einem Zentimeter deutlich größer als die Seitenknospen, die nur bis zu einem halben Zentimeter erreichen. Blütenknospen sind stumpfer und kugeliger als andere Knospen. Die Knospen sind Ende Juli fertig angelegt. Häufig sind an Haupttrieben die Knospen eines Knotens gegeneinander versetzt.[3]

Die Blätter stehen kreuzweise gegenständig, nur an besonders wüchsigen Trieben finden sich dreizählige Blattquirle. Die Blätter werden mit dem 5 bis 10 Zentimeter langen Stiel bis zu 40 Zentimeter lang und sind üblicherweise 9 bis 15-zählig gefiedert, selten treten weniger Fiederblättchen auf. Die einzelnen Fiederblättchen sind 4 bis 10 Zentimeter lang und 1,2 bis 3,5 Zentimeter breit. Sie sind eilanzettlich, lang zugespitzt und am Grunde keilförmig, klein und scharf gesägt. Die Oberseite ist kahl und sattgrün. Die Unterseite ist hellbläulich grün, der Mittelnerv und zum Teil die Seitennerven können lockerfilzig behaart sein. Die Seitenblättchen sind kurz gestielt oder sitzend, das Endblättchen ist länger gestielt. Die Blattspindel weist eine behaarte und mit Korkporen besetzte Furche auf, Nebenblätter fehlen. Die Blätter fallen meist noch grün vom Baum, nur im kontinentalen Osten des Verbreitungsgebiets (siehe unten) verfärben sich die Blätter manchmal gelblich.[8]

Blüten und Früchte

Die Esche wird frei stehend mit 20 bis 30 Jahren mannbar, in Gruppen mit anderen Bäumen nach 30 bis 35 Jahren. Sie ist zwittrig, wobei abhängig vom Individuum ein Geschlecht reduziert sein kann (Triözie). Die Blüten haben einen grünlichen, aus zwei Fruchtblättern entstandenen, synkarpen Fruchtknoten und zwei Staubblätter. Die Staubbeutel stehen auf kurzen Staubfäden und sind zunächst purpurrot. Kelch- und Kronblätter fehlen. Die Gemeine Esche wird als einzige Art in der Familie der Ölbaumgewächse durch Wind bestäubt (Anemophilie)[9] . Als Blütenstände werden seitenständige Rispen gebildet, die bereits vor den Laubblättern an den Sprossen des Vorjahres erscheinen. Sie stehen zuerst aufrecht und hängen später über.[10]

Als Früchte werden einsamige, geflügelte Nussfrüchte an dünnen Stielen gebildet. Sie sind 19 bis 35 Millimeter lang und 4 bis 6 Millimeter breit, schmal länglich bis länglich verkehrt-keilförmig, glänzend braun und schwach gedreht. Die Nuss ist 8 bis 15 Millimeter lang und 2 bis 3 Millimeter breit, an der Basis rundlich und oben gewölbt zusammengedrückt. Der Flügelsaum ist zungenförmig, oft ausgerandet, seltener zugespitzt und läuft maximal bis zur Hälfte der Nuss herab. Die Früchte werden von Oktober bis November reif und fallen während des ganzen Winters ab. Sie sind Schraubenflieger und erreichen dabei Entfernungen von 60 Meter, in seltenen Fällen bis zu 125 Meter.[10]

Keimung und Wachstum

Die gemeine Esche keimt epigäisch. Die Samen sind keimgehemmt und ruhen etwa zwei Winter, bevor sie austreiben, sie können aber auch sechs Jahre keimfähig im Boden verbleiben. Die Keimhemmung ist zum Teil dadurch bedingt, dass der Embryo zur Zeit der Fruchtreife erst die Hälfte der späteren Größe erreicht und nicht voll entwickelt ist. Außerdem wird der Ruhezustand des Samens durch die enthaltene Abscisinsäure gefördert.[11]

Die beiden Keimblätter des Sämlings sind schmal, länglich und netznervig und erreichen eine Länge von 5 Zentimeter und eine Breite von 7 Millimeter. Sie ähneln denen des Ahorns, unterscheiden sich von diesen durch die netzartige Nervatur. Die Primärblätter sind ungeteilt, die folgenden Laubblätter dreizählig gefiedert.[3] Unter günstigen Lichtbedingungen auf Freiflächen oder in stark aufgelichteten Altbeständen zeigt die Esche ein rasches Höhenwachstum, das in einem Alter von 2 bis 15 Jahren am stärksten ist. Die Esche kann dann Trieblängen von bis zu 1,5 Meter je Jahr bilden. In dichten Beständen wird das Dickenwachstum gegenüber dem Höhenwachstum zurückgestellt; unter günstigen Bedingungen kann die Esche jedoch bis zu 9 Millimeter breite Jahresringe bilden.[11]

Verbreitung und Standortansprüche

Die Gemeine Esche kann bereits in der Kreidezeit und im Tertiär auf der Nordhemisphäre der Erde nachgewiesen werden. Während der letzten Eiszeit wurde sie nach Süd- und Südwesteuropa zurückgedrängt, kehrte jedoch nach der Eiszeit, etwa 7000 bis 6000 Jahre vor Christus, wieder nach Mitteleuropa zurück. Dort konnte sie sich ausbreiten und einen größeren Anteil der mitteleuropäischen Wälder einnehmen, bevor sie von der Buche verdrängt wurde.[1] Durch Brandrodung wurde die Esche weiter zurückgedrängt, während der Antike und des Mittelalters besonders auch durch systematische Rodungen, um Ackerland zu gewinnen. Als Futterpflanze und Holzlieferant wurde sie jedoch weiterhin in Hecken und kleineren Wäldern erhalten. Durch die starke Nutzung und die Ausbreitung der Ziegenhaltung erreichte die Entwaldung zu Beginn des 19. Jahrhunderts einen Höhepunkt. Um Überschwemmungen und Bodenerosion zu vermeiden, wurden ab dieser Zeit Eschen aus höheren Lagen wieder an Flussläufen angesiedelt. Mit der Abwanderung der ländlichen Bevölkerung und der Aufgabe ackerbaulich genutzter Flächen besonders an steilen Hängen und feuchten Gebieten konnte sich die Esche weiter ausbreiten.[12]

Die Esche ist eine in ganz Mitteleuropa und darüber hinaus vorkommende Baumart. Die Nordgrenze des Verbreitungsgebiets verläuft von Schottland zum Trondheimfjord in Norwegen und schließt in Schweden den Süden von Norrland ein. In Finnland verläuft die Grenze durch Satakunta und Hämeenlinna bis zum Ladogasee. In den nordöstlichen Teilen von Russland fehlt die Esche; ebenfalls in den Steppengebieten, die östliche Verbreitungsgrenze wird wahrscheinlich durch die Trockenheit der heißen Sommer bestimmt und reicht bis zur Wolga, zur Krim und auf den Kaukasus. Im südlichen Europa erstreckt sich das Verbreitungsgebiet über die Balkanhalbinsel und Italien, auf der Iberischen Halbinsel bis zur Linie Mittleres Galizien–Kantabrisches Gebirge–Ebro.[14]



Verbreitung[13]

In der Steiermark, in Kärnten und in Niederösterreich wächst die Esche bis in Höhen von 1000 Meter, in Tirol bis auf 1700 Meter. In mitteldeutschen Gebirgen findet man sie bis auf 800 Meter und in den Bayerischen Alpen bis auf 1400 Meter. Im Kaukasus erreicht sie Höhen von 1800 Meter.[2]

Die Esche braucht mineralische, tiefgründige, frische bis feuchte Böden in nicht zu warmen, eher luftfeuchten, hellen und spätfrostfreien Lagen, um ihre maximale Wuchshöhe zu erreichen. Sie wächst aber auch auf trockenen, flachgründigen Rendzinen aus Kalksteinverwitterungsböden. Das Auftreten an diesen sehr unterschiedlichen Standorten führte zur Überlegung, die Art in zwei Rassen, die „Kalkesche“ und die „Wasseresche“, zu unterteilen. Die Existenz unterschiedlicher Rassen konnte jedoch nicht bestätigt werden, „Kalkeschen“ gedeihen auch auf

feuchten Böden gut und umgekehrt. Die Esche transpiriert sehr viel Wasser, daher ist eine gute Wasserversorgung für das Wachstum von entscheidender Bedeutung. Zum Überleben genügen jedoch geringe Mengen, und sie kann auch auf den flachgründigen Rendzinen bestehen. Wichtig sind jedoch die Niederschläge in Mai und Juni. Sie bevorzugt gut belüftete Böden und meidet Böden mit einem pH-Wert unter 4,2.[15] Im Laufe ihres Lebens ändert die Esche ihre Lichtansprüche. Als junger Baum ist sie sehr schattentolerant, benötigt mit zunehmenden Alter mehr Licht und braucht schließlich eine vollkommen freie Krone für ein zufriedenstellendes Wachstum.[1]

Ökologie

Vergesellschaftung

In Skandinavien findet man die Esche in Küstenwäldern zusammen mit der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) oder in Mischwäldern mit der Berg-Ulme (*Ulmus glabra*) und der Stiel-Eiche (*Quercus robur*). Im Baltikum gedeiht sie in Mischwäldern mit der Zitter-Pappel (*Populus tremula*), der Hänge-Birke (*Betula pendula*), und der Gemeinen Hasel (*Corylus avellana*) oder in Feuchtgebieten zusammen mit der Schwarz-Erle. In Spanien findet man sie in Gemeinschaft mit dem Feld-Ahorn (*Acer campestre*) und der Gemeinen Hasel.[16]

In Mitteleuropa nennt Heinz Ellenberg vier Typen von Mischwäldern, in denen die Esche auftritt:

- der Eschen-Ahorn-Schatthangwald an submontanen bis montanen, nordwestlich bis östlich gerichteten Steilhängen mit stark humosen, basischen Fels- und Steinschuttböden
- der Lerchensporn-Eschen-Ahorn-Talsohlenwald an fruchtbaren mit Auenlehm gefüllten Sohlen schattiger Kerbtäler auch in kalkarmen Gebieten, wie dem Harz
- der Ahorn-Eschen-Hangfußwald auf collinen bis submontanen, kolluvialen, tiefgründigen Hangfußböden, die nährstoffreich und zumindest im Frühjahr feucht sind
- der Eschen-Bachrinnenwald entlang schmaler, in Lehm eingekerbter Bachrinnen in submontanen und planaren Buchengebieten

Weitere Standorte finden sich in buchendominierten Gesellschaften, so besonders in Kalk-Buchenwäldern.[17]

Pathologie



Die Binsenschmuckzikade, ein Schädling von Eschenkulturen

Die Esche wird häufig durch den sogenannten Eschenkrebs befallen, der auf zwei Ursachen zurückgeführt werden kann, einerseits auf den Befall durch Bakterien, andererseits auf Pilzbefall. Das Bakterium *Pseudomonas syringae* dringt durch Wunden, Blattnarben oder Korkporen in das Rindengewebe ein und bewirkt ein Absterben der Kambiumzellen mit nachfolgender verstärkter, aber gestörter Wundheilung. Diese führt zur Ausbildung von schwärzlichen Anschwellungen. Der Pilz *Nectria galligena* dringt durch Astabbrüche oder anderen Eintrittsöffnungen ein und führt zum Absterben der Rinde. Dadurch entstehen bis zu 30 Zentimeter breite, kraterartige Wunden. Charakteristisch sind jährlich angelegte ellipsenförmige Wülste aus Kallusgewebe, aus deren Anzahl auf das Alter des Baumkrebses geschlossen werden kann und die dem Krebs ein typisches Erscheinungsbild verleihen („Schießscheibenkrebs“).[18]

Der Bunte Eschenbastkäfer (*Leperisinus varius*) frisst 6 bis 10 Zentimeter lange, doppelarmige Quergänge in die Rinde der Bäume, verschont aber das Kambium. Die Larvengänge sind kürzer und etwa 4 Zentimeter lang, der Reifungsfraß erfolgt an der noch grünen Rinde von Ästen und jungen Stämmen. Durch wiederholten Befall verändert sich das Aussehen der Rinde, man spricht dann von „Eschengrind“ oder „Rindenrosen“. Der Befall kann

zum Absterben des Baumes führen.[18] Die Raupen der ersten Generation der Eschen-Zwieselmotte (*Prays fraxinella*) fressen an den Blättern der Esche, die Raupen der zweiten Generation bohren sich am Beginn des Oktobers in Endknospen, um zu überwintern und fressen diese, was zu Zwiesel-Bildung führt.[18] Die Binsenschmuckzikade (*Cicadella viridis*) legt ihre Eier in die Rinde, was zum Absterben der Rinde führen kann. Sie kann in seltenen Fällen Eschenkulturen im bedeutenden Ausmaß schädigen.[18] Bei Befall durch die Eschenblattnestlaus (*Prociphilus fraxini*) und die Eschenzweiglaus (*Prociphilus bumeliae*) entstehen durch Blattstielstauchung und Blattstielkrümmung Blattnester. Schalenwild, aber auch Kaninchen und verschiedene Mäusearten, schädigen durch Verbiss und Benagen besonders junge Bäume, was zu erheblichen Formfehlern wie Zwieselwuchs führen kann.[19]

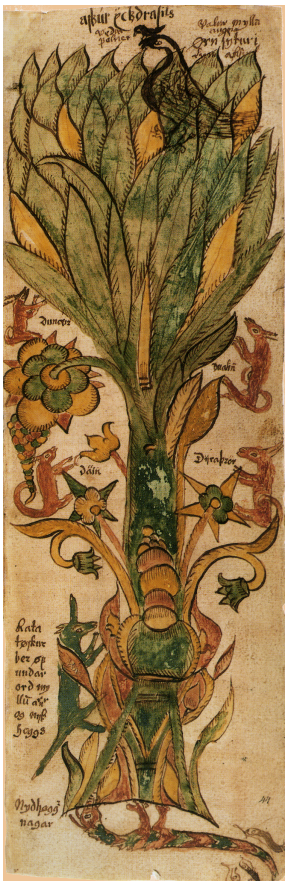
Eschensterben

Anfang der 1990er Jahre begannen im nordwestlichen Teil von Polen Eschen in großer Zahl abzusterben.[20] Die Symptome, die dabei auftreten, sind abgestorbene Flecken an Stämmen und Zweigen ohne Schleimfluss, das Welken und Abfallen der Blätter und das Absterben von Zweigen und Wipfeltrieben, das bis zum Absterben vor allem jüngerer Bäume führen kann. Das unter der geschädigten Rinde liegende Holz kann sich dabei braun verfärben.[21] Von Polen hat sich das Eschensterben nach Schweden, Österreich, Deutschland, Dänemark, Finnland, Litauen und Tschechien ausgebreitet.[22] In den geschädigten Stellen konnte häufig neben anderen Pilzarten eine neue Art einer Nebenfruchtform eines Schlauchpilzes gefunden werden, die 2006 den Artnamen *Chalara fraxinea* erhielt.[20] Die Art konnte nicht in allen geschädigten Stellen gefunden werden, und die geschädigten Stellen wurden auch von anderen potentiell schädlichen Pilzarten der Gattungen *Cytospora*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Phomopsis* und *Armillaria* besiedelt. Erst Impfversuche (Inokulation) mit *Chalara fraxinea* konnten zeigen, dass der Pilz zu identischen Schädigungen führt, wie sie beim Eschensterben gefunden werden. *Chalara fraxinea* kann jedoch nach der Infektion durch konkurrierende Arten vollständig verdrängt werden.[22] 2009 konnte die Nebenfruchtform *Chalara fraxinea* der Hauptfruchtform des Weißen Stengelbecherchen (*Hymenoscyphus albidus*) zugeordnet werden, das schon 1850 als *Peziza albida* erstmals beschrieben wurde. Das Weiße Stengelbecherchen lebt auf verwitternden Blattstielen der Esche, in Polen wurde der Schlauchpilz auch auf toten Schößlingen von Eschen gefunden. Er ist in Europa weit verbreitet, warum er zum Auslöser einer neuen Krankheit wurde, ist noch unklar. Mögliche Ursachen könnten eine Veränderung durch Mutation oder die Hybridisierung mit einer noch unbekannten Art sein. Auch Umwelteinflüsse könnten die Schädlichkeit des Pilzes verstärkt haben.[23]

Mensch und Esche

Mythologie

Eschene Lanzen werden schon im 7. Jahrhundert vor Christus von Hesiod in seinem Buch *Werke und Tage* als Bewaffnung des „dritten Menschengeschlechts“ erwähnt.[24] Besondere Bedeutung hat die Esche jedoch als Weltenbaum Yggdrasil in der Nordischen Mythologie, die durch die isländische Edda, ein auf Altisländisch verfasstes literarisches Werk, erhalten ist. Laut Edda reichen die Zweige der Weltenesche Yggdrasil über den ganzen Himmel und erstrecken sich über die ganze Welt. Der Baum ruht auf drei Wurzeln, unter denen Quellen entspringen. Die Quelle Mimirs verleiht Weisheit und Wissen, der nordische Hauptgott Odin gibt eines seiner Augen als Pfand, um von der Quelle zu trinken. Am Urdbrunnen halten die Götter Gericht, und dort wohnen die Nornen. Unter der dritten Wurzel liegt die Quelle Hvergelmir, der alle Flüsse entspringen. Der Drache Nidhöggr nagt an den Wurzeln und ein Adler sitzt in der Krone des Baums.[25] Auch die Menschen stammen in der nordischen Mythologie von der Esche ab. Drei Götter – darunter Odin – finden am Strand zwei Baumstämme Ask und Embla. Ask kann als Esche identifiziert werden; um welchen Baum es sich bei Embla handelt, ist unklar. Es könnte sich um die Ulme oder Erle handeln. Aus Ask formen die Götter den ersten Mann, aus Embla die erste Frau.[5]



Darstellung der Weltenesche Yggdrasil in einer isländischen Handschrift des 17. Jhs.

Die Esche in der Heilkunde

Schon in der Antike wurden verschiedene Teile der Esche zu Heilzwecken verwendet. So ist sie im *Corpus Hippocraticum* erwähnt, und auch im *De Materia Medica* des griechischen Arztes Dioskurides. Im zwölften Jahrhundert beschreibt die Äbtissin Hildegard von Bingen die Anwendung von Eschenblättern zur Zubereitung eines harntreibenden Tees. Konrad von Megenberg empfahl die Asche der Rinde zur Behandlung von Knochenbrüchen. Im 16. Jahrhundert verwendete der deutsche Arzt Hieronymus Bock das Destillat der Eschenrinde bei Gelbsucht und Steinleiden und Tee aus Eschenfrüchten als Diuretikum. Pietro Andrea Mattioli, der Hofarzt von Kaiser Maximilian II., beschreibt in seinem *New Kreuterbuch* die Rindenasche der Esche als Heilmittel. Hufeland empfiehlt Teeaufgüsse aus Rinde und Blättern bei Muskelrheuma und Gicht. Anfang des 18. Jahrhunderts wurde auch überlegt, die Rinde der Esche als Ersatz für Chinarinde als fiebersenkendes Mittel zu verwenden, das aufgrund der weiten Verbreitung der Malaria sehr gefragt war.[26]

Städtenamen

Mehrere Orte haben die Esche in ihrem Namen, darunter Eschwege und Eschede. Beide tragen einen Eschenzweig im Wappen.[5]

Systematik

Die Gemeine Esche ist eine Art in der Familie der Ölbaumgewächse. In der Gattung der Eschen (*Fraxinus*) gehört sie mit der Schmalblättrigen Esche, der Mandschurischen Esche und der Schwarz-Esche zur Untersektion *Bumelioides* in der Sektion *Fraxinus*. Ihre Chromosomenzahl beträgt 2n=46.[27]

Eine Unterteilung in zwei Rassen, der „Wasseresche“ und der „Kalkesche“, konnte weder durch Unterschiede in der Wuchsleistung noch durch phänologische oder morphologische Merkmale bestätigt werden. Eine ausgeprägte

genetische Differenzierung ist auch wenig wahrscheinlich, da das zusammenhängende Verbreitungsgebiet der Esche vor erst 3000 bis 4000 Jahren aufgrund der Konkurrenz von Buchen (*Fagus*) und Hainbuchen (*Carpinus*) getrennt wurde.[28]

Es werden mehrere Gartenformen unterschieden, darunter:[29]

- 'Allgold' ein 10 bis 12 Meter hoher Baum mit intensiv goldgelb gefärbten Trieben. Die Blätter sind im Sommer grün im Herbst gelb.
- 'Altea' mit durchgehendem Stamm und straff aufrechtem Wuchs.
- 'Aurea' ein 8 Meter hoher Baum mit im Winter gelben Zweigen. Die Blätter sind anfangs gelbgrün und werden im Herbst intensiv gelb.
- 'Diversifolia' oder Einblatt-Esche, ein 20 bis 25 Meter hoher Baum mit 14 bis 18 Zentimeter langen Blättern, die nur aus dem Endblättchen und häufig noch einem weiteren, kleineren Fiederblättchenpaar bestehen. Der Blattrand ist unregelmäßig oder doppelt gesägt.
- 'Eureka' mit durchgehendem Stamm und straff aufrechtem Wuchs.
- 'Globosa' eine Zwergform mit hohem Stamm und dicht verzweigter, abgeflacht kugeliger Krone, die bis zu 4 Meter breit wird.
- 'Jaspidea' ein bis zu 15 Meter hoher Baum. Junge Triebe und Zweige haben eine gelbgrün gestreifte Borke. Die Blätter sind groß, zuerst gelb, im Sommer gelbgrün und im Herbst gelb.
- 'Nana' oder Kugelesche, eine Zwergform mit hohem Stamm und kugeliger, kompakter Krone, die 2,5 bis 4,5 Meter breit werden kann.
- 'Pendula' oder Hängeesche, ein 12 bis 15 Meter hoher Baum mit bogenförmig abwärts wachsenden Ästen und Zweigen, die oft den Boden erreichen.
- 'Westhofs Glorie' mit durchgehendem Stamm und straff aufrechtem Wuchs.

Verwendung

Holz

Holzeigenschaften (Werte nach DIN 68364)[30]

Kenngröße	Wert	Einheit
Rohdichte (12–15 % HF)	690	kg/m³
Elastizitätsmodul	13000–14000	N/mm²
Druckfestigkeit	44–52	N/mm²
Zugfestigkeit	130–165	N/mm²
Biegefestigkeit	102–120	N/mm²
Bruchschlagarbeit	68	kJ/m²
Brinellhärte	6537–6541	N/mm²


Eschenholz

Das Eschenholz ist mit einer mittleren Rohdichte von 690 kg/m³ ein schweres und auch hartes Holz mit günstigen Festigkeitseigenschaften. Seine Zugfestigkeit und Biegefestigkeit übertrifft die der Eiche. Es ist elastisch, abriebfest und durch die hohe Bruchschlagarbeit zäher als die meisten anderen heimischen Holzarten. Dabei sind die mechanischen Eigenschaften umso günstiger, je breiter die Jahresringe sind. Jahresringe mit einer Breite über 1,5 Millimeter, wie sie bei „Wassereschen“ häufig auftreten, sind ein Zeichen für eine gute Holzqualität. Ein ausgeprägter Farbkern beeinflusst die Holzqualität nicht. Eschenholz kann sowohl händisch als auch maschinell gut bearbeitet werden, gedämpft lässt es sich ähnlich gut wie die Buche biegen. Die Oberflächen sind einfach behandelbar, was besonders für das Beizen gilt. Das Holz ist widerstandsfähig gegen schwache Laugen und Säuren. Es ist jedoch nur wenig witterungsbeständig, und auch bei Kontakt mit dem Boden wird das Holz rasch geschädigt. Da es sich nur schwer imprägnieren lässt, wird das Holz im Freien selten verwendet.

Eschenholz wird sowohl als Massivholz als auch in Form von Furnieren häufig eingesetzt, so für Küchen-, Wohn- und Schlafzimmermöbel oder in gebogener Form als Sitzmöbel. Weiters wird sie für Wand- und Deckenverkleidungen und zur Herstellung von Parkett- und Dielenböden verwendet. Für alle diese Anwendungen wird helles Holz ohne Farbkern bevorzugt. Eschenholz wird auch dann eingesetzt, wenn hohe Ansprüche an die Festigkeit, Zähigkeit und Elastizität gestellt werden, so zur Herstellung von Hämmern, Beilen, Schaufeln, Hacken und Äxten, Sensen, Rechen und anderen Gartengeräten. Des weiteren findet Eschenholz aufgrund der hohen Schwingungsdämpfung[31] Verwendung im Stativbau für Fotografie und Astronomie[32] [33] . Auch Sport- und Turngeräte wie Sprossenwände, Schlaghölzer oder Schlitten werden aus Esche gefertigt. In der Stellmacherei war das Eschenholz von überragender Bedeutung und galt als am besten geeignet zur Herstellung von Naben, Felgen, Speichen, Deichseln und Leiterwagen. Es hatte auch große Bedeutung im Fahrzeug- und Waggonbau. Die Deutsche Reichsbahn hatte für viele Anwendungen den Einsatz der Esche sogar vorgeschrieben. Sie wurde auch im Maschinenbau zum Beispiel zur Herstellung von Dreschmaschinen oder Webstühlen eingesetzt. [34]

Andere Verwendungsmöglichkeiten

Eschenlaub war früher ein wichtiges Futtermittel für den Winter. Das Laub wurde im Sommer geschnitten, getrocknet und für die spätere Verwendung gelagert.[35] Die Esche ist auch ein häufiger Straßen- und Stadtbaum – besonders in Nord- und Osteuropa und in höheren Lagen der Mittelgebirge.[2]

Nachweise

Literatur

- Schütt, Weisgerber, Schuck, Lang, Stimm, Roloff: *Enzyklopädie der Laubbäume.* Nikol, Hamburg 2006, ISBN 3-937872-39-6, S. 261–275.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.): *Beiträge zur Esche -Fachtagung zum Baum des Jahres 2001-.* Mai 2002, ISSN 0945-8131 [36] (online [37]).
- Roloff, Bärtels: *Flora der Gehölze.* Ulmer, Stuttgart (Hohenheim) 2008, ISBN 978-3-8001-5614-6, S. 308.

Weblinks

- Kompendium zur Esche [38] - Informationen zum Baum des Jahres 2001 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
- *Die Esche - Baum Des Jahres 2001.* [39] Stiftung „Menschen für Bäume", abgerufen am 30. August 2009.
- *Fraxinus excelsior - Gemeine Esche.* [40] In: *Forstbotanischer Garten: Im Reich der Bäume.* Georg-August-Universität Göttingen, abgerufen am 30. August 2009.

Referenzen

[1] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 262.

[2] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 263.

[3] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 264.

[4] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 266

[5] *Fraxinus excelsior - Gemeine Esche, Holz und Verwendung.* (http://www.uni-goettingen.de/en/33098.html) In: *Forstbotanischer Garten: Im Reich der Bäume.* Georg-August-Universität Göttingen, abgerufen am 30. August 2009.

[6] *Beiträge zur Esche*, S. 56.

[7] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 267.

[8] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 264–265.

[9] Düll, Kutzelnigg: *Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands.* 6. Auflage. Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2005, ISBN 3-494-01397-7, S. 208.

[10] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 268.

[11] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 271.

[12] Marigo, Peltier, Girel, Pautou: *Success in the demographic expansion of* Fraxinus excelsior *L.*. In: *Trees.* Nr. 15, Springer, Oktober 2000, S. 2, 6, doi: 10.1007/s004680000061 (http://dx.doi.org/10.1007/s004680000061).

[13] Schütt, Schuck, Stimm: *Lexikon der Baum- und Straucharten.* Nikol, Hamburg 2002, ISBN 3-933203-53-8, S. 182.

[14] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 262–263.

[15] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 269–270.

[16] Marigo, Peltier, Girel, Pautou: *Success in the demographic expansion of* Fraxinus excelsior *L.*. In: *Trees.* Nr. 15, Springer, Oktober 2000, S. 1, 2, doi: 10.1007/s004680000061 (http://dx.doi.org/10.1007/s004680000061).

[17] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 270.

[18] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 272.

[19] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 273.

[20] T. Kowalski: *Chalara fraxinea sp. nov. associated with dieback of ash (Fraxinus excelsior) in Poland.* In: *Forest Pathology.* 36, Nr. 4, Wiley, 11. Juli 2006, S. 264-270, doi: 10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x (http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x).

[21] Jörg Schumacher, Alfred Wulf, Sindy Leonhard: *Erster Nachweis von Chalara fraxinea T. Kowalski sp. nov. in Deutschland – ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen.* In: *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes.* 59, Nr. 6, Ulmer, Stuttgart 2007, ISSN 0027-7479 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0027-7479), S. 121-123 (http://www.ulmer.de/Artikel.dll/nb2007_06_121_123_MzMzNTAw.PDF).

[22] T. Kowalski, O. Holdenrieder: *Pathogenicity of Chalara fraxinea.* In: *Forest Pathology.* 39, Nr. 1, Wiley, 8. 8 2008, S. 1-7, doi: 10.1111/j.1439-0329.2008.00565.x (http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00565.x).

[23] T. Kowalski O. Holdenrieder: *The teleomorph of Chalara fraxinea, the causal agent of ash dieback.* In: *Forest Pathology.* Wiley, 23. 2 2009, doi: 10.1111/j.1439-0329.2008.00589.x (http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00589.x).

[24] Hesiodos: *Werke und Tage.* (Originaltitel: *Ἔργα καὶ ἡμέραι*) (Zeile 145, http://www.gottwein.de/Grie/hes/ergde.php, abgerufen am 19. September 2009).

[25] Snorri Sturluson: *Gylfaginnîng.* In: *Snorra-Edda.* 1271, 15 (http://de.wikisource.org/wiki/Edda/Snorra-Edda/Gylfaginn%C3%AEng).

[26] *Beiträge zur Esche*, S. 71-72.

[27] Schütt, Schuck, Stimm: *Lexikon der Baum- und Straucharten.* Nikol, Hamburg 2002, ISBN 3-933203-53-8, S. 180.

[28] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 269.

[29] Roloff, Bärtels: *Flora der Gehölze*.

[30] *Beiträge zur Esche*, S. 58.

[31] http://www.berlebach.de/anleitungen/31.pdf

[32] http://www.berlebach.de/anleitungen/44.pdf

[33] http://www.astroshop.de/stative/43/m,Berlebach

[34] D. Grosser, W. Teetz: *Esche.* In: *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Nr. 9, Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond – Absatzförderungfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn 1998, ISSN 0446-2114 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0446-2114).

[35] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*, S. 274.

[36] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0945-8131

[37] http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-wissen/34/lwf-wissen_34.pdf
[38] http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-wissen/34/index.php
[39] http://www.baum-des-jahres.de/archiv/esche01.html
[40] http://www.uni-goettingen.de/en/33081.html

Gemeine Nachtkerze

Gemeine Nachtkerze

Gemeine Nachtkerze (*Oenothera biennis*)
Systematik
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Myrtenartige (Myrtales)
Familie: Nachtkerzengewächse (Onagraceae)
Unterfamilie: Onagroideae
Gattung: Nachtkerzen (*Oenothera*)
Art: Gemeine Nachtkerze
Wissenschaftlicher Name
Oenothera biennis
L.

Die **Gemeine Nachtkerze** (*Oenothera biennis*), gelegentlich auch als **Gewöhnliche Nachtkerze** bezeichnet, ist eine Pflanzenart aus der Familie der Nachtkerzengewächse (Onagraceae). Sie zählt in Mitteleuropa zu den Neophyten, da sie um 1620 als Zierpflanze von Nordamerika nach Europa eingeführt wurde. Mittlerweile ist sie in Europa so weiträumig verbreitet, dass sie von den meisten Menschen als einheimische Art wahrgenommen wird.

Etymologie

Die Nachtkerze wird im Volksmund auch Nachtblume, Gelber Nachtschatten, Nachtschlüsselblume, Eierblume, Gelbe Rapunzel, Härekraut, Rapontika, Rübenwurzel, Schinkenkraut, Schinkenwurz, Stolzer Heinrich, Weinblume oder Weinkraut und Hustenblume genannt.

Der heute verwendete botanische Gattungsbegriff Oenothera, der sich von den griechischen Worten *οἶνος* „Wein“ und *θήρ* „Tier“ ableitet, wurde 1753 von Carl von Linné festgeschrieben. Zuvor hatten mit dem Namen antike und mittelalterliche Autoren wie Plinius der Ältere und Paracelsus vermutlich die ebenfalls zur Familie der Nachtkerzengewächse zählenden Weidenröschen bezeichnet (die nordamerikanische Gattung der Nachtkerzen konnten sie noch nicht kennen). Sie waren der Meinung, dass diese Pflanze mit Wein genossen die Menschen heiter und wilde Tiere sanft mache. Der botanische Artname *biennis* weist auf die Zweijährigkeit der Pflanze hin.

Systematik

In der Botanik werden meist 13 Kleinarten zur Artengruppe *Oe. biennis* agg. (Aggregat) zusammengefasst, da diese sehr eng verwandt und einander sehr ähnlich, und daher schwer zu unterscheiden sind. Bei ihnen handelt es sich um artgewordene Hybride, die mittels eines speziellen cytogenetischen Mechanismus (Komplexheterozygotie) erblich konstant bleiben.

Die Artengruppe umfasst: *Oe. biennis*, *Oe. suaveolens*, *Oe. deflexa*, *Oe. carinthiaca*, *Oe. erythrosepala*, *Oe. salicifolia*, *Oe. canovirens*, *Oe. pycnocarpa*, *Oe. heiniana*, *Oe. rubricaulis*, *Oe. wienii*, *Oe. fallax*, *Oe. hoelscheri*.

Erscheinungsbild

Die Gemeine Nachtkerze ist eine zweijährige krautige Pflanze. Sie bildet eine auf dem Boden aufliegende Rosette mit fleischiger Pfahlwurzel. Im zweiten Jahr erhebt sich daraus ein blütenreicher, traubig verzweigter und drüsig behaarter Blütenstand, der etwa einen Meter hoch, oftmals aber auch - bei idealem Standort - bis zu zwei Meter hoch wird. Dieser Blütenstand trägt etwa zwei bis drei Zentimeter lange, intensivgelbe Stieltellerblüten, die vierzählig sind und in der Achsel eines Tragblattes sitzen. Sie werden in der Botanik als unterständige Blüten bezeichnet, da den langen, röhrenförmigen Blütenbechern oben Kelch-, Kron- und Staubblätter ansitzen. Tief unten im engen Blütenbecher befindet sich der vierfächerige, unterständige Fruchtknoten. Die vier Narben des mehrere Zentimeter langen Griffels sind am Blüteneingang den bestäubenden Insekten zugänglich.



Rosette



Samenstände und Blüten

Die Blütezeit der Gemeinen Nachtkerze beginnt Anfang Juni und kann bei guten Standort- und Wetterbedingungen bis Ende September anhalten. Die einzelnen Blüten sind dagegen sehr kurzlebig. Sie öffnen sich erst in der Abenddämmerung und sind meistens bis zum nächsten Mittag wieder verblüht. Der genaue Zeitpunkt, zu dem sich die Blüten öffnen, ist abhängig vom Sonnenstand, von der Tagestemperatur sowie von der Luftfeuchtigkeit.

Das Öffnen der Blüten erfolgt häufig innerhalb weniger Minuten in einer fließenden Bewegung. Die Plötzlichkeit und Schnelligkeit, mit der das Aufblühen erfolgt, ist bei keiner anderen in Mitteleuropa vorkommenden Pflanze zu beobachten. Sie ist deshalb in Botanischen Gärten und Schulgärten eine gelegentlich verwendete

Demonstrationspflanze. Eine sich öffnende Blüte ist dabei in der Regel noch geruchlos. Erst nach vollständigem Öffnen der Blüten wird ihr Duft intensiv süßlich, so dass er von Menschen mitunter als aufdringlich und fast stinkend empfunden wird.

Ökologie

Die Bestäubung

Beim Öffnen der Blüten stäuben zunächst die reifen Staubbeutel, weshalb die Blüte als vormännlich bezeichnet wird. Die Pollenkörner der Staubbeutel sind über Viscinfäden miteinander verfilzt und bleiben dadurch leicht im Haarkleid oder an den Fühlern von Insekten hängen. Erst wenn die Staubbeutel entleert wurden, reifen die Narben heran. Diese liegen unmittelbar nach Blütenöffnung noch eng aneinander und entfalten sich erst im Laufe der Öffnung der Blüte. Nektar für bestäubende Insekten wird am Grunde der Kelchröhre von einer glatten, gelben Honigdrüse ausgeschieden, die oberhalb des Fruchtknotens liegt. Der Blütensaft fließt aufgrund der waagrechten Stellung der Blüte dem Ausgang zu, wo er am aufliegenden Griffel haften bleibt.



Taubenschwänzchen im Schwirrflug - diese in Mitteleuropa häufigen Schwärmer sind gelegentlich auch an Blüten der Gemeinen Nachtkerze zu sehen - hier ist er jedoch vor einer anderen Blüte abgebildet



Stängel einer Nachtkerze mit Blüten

Eine Besonderheit der Gemeinen Nachtkerze ist, dass die Bestäubung von Nachtkerzenblüten überwiegend von Nachtfaltern vorgenommen wird, welche im Sommer regelmäßig ca. 30 Minuten nach dem Öffnen der Blüten, wenn der Duft am intensivsten wird, eintreffen. Diese Beobachtung kann sogar in der Großstadt gemacht werden, wenn Nachtkerzen beispielsweise auf Dachgärten angepflanzt werden. Zu den Nachtfaltern, die an Blüten der Gemeinen Nachtkerze zu beobachtende sind, zählen vor allem die Familie der Schwärmer, darunter Taubenschwänzchen (tagaktiv!) sowie die in Mitteleuropa häufigste Schwärmerart, der Mittlere Weinschwärmer. Ein in Mitteleuropa eher seltener Schwärmer wird wegen seiner Vorliebe für den Nektar dieser Pflanze sogar Nachtkerzenschwärmer genannt.

Die Nachtfalter kann man gelegentlich dabei beobachten, wie sie im Schwirrflug vor einer der Blüten stehen. Beim Einführen des Rüssels streifen sie die Staubbeutel der Blüte. Die Narben sind infolge einer Seitwärtsbewegung des Griffels zunächst aus der Zugangsrichtung zum Nektar weggerückt. Eine halbe Stunde nach Öffnung der Blüte streckt sich auch der Griffel. Seine Narbenäste spreizen sich dabei auseinander und können nun mit dem Pollen, den später eintreffende Insekten mit sich tragen, bestäubt werden.

Bei Tage stellen sich, angelockt durch die lebhaft gelbe Farbe der Kronblätter mit den für den Menschen unsichtbaren Strichsaftmalen auch langrüsselige, honigsuchende Bienen sowie Hummeln und Tagfalter ein. Gelegentlich findet man an den Blättern der Gemeinen Nachtkerze auch die bis zu acht Zentimeter lange Raupe des Mittleren Weinschwärmers mit den charakteristischen halbmondförmigen und weiß gerandeten Augenflecken auf dem ersten und zweiten Hinterleibsegment. Diese normalerweise auf Weidenröschen spezialisierte Raupe kann auch

die Gemeine Nachtkerze als Fraßpflanze nutzen.

Die Ausbreitung der Samen

Da jeder Haupt- oder Seitentrieb bis zu 120 Blüten hervorbringen kann, ist diese Pflanze sehr ausbreitungsstark.

Die Samenkapsel in Form einer drei Zentimeter langen und stumpf vierkantigen Spaltkapsel entwickelt sich aus dem unterständigen Fruchtknoten. Bei Reife reißen die vier Fächer der Samenkapsel entlang der Rückennaht in Folge von Austrocknung von der Spitze bis zur Mitte auf.

Jede Samenkapsel beherbergt bis zu 200 Samen, deren Färbung von einem Dunkelrot bis zu Schwarzbraun reicht. Die Samen sind etwa einen Millimeter lang, dreikantig und haben einen häutigen Flügelsaum. Als Ausbreitungsstrategie nutzt die Gemeine Nachtkerze die so genannte Semachorie, die Ausstreuung durch Windbewegung oder die Bewegung der Pflanze durch Tiere. Die nur ein Tausendstel Gramm schweren Samen werden durch Bewegung aus den senkrecht orientierten Kapseln ausgestreut. Anschließend werden sie mit Hilfe ihres Flügelsaums als Flieger durch den Wind ausgebreitet (so genannte Meteorochorie).



Samenstand einer Gemeinen Nachtkerze

Verbreitung

Die Gemeine Nachtkerze ist eine ursprünglich in Nordamerika beheimatete Pflanze. Sie wurde ähnlich wie andere Nachtkerzenarten im 17. Jahrhundert gezielt als Zierpflanze nach Europa eingeführt (so genannte Ethelochorie). Bereits für das Jahr 1623 ist ihr Anbau in Gärten nahe Paris belegt. 1660 wurde sie in Altdorf und 1668 in Halle angepflanzt und damals als *Lysimachia virginina major fl. amplo* bezeichnet. Als reine Zierpflanze fand sie bereits weite Verbreitung. Man entdeckte jedoch sehr schnell, dass ihre Wurzeln und Blätter essbar waren. In der Folge baute man diese Art vielerorts in den Küchengärten als Gemüsepflanze an. Als Gartenflüchtling verwilderte diese Pflanze sehr schnell. Bereits 1766 beschrieb man sie für Brandenburg als ein weit verbreitetes Unkraut. Hybridisationen mit anderen Nachtkerzenarten haben zu einer großen Anzahl schwer unterscheidbarer Kleinarten geführt.

Als Standortbedingungen benötigt die Gemeine Nachtkerze einen trockenen, nicht zu nahrhaften aber möglichst kalkhaltigen Boden. Heute ist die Gemeine Nachtkerze in ganz Europa, in Vorderasien sowie Ostasien deshalb häufig an Bahndämmen, Kanalböschungen, Mauern, Wegrändern, an höher gelegenen Flussufern, in Steinbrüchen, Kies- und Sandgruben sowie auf Schotterbänken, Industrieanlagen und Ruderalplätzen zu finden. Aufgrund ihrer späten Einführung nach Europa zählt sie zu den hemerochoren Neophyten. Ihre heutige Verbreitung verdankt sie meist einer ungewollten Verschleppung (so genannte agochore Ausbreitung), da ihre Samen häufig mit ins Frachtgut gelangen. Aufgrund ihrer Verbreitung entlang von Eisenbahnlinien wird sie gelegentlich auch als „Eisenbahnpflanze“ bezeichnet.

Verwendung

Verwendung als Nahrungsmittel



Eine einzelne Blüte der Gemeinen Nachtkerze

Im Volksmund wird die Nachtkerze auch „Schinkenwurz“ genannt, denn ihre Wurzel verfärbt sich beim Garen rötlich. Ihre weite Verbreitung in Europa ist vor allem auf ihren im 18. Jahrhundert und 19. Jahrhundert häufigen Anbau als Gemüsepflanze zurückzuführen. Alte Sprichwörter behaupteten, dass ein Pfund der Nachtkerzenwurzel so viel Kraft gebe wie ein Zentner Ochsenfleisch. Die Gemeine Nachtkerze zählt deshalb bis heute zu den typischen Pflanzen des Bauerngartens, auch wenn sie heute nur noch als Zierpflanze angebaut wird.

Von der Gemeinen Nachtkerze sind neben der Wurzel auch die Blätter, die Blüten und die Samen essbar. Die Wurzel kochte man wie Schwarzwurzeln oder Pastinaken in Fleischbrühe. Die gekochten Wurzeln wurden gelegentlich auch in Scheiben geschnitten und mit Essig und Öl angemacht. Geerntet werden die rübenförmigen Wurzeln vom Herbst des ersten Jahres (Rosettenstadium) bis zum Frühjahr. Ähnlich wie andere alte Gemüsepflanzen ist auch die Gemeine Nachtkerze aus der Mode gekommen. In der modernen Küche werden die Blütenblätter jedoch gelegentlich als essbare Dekoration verwendet.

In einigen Regionen wie beispielsweise in Masuren verwendete man die Wurzeln und die Blätter der Gemeinen Nachtkerzen auch als Schweinefutter.

Verwendung als Heilpflanze

Bereits die nordamerikanischen Indianer verwendeten die Gemeine Nachtkerze als Heilpflanze.

In der Naturheilkunde hat heute vor allem das Nachtkerzenöl eine Bedeutung. Dieses aus den Samen der Nachtkerze gewonnene fette Öl wird zur Behandlung und zur symptomatischen Erleichterung von Neurodermitis innerlich eingesetzt. Es enthält große Mengen an Cis-Linolsäure, die im menschlichen Körper mit Hilfe des Enzyms Delta-6-Desaturase in Gamma-Linolensäure umgewandelt wird. Aus dieser entsteht in einem weiteren enzymatischen Prozess Dihomo-Gamma-Linolensäure. Aus ihr bildet der Körper Prostaglandin E_1, das an zahlreichen Funktionen der Zellen beteiligt ist. Bei Neurodermitikern soll ein Mangel an dieser für den menschlichen Stoffwechsel wichtigen Gamma-Linolensäure bestehen, weil die Delta-6-Desaturase eine mangelhafte Enzymaktivität aufweist. Die im Nachtkerzenöl in einer Konzentration zwischen 8 bis 14 % enthaltene Gamma-Linolensäure ermöglicht die Entstehung des antiinflammatorisch wirksamen Prostaglandins E_1 ohne Delta-6-Desaturase-vermittelte Umwandlung der Cis-Linolsäure in die Gamma-Linolensäure.[1] Da Nachtkerzenöl jedoch sehr teuer ist, wird als Ersatz zunehmend Hanföl verwendet.

Die zerstoßenen *Samen* der Gemeinen Nachtkerze können direkt auf die Haut bei Ausschlägen aufgebracht werden.

Verwendung in der Kosmetik

Das Nachtkerzenöl findet aufgrund seiner Wirkungen auch Verwendung als Wirkstoff und Additiv in Kosmetikartikeln, speziell in Hautcremes. Die Inhaltsstoffe wirken heir vor allem bei reizempfindlicher Haut beruhigend und können entsprechend vor allem bei trockener, schuppiger und juckender Haut pharmazeutisch verwendet werden.[2] . Als Kosmetiköl schützt es die Haut vor Feuchtigkeitsverlusten, lässt raue Stellen verschwinden und fördert das Zellwachstum und die Zellregeneration.[3]

Anbau

Zur Gewinnung des Nachtkerzenöls kann die Nachtkerze in ein- und zweijähriger landwirtschaftlicher Kultur angebaut werden. Bei einjährigem Anbau erfolgt die Aussaat in der ersten Aprilhälfte, bei zweijähriger Kulturdauer werden die feinen Samen im Hochsommer flach gesät. Die Nährstoffansprüche der Nachtkerze sind gering. Krankheiten (Septoria, Falscher Mehltau) und Schädlinge (Nachtkerzenlaus, Erdfloh, Vogelfraß an Samenkapseln) können die Ernte jedoch beeinträchtigen.

Wie für züchterisch wenig bearbeitete Pflanzen typisch, reifen die Samen ungleichmäßig ab. Sind drei Viertel der Kapseln braun gefärbt, wird mit dem Mähdrescher geerntet. Da die Samen sehr trocken gelagert werden (der Wassergehalt im Samen darf maximal neun Prozent betragen), schließt sich an die Reinigung der Samen eine Trocknung an. Bei zweijähriger Kulturdauer beträgt der Samenertrag zwischen sechs und 13 Dezitonnen pro Hektar, im Ökologischen Landbau rechnet man mit drei bis sieben Dezitonnen. Der Ölgehalt der Samen liegt bei ca. 26 bis 28 Prozent.

In den 1990er Jahren wurde die Nachtkerze versuchsmäßig angebaut. Derzeit bauen in Deutschland einzelne Landwirte Nachtkerzen feldmäßig an, um das Öl direkt zu vermarkten.[4] [5]

Literatur

- Azim Ghasemnezhad: *Investigations on the effects of harvest methods and storage conditions on yield, quality and germination of evening primrose (Oenothera biennis L.) seeds*. Dissertation, Universität Gießen 2007 (Volltext [6])
- Helmut Hintermeier: *Die Nachtkerze. Schönheit aus Virginia.* In: *die biene - Überregionale Fachzeitschrift für Imker.* ISSN 0006-212X [7]. Berlin, 134. Jahrgang, 1998, S. 12
- Heinz-Dieter Krausch: *Kaiserkron und Päonien rot... - Entdeckung und Einführung unserer Gartenblumen.* Dölling und Galitz, Hamburg 2003, ISBN 3-93-554923-7
- Elisabeth Lestrieux, Jelena de Belder: *Der Geschmack von Blumen und Blüten.* Dumont, Köln 2000, ISBN 3-7701-8621-4
- Angelika Lüttig und Juliane Kasten: *Hagebutte & Co - Blüten, Früchte und Ausbreitung europäischer Pflanzen.* Fauna, Nottuln 2003, ISBN 3-93-598090-6

Referenzen

[1] 1. HagerROM 2002, Springer Verlag in Heidelberg

[2] S. Krist, G. Buchbauer und C. Klausberger, 2008: Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle. Springer Verlag, Wien. S. 302. ISBN 978-3-211-75606-5

[3] Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (MLUV) Brandenburg: *Nachtkerzenöl für die pharmazeutische und kosmetische Industrie* (http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php?id=179270&_siteid=210).

[4] www.nachwachsende-rohstoffe.info: Nachtkerze: Heimische Ölpflanze für Spezialanwendungen (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20080213-04) 14. Februar 2008

[5] www.nachwachsende-rohstoffe.info: Hochwertige Fettsäuren aus Lein und Nachtkerzen (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20040721-06) 21. Juli 2004

[6] http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/5086/

[7] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0006-212X

Gemeiner Lein

Gemeiner Lein

Gemeiner Lein (*Linum usitatissimum*)
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida)
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Malpighienartige (Malpighiales)
Familie: Leingewächse (Linaceae)
Gattung: Lein (*Linum*)
Art: Gemeiner Lein
Wissenschaftlicher Name
Linum usitatissimum
L.

Gemeiner Lein (*Linum usitatissimum*), auch **Saat-Lein** oder **Flachs** genannt, ist eine alte Kulturpflanze, die zur Faser- (Faserlein) und zur Ölgewinnung (Leinöl) angebaut wird. Er ist eine Art aus der Gattung Lein (*Linum*) in der Familie der Leingewächse (Linaceae) und die einzige Lein-Art, deren Anbau eine wirtschaftliche Bedeutung hat. Es gibt mehrere Convarietäten sowie etliche Sorten. In der Praxis wird nach der Hauptverwendung Faserlein und Öllein unterschieden.

Das Artepitheton *usitatissimum* bedeutet in Latein *sehr nützlich* und bezieht sich auf die vielfältige Verwendbarkeit.[1] „Flachs“ leitet sich von „flechten“ ab und bezieht sich auf die Verarbeitung.[2]

Merkmale

Vegetative Merkmale

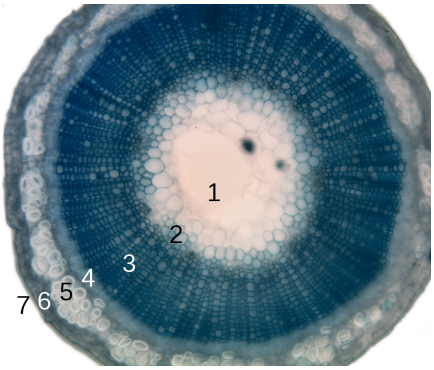
Der Gemeine Lein ist eine einjährige Pflanze (Therophyt), die eine Wuchshöhe von 20 bis 100 Zentimetern erreicht. Sie besitzt eine kurze, spindelförmige Pfahlwurzel mit feinen Seitenwurzeln. Die Hauptwurzel wird etwa gleich lang wie der Spross. Die ganze Pflanze ist kahl. Die Stängel stehen meist einzeln und aufrecht, im Bereich des Blütenstandes sind sie verzweigt.

Die stiellosen Laubblätter stehen wechselständig. Sie sind zwei bis drei (selten vier) Zentimeter lang und 1,5 bis drei (sechs) Zentimeter breit. Ihre Form ist lineal-lanzettlich, dabei ist ein Blatt fünf- bis 15 mal so lang wie breit. Die Blätter sind dreinervig, kahl und haben einen glatten Rand.

Die Chromosomenzahl beträgt 2n=30.

Stängel und Fasern

Das äußerste Gewebe im Stängel ist die von einer Wachsschicht überzogene Epidermis (7). Es folgt die chlorophyllführende Rindenschicht (6). In die Rindenschicht eingebettet sind 20 bis 50 Bastfaserbündel (5) als Festigungsgewebe. Jedes Bündel besteht aus zehn bis 30 Sklerenchym-Zellen, den Elementarfasern. Diese besitzen einen sechseckigen bis polygonalen Querschnitt mit kleinem Hohlraum. Die Länge einer Elementarfaser beträgt im Durchschnitt 2,5 bis sechs Zentimeter, in den oberen Stängelteilen kann sie auch acht bis zehn Zentimeter erreichen. Das ganze Faserbündel wird als technische Faser bezeichnet. Der Fasergehalt des Stängels beträgt 19 bis 25 %. Die Faser selbst besteht zu 65 % aus Zellulose, die weiteren Bestandteile sind Hemizellulose mit 16 %, Pektin (3 %), Protein (3 %), Lignin (2,5 %), Fette und Wachse (1,5 %), Mineralstoffe (1 %) und 8 % Wasser.[3]



Querschnitt durch den Stängel, die Faserbündel erscheinen hell und sind mit 5 gekennzeichnet.

Nach innen zu folgt das sehr dünne Kambium (4), sodann der größte Bereich, der Holzzylinder (3). Im Zentrum befindet sich ein schmaler Bereich aus Mark (2), im reifen Stängel noch ein Hohlraum (Lumen, 1).

Blütenstand und Blüten

Der Blütenstand ist ein rispenartiger Wickel. Die Blüten sind groß und über zwei Zentimeter breit. Die Blütenstiele sind länger als das Tragblatt, kahl und aufrecht. Die Blüte ist fünfzählig. Die Kelchblätter sind fünf bis sieben (neun) Millimeter lang. Sie sind lang zugespitzt, haben einen weißen Hautrand und sind an der Spitze bewimpert. Die Kelchblätter sind drei- oder fünfnervig. Die Kronblätter sind 12 bis 15 Millimeter lang und von hellblauer Farbe mit dunklerer Aderung, selten weiß, violett oder rosa. Die fünf Staubblätter sind zwei bis fünf Millimeter lang, an ihrem Grund sitzen Nektarien. Der Fruchtknoten ist oberständig und besteht aus fünf verwachsenen Fruchtblättern mit freien Griffeln. Die Narben sind keulenförmig. Blütenbiologisch handelt es sich um eine homogame, nektarführende Scheibenblume. Vorherrschend ist Selbstbestäubung (Autogamie), die Fremdbefruchtung durch Insekten (Auskreuzungsrate) beträgt rund fünf Prozent.



weißblühende Form des Gemeinen Leins.

Früchte und Samen

Die Fruchtstiele stehen aufrecht und tragen eine sechs bis neun Millimeter lange Kapsel. Diese ist kugelig-eiförmig und rund einen Millimeter lang geschnäbelt. Die Kapsel ist fünffächrig, jedes Fach enthält zwei Samen. Dabei ist jedes Fach durch falsche Scheidewände in zwei Kompartimente mit je einem Samen unterteilt. Die Kapsel öffnet sich wand- oder fachspaltig oder bleibt geschlossen.



Leinsamen.

Die Samen sind 4 bis 4,9 (6,5) Millimeter lang und 2,5 bis drei Millimeter breit. Die Form ist abgeflacht eiförmig. Der Nabel (Hilum) liegt am schmalen, zugespitzten Ende. Die Farbe der Samen variiert je nach Sorte von hellgelb bis dunkelbraun bei glänzend glatter Oberfläche. Das Tausendkorngewicht beträgt bei Faserlein vier bis sieben Gramm, bei Öllein bis zu 15 Gramm. Die Samenschale ist dünn, spröde und besteht aus fünf Schichten: Die Epidermis bildet Schleimstoffe. Es folgen nach innen je eine Zellschicht Ringzellen, Steinzellen und Querzellen. Die innerste Schicht, die Pigmentschicht ist einzellschichtig und besteht aus vier- bis sechseckigen, dickwandigen Zellen und ist für die Farbe des Samens verantwortlich. Das Endosperm ist schwach ausgeprägt und nur in Form eines dünnen Häutchens vorhanden. Die Zellen enthalten wie die der Keimblätter Öl und Eiweiß. Der Embryo besitzt zwei kräftige, fleischige Keimblätter, die als Speicherorgane dienen.

Der Ölgehalt der Samen liegt zwischen 30 % und 44 % und hängt ab von der Sorte, den Umweltbedingungen und dem Grad der Reife. Da Faserlein vor der Vollreife geerntet wird, enthalten seine Samen weniger Öl. Hauptfettsäure ist mit rund 50 % bis 70 % die ungesättigte Linolensäure. Der Gehalt der für die menschliche Ernährung bedeutenden Omega-3-Fettsäuren in Leinöl ist der höchste aller bekannten Pflanzenöle[4] . Die weitere Zusammensetzung beträgt 10 % bis 20 % Linolsäure, 12 % bis 24 % Ölsäure, sowie je unter 10 % Stearin- und Palmitinsäure. Der Roheiweißgehalt liegt zwischen 19 % und 29 %. Der Anteil der für den Menschen essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Tryptophan ist hoch. An sekundären Inhaltsstoffen sind die cyanogenen Glykoside Linamarin und Lotaustralin von Bedeutung, die enzymatisch zu Blausäure umgewandelt werden können

und daher bei Aufnahme großer Mengen möglicherweise Vergiftungen hervorrufen können[5] .[6]

Entwicklung



Leinfeld zur Blütezeit, Belgien.

Die Keimung des Leins erfolgt epigäisch. Zum Beginn der Keimung quillt der Samen unter Wasseraufnahme auf, wobei sich die schleimhaltige Epidermis um ein vielfaches vergrößert. Die Samenschale öffnet sich am spitzen Ende (Hilum) durch das Durchbrechen der Keimwurzel (Radicula). Danach streckt sich das Hypokotyl und die anfangs noch gefalteten Keimblätter entfalten sich und ergrünen. Die Keimblätter wachsen noch weiter und bleiben mehrere Wochen lang erhalten.

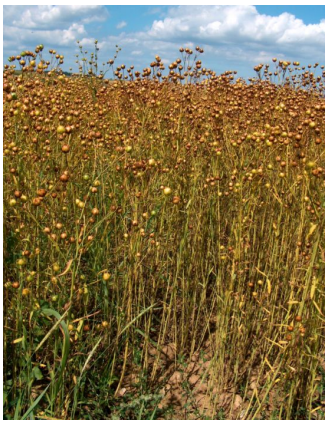
Die Triebspitze zwischen den Keimblättern wächst zum häufig einzigen Stängel heran. Beim Öllein, in lockeren Beständen auch beim Faserlein, erfolgt mit Erscheinen des dritten Blattpaares eine Basalverzweigung in den Achseln der Keimblätter.

Bis zur Höhe von rund acht Zentimeter erfolgt das Wachstum relativ langsam, danach beschleunigt es sich. Bei etlichen Sorten dauert das Längenwachstum des Stängels bis zum Ende der Blühphase an. Die Blattzahl ist am höchsten zum Beginn der Blüte, mit Beginn der Samenfüllung beginnt das Absterben der ältesten Blätter.

Die Blütenknospen werden relativ früh angelegt, etwa bei einem Sechstel der Maximalhöhe der Pflanze, bei Faserlein mit rund 15 Zentimeter. Dabei neigt sich die Triebspitze nach unten, die Knospen erscheinen, und wenige Tage später erscheinen die Blüten. Die Blütenanzahl ist nicht determiniert, je nach Sorte und Umweltbedingungen ist der Blütenstand unterschiedlich stark verzweigt. Lein ist eine Langtagpflanze, die kritische Tageslänge beträgt dabei 14 bis 16 Stunden. Kurztagbedingungen führen zu einer größeren Stängellänge und einem späteren Blühbeginn. Daher ist eine frühe Aussaat günstig, damit unter Kurztag möglichst viel Stängelmasse gebildet werden kann.

Die Blüte erfolgt im Zeitraum von Juni bis August. Die Blühdauer des Bestandes vom Öffnen der ersten bis zum Schließen der letzten Blüte dauert beim Faserlein etwa zwei Wochen. Die Blüte beginnt dabei mit der terminalen Blüte der Haupttriebspitze. Die Einzelblüte beginnt am frühen Morgen. In der noch geschlossenen Blüte öffnen sich die Staubbeutel und bringen den Pollen durch eine Drehbewegung auf die Narbe. Die Selbstbestäubung erfolgt also vor Öffnung der Blüte, die am Vormittag erfolgt. Durch kleine Honigdrüsen am Grunde der Staubblätter werden Insekten angelockt. Kurz nach dem Öffnen der Blüte werden die Blütenblätter abgeworfen, die Kelchblätter vergrößern sich und tragen zur Versorgung der jungen Samen bei. Die Kelchblätter bleiben bis zur Fruchtreife erhalten.

Anbau


Leinfeld im August.

Lein stellt keine besonderen Ansprüche an den Boden, lediglich staunasse, verschlämmungsgefährdete und anmoorige Standorte verträgt er nicht. Für die Blütenbildung und das Faserwachstum sind Langtagbedingungen nötig. Trockenperioden verringern die Faserbündelanzahl deutlich, der Wasserbedarf des Ölleins ist dabei geringer als der des Faserleins. Wichtig ist eine gute Wasserversorgung von rund 120 Millimeter Niederschlag in der Hauptwachstumsphase im Mai/Juni.

In der Fruchtfolge ist ein Abstand von sechs Jahren zwischen zwei Leinanbauten nötig. Dies ist durch die Akkumulation von Schadpilzen, besonders *Fusarium oxysporum*, im Boden bedingt. Ansonsten stellt Lein keine besonderen Anforderungen an die Fruchtfolge. Wichtig ist eine Vorfrucht, die wenig Unkraut hinterlässt. Als beste Vorfrucht gilt Saat-Hafer, in Frankreich und Belgien wird Lein häufig nach Mais angebaut.

Als Langtagpflanze erfordert der Lein eine frühe Aussaat, in der Regel Ende März/Anfang April. Auftretende Spätfröste werden vertragen, verstärken aber die Basalverzweigung, was für Faserlein ertrags- und qualitätsmindernd ist, für Öllein tolerierbar ist. Das Haupternteprodukt – Faser oder Öl – kann neben der Sortenwahl auch durch die Bestandsdichte beeinflusst werden: geringe Dichten fördern die Samenbildung, hohe Bestandsdichten die Faserbildung.

Düngung beschränkt sich in der Regel auf die Gabe von Phosphor und Kalium, bei Öllein erfolgt eine einmalige Stickstoff-Gabe. Zu viel Stickstoff erhöht die Lagergefahr wesentlich, und führt auch zu schlechterer Faserqualität: die Faserzellen werden weitlumiger und dünnwandiger, die Faserbündel sind locker und unregelmäßig und stärker verholzt. Bei Öllein führt zu viel Stickstoff zu niedrigerem Ölgehalt und einem geringeren Linolensäure-Anteil. Gute Kalium-Versorgung erhöht vor allem die Faserqualität: Größe, Festigkeit, Spinnfähigkeit der Faser werden besser, die Zahl der Faserzellen wird erhöht. Chloride führen zu einer Auflockerung und einer schwammigen Struktur der Fasern, weshalb chloridhaltige Dünger nicht geeignet sind. Der Magnesium-Bedarf ist mit einem Entzug von 18 Kilogramm pro Hektar relativ groß. An Mikronährstoffen sind besonders Bor und Zink wichtig. Bei der Tauröste, die auf den Feldern stattfindet, gelangt ein Großteil der aufgenommenen Nährstoffe wieder in den Boden zurück.

Die Ernte erfolgt beim Öllein nach 110 bis 120 Tagen Vegetationszeit durch Mähdrusch. Die Erträge liegen zwischen 1,8 und 3,0 Tonnen Leinsaat pro Hektar.[3]

Faserlein erfordert zur Ernte spezielle Maschinen. Die Ernte erfolgt zur Gelbreife, das heißt sieben bis zehn Tage vor Vollreife. Dabei werden die Pflanzen in Bündeln mit einer Raufmaschine gerauft, also mit dem Wurzelansatz aus dem Boden geholt. Es folgen die weiteren Verarbeitungsschritte wie Rösten, Brechen, Schwingen und Hecheln. Im Durchschnitt werden 5 bis 6 Tonnen Röststroh pro Hektar geerntet. (siehe Flachsfaser#Ernte)

Anbauflächen und Erntemengen

Erntemengen Leinsamen 2006 (in Tonnen) [7]	
Land	**Leinsamen**
Kanada	1.041.100
VR China	480.000
USA	280.000
Indien	210.000
Äthiopien	127.998
Argentinien	53.780
Bangladesh	50.000
Großbritannien	49.000
Frankreich	43.155
Russland	36.000
Ukraine	30.000
Ägypten	27.000

Die größten Anbauländer für Faserlein (Flachs) außerhalb der EU sind (mit Anbaufläche in Hektar 2005) China mit 161.000, Russland mit 89.210, Weißrussland mit 71.000, die Ukraine mit 23.600 und Ägypten mit 8.900 Hektar.[8] In der EU wurden 2006 102.740 Hektar mit Verarbeitungshilfe angebaut, wobei die Flächen ohne Verarbeitungshilfe nicht ins Gewicht fallen. Davon entfallen auf Frankreich 76.278, auf Belgien 15.919, auf die Niederlande 4.366 und die Tschechische Republik 2.736 Hektar. In Deutschland mit 30 und Österreich mit 129 Hektar ist der Anbau bedeutungslos.[9]

Die EU fördert noch bis zum Wirtschaftsjahr 2012 die Erzeugung von Kurzfasern mit 90 Euro pro Tonne. Für die traditionellen Anbauländer Niederlande, Belgien und Frankreich gab es bis 2007/08 zusätzlich Flächenbeihilfen von 50 bis 120 Euro pro Hektar. Auch die Verarbeitungsbeihilfe für Langfasern wird zum Wirtschaftsjahr 2012 abgeschafft. Bis 2010 beträgt sie 200 Euro pro Hektar, bis 2012 weren 160 Euro bezahlt.[10] [11] Die Weltproduktion an Flachsfasern beträgt jährlich rund zwei Millionen Tonnen, was etwa zwei Prozent des Weltfaseraufkommens entspricht.[12]

Der Öllein wird hauptsächlich in Nordamerika angebaut. Die jährlichen Erntemengen schwanken von Jahr zu Jahr beträchtlich und lagen im Hauptanbauland Kanada zwischen 1996 und 2005 zwischen 517.000 und 1.082.000 Tonnen Leinsamen. Die wichtigsten Anbauprovinzen sind dabei Saskatchewan und Manitoba, kleine Flächen gibt es auch in Alberta.[13] Die Welternte betrug 2006 laut FAO 2.569.793 Tonnen.[7]

Konkurrenz, Krankheiten und Fraßfeinde

Junge Bestände sind relativ konkurrenzschwach, sodass Unkräuter eine Rolle spielen: Acker-Stiefmütterchen (*Viola arvensis*), Gewöhnliches Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), Kamille (*Matricaria recutita*), Schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*), Windenknöterich (*Fallopia convolvulus*), Vogel-Knöterich (*Polygonum aviculare*), Vergissmeinnicht (*Myosotis* spp.), Vogelmiere (*Stellaria media*), Gemeiner Windhalm (*Apera spica-venti*) und Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*).[3] Einige der früher für Flachsfelder typischen „linicolen“ Unkräuter wie der parasitische Flachs-Teufelszwirn (*Cuscuta epilinum*), der Lein-Lolch (*Lolium remotum*), Gezähnter Leindotter (*Camelina alyssum*), eine Unterart der Kornrade (*Agrostemma githago var. linicolum*) und Flachs-Leinkraut (*Silene linicola*) sind in Mitteleuropa durch die lange Anbaupause so gut wie ausgestorben.[14]

Die wichtigsten Krankheitserreger des Leins sind Pilze. In Westeuropa ist die wichtigste Krankheit die Flachswelke oder Fusariose, verursacht durch *Fusarium oxysporum* f. *lini*. Er zerstört die Leitungsbahnen und scheidet Welketoxine aus, woraufhin die Pflanzen verwelken und absterben. Weitere Krankheiten und ihre Erreger beim Lein sind der Lein-Rost (*Melampsora lini*), die Pasmokrankheit (*Septoria linicola*), die Braunfleckenkrankheit oder Anthraknose (*Colletotrichum linicola*), Stängelbräune und Stängelbruch (*Polyspora lini*), Pustelkrankheit und Stängeldürre (*Phoma linicola* und *Ascochyta linicola*) sowie der Flachs- oder Wurzelbrand (*Pythium megalacanthum*). Die Pilzkrankheiten Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*), Schwärzepilze (*Alternaria*) und Mehltau (*Oidium lini*) sind weniger gefährlich, da gut behandelbar. In Nordamerika können auch durch Asternzikaden übertragene Viren von Bedeutung sein.

An tierischen Schädlingen sind Leinerdflöhe (*Aphthona euphorbiae*, *Longitarsus parvulus*) am bedeutendsten, die die Pflanzen durch Fraß schädigen. Daneben gibt es noch Leinblasenfüße (*Thrips linarius* und *Thrips angusticeps*).

An abiotischen Faktoren sind wichtig Spätfröste, die zum kompletten Absterben der Keimlinge führen können. Chlorosen können nach zu starker Kalkung auftreten, da diese indirekt einen Eisenmangel hervorruft.

Verarbeitung und Verwendung

→ *Hauptartikel Flachsfaser, Leinsamen, Leinöl*



Flachsfasern.

Die Verarbeitung der Flachsfasern ist aufwändig. Die Flachsstängel werden zunächst geröstet, dabei werden durch Mikroorganismen im Wasser (Wasserröste) oder am Feld liegend (Tauröste) die Bastfasern gelöst. Nach der Röste wird der Lein gebrochen, dadurch wird der Holzkörper zerkleinert und es entstehen die Schäben). Anschließend wird der Lein geschwungen, dabei wird der Werg, der Kurzfasern enthält, von den hochwertigen Langfasern getrennt. Rund 15 % der Stängelmasse sind Langfasern. Diese werden durch Hecheln gereinigt und dann gesponnen. Die Produktion von Flachsfasern dient zu etwa 61 % der Gewinnung von Langfasern.

Leinenfasern, für die die Langfaser genutzt wird, haben einen Marktanteil bei den Textilien von unter einem Prozent. Rund 40 % des Leinens werden zu Bekleidung verarbeitet, 25 % zu Haushaltswäsche, 20 % zu Heimtextilien und 15 % für technische Zwecke.

Der als Nebenprodukt entstehende Werg (Kurzfasern) kann zu Papier verarbeitet werden. Er findet in Polstermöbelfüllungen, Verbundwerkstoffen und Dämmstoffen Verwendung. Die Schäben werden unter anderem in Pressspanplatten als Füllstoff verarbeitet, auch als Tiereinstreu verwendet. Das Leinwachs fällt im Staub an, kann leicht isoliert werden und findet in der Kosmetik und Pharma-Industrie Verwendung.

Die Samen werden sowohl vom Öllein wie vom Faserlein verwertet. Die Leinsamen werden nur zu einem geringen Teil direkt in Backwaren, als Reformkost und als Arzneimittel bei Verstopfung verwendet. Andere medizinische Anwendungen sind wissenschaftlich nicht ausreichend abgesichert.[15] Der überwiegende Teil wird zur Ölgewinnung eingesetzt. Leinöl kann als Speiseöl verwendet werden. Durch den Gehalt von 50 % bis 67 % Linolensäure ist es ein trocknendes Öl. In der Industrie wird es zu Farben, Lacken, Firnissen, Druckfarben, Wachstüchern, Schmierseife und Linoleum verarbeitet sowie für die Herstellung von Kosmetika und Pflegemitteln eingesetzt. In Farben und Lacken ist es weitgehend durch synthetische Produkte ersetzt worden, wird aber auch heute in Druckfarben sowie für Lacke und Firnisse im Holzschutz benutzt. Nebenprodukte der Ölgewinnung sind Leinkuchen und Leinschrot, wegen des Reichtums an Protein werden sie als Tierfutter, besonders für Rinder und Kälber verwendet.

Systematik

Der Gemeine Lein ist nur aus Kultur bekannt. Nur selten tritt er verwildert auf. Er stammt vom Zweijährigen Lein (*Linum bienne*) ab, der im Mittelmeergebiet heimisch ist. Diese Art wurde in Mesopotamien ab dem frühen Neolithikum (ab 7500 v.Chr.) kultiviert. Die Entstehung des Gemeinen Leins dürfte in Mesopotamien oder Ägypten erfolgt sein. Die beiden Arten werden von einigen Autoren auch als Unterarten der Art *Linum usitatissimum* geführt, der Zweijährige Lein ist dann *Linum usitatissimum* subsp. *angustifolium* (Huds.) Thell.[16] und der Gemeine Lein *Linum usitatissimum* subsp. *usitatissimum*[17] .

Die Systematik innerhalb der Art ist aufgrund der großen Variabilität des Leins lange umstritten gewesen. Zwischen 1866 und 1953 wurden mindestens acht Systeme für den kultivierten Lein vorgeschlagen. 1962 veröffentlichten Kulpa und Danert eine Gliederung, in der sie den kultivierten Lein als Unterart *Linum usitatissimum* subsp. *usitatissimum* in vier Convarietäten gliedern, und diese wiederum in insgesamt 28 Varietäten. Der Gliederung in die Convarietäten haben sich auch die Herausgeber von *Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops*[17] angeschlossen, wie auch Diederichsen und Richards 2003.[18]

- Convar. *crepitans* (Boenningh.) Kulpa & Danert: Die Kapseln öffnen sich während der Reife und die Samen fallen aus der Kapsel. Nach der Reife werden die Kapseln abgeworfen. Das Geräusch beim Aufspringen führte zum Namen Klanglein, er wird auch Springlein genannt. Diese Convarietät wurde früher in Zentral- und Südosteuropa als Faserpflanze angebaut. Sie wird nicht mehr kommerziell angebaut und ist nur noch in Samenbanken erhalten.[18]

Bei den übrigen Convarietäten bleiben die Kapseln bei der Reife geschlossen und werden auch nicht abgeworfen.

- Convar. *elongatum* Vavilov & Elladi in E. Wulff: Die Pflanzen sind höher als 70 Zentimeter und höchstens das oberste Drittel des Stammes besitzt Seitenzweige. Sind die Pflanzen unter 70 Zentimeter hoch, ist höchstens das oberste Fünftel verzweigt. Diese Convarietät ist der typische Faserlein und war früher in den temperaten und nördlichen Bereichen Europas, besonders in Osteuropa von großer Bedeutung und wird heute noch in den westeuropäischen Faserlein-Ländern angebaut.[18]
- Convar. *mediterraneum* (Vavilov ex Elladi) Kulpa & Danert: Die Pflanzen sind kleiner als 70 Zentimeter und in mehr als dem oberen Fünftel verzweigt. Das Tausendkorngewicht ist höher als neun Gramm, die Kapseln sind groß. In der Regel sind die Pflanzen nicht basal verzweigt. Die Sorten dieser Convarietät werden als Öllein bezeichnet und dienen einzig zur Samenerzeugung. Diese Convarietät stammt aus dem Mittelmeergebiet und hat eine relativ lange Vegetationsdauer. Der Öllein wird zur Gewinnung der Leinsamen angebaut, die Fasergewinnung ist untergeordnet.[18]
- Convar. *usitatissimum*: Die Pflanzen sind kleiner als 70 Zentimeter und in mehr als dem oberen Fünftel verzweigt. Das Tausendkorngewicht ist kleiner als neun Gramm. Die Pflanzen sind häufig basal verzweigt. Diese Convarietät umfasst die Kombinationsleine, die zur Faser- wie zur Samengewinnung angebaut werden. Es ist die geographisch am weitesten verbreitete Convarietät und umfasst unter anderen den Frühlings-Samenlein, Winter-Samenlein, den Indischen und den Äthiopischen Lein.[18]

Für den kommerziellen Anbau sind nur Faserlein und Öllein von Bedeutung. Von beiden gibt es eine große Zahl von Sorten. Versuche, einen Kombinationslein einzuführen, der sowohl Fasern als auch Leinsamen in hoher Qualität liefern sollte, waren wenig erfolgreich.

In der EU sind 120 Sorten von Öl- und Faserlein zum Anbau zugelassen.[19] , in Österreich mit Stand 2008 die Sorten:[20] 'Barbara', 'Hungarian Gold', 'Omega' und 'Sandra' als Öllein; als Faserlein 'Laura'.

Geschichte

Die ältesten archäologischen Leinsamenfunde stammen aus Ali Kosh im Iran (7500-6700 v.Chr.) und aus Çayönü in der Südosttürkei (rund 7000 v.Chr.). Die Leinsamen sind jedoch so klein, dass sie dem Wild-Lein (*Linum bienne*) zugeordnet werden. Aus Ramad in Syrien wurden in einer auf 6200 bis 6100 v.Chr. datierten Siedlungsschicht Leinsamen gefunden, die der Größe dem Gemeinen Lein näher sind. Andere frühe Fundstellen liegen am Oberlauf des Tigris, in den Ausläufern des Zagros-Gebirges und in Syrien. Eine Fundstelle in Griechenland (Sesklo, Peloponnes) wird auf 5500 v.Chr. datiert, zwei Fundstellen in Bulgarien auf 4800 und 4600 v.Chr.[21] Genetische Studien konnten zeigen, dass der Gemeine Lein durch ein einziges Domestizierungs-Ereignis vom Wild-Lein abstammt. Die erste Verwendung war diesen Untersuchungen zufolge die Nutzung der Samen.[22]

Die ältesten Funde der Leinenverarbeitung sind Leinenstoffe aus Ägypten aus dem Beginn des 4. Jahrtausends v.Chr. Sie stammen aus El Badâri in Oberägypten. Auf 3500 bis 3000 v.Chr. wird das Leinentuch aus el-Gebelên in der Libyschen Wüste datiert. Ab der 4. Dynastie haben sich Mumienbinden aus Leinen erhalten. Ebenfalls aus dem Alten Reich stammen bildliche Darstellungen der Flachsernte. Aus dem Mittleren Reich wurden mehrfach Samen und Kapseln als Grabbeigaben gefunden.[21]



konservierte Überreste eines alten Leinengewebes vom Toten Meer

Nach Mitteleuropa kam der Lein mit der Bandkeramikkultur, er wurde auf den Lößflächen nördlich der Donau bis nach Nordfrankreich angebaut. In den Ufer- und Pfahlbausiedlungen an Bodensee und den Schweizer Seen wurde der Lein etwas später eingeführt. Nach Irland und Schottland gelangte der Lein rund 1800 v.Chr. In Norddeutschland und Skandinavien ist er erst ab der Eisenzeit, ab etwa 500 v.Chr. nachweisbar, stand aber während der römischen Kaiserzeit (1. bis 3. Jahrhundert n.Chr.) in hoher Blüte.[21]

Im Mittelalter wird der Lein in allen Verzeichnissen zu Landwirtschaft und Medizin aufgelistet. Im Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert war Leinen neben Hanf und Wolle die einzige Textilfaser. Herstellung und Handel mit Leinen waren im Mittelalter und in der frühen Neuzeit wichtige wirtschaftliche Säulen in Venedig, Mailand, Augsburg, Ulm, Kempten und in Gent, Brügge, Antwerpen. Auch für die Hanse waren Leinenprodukte ein wichtiger Handelszweig. Die wichtigen deutschen Anbaugebiete befanden sich um den Bodensee und in Schlesien und verbreiteten sich auf die Schwäbische Alb, das Wuppertal, die Gebiete um Ravensburg und Osnabrück, Sachsen, Thüringen, Böhmen und Ostpreußen. Im 12. und 13. Jahrhundert war Deutschland der weltweit führende Flachsproduzent. Die Leinenproduktion konzentrierte sich auf Schlesien, Schwaben und Westfalen.[23]

Im 18. Jahrhundert hatte Leinen einen Anteil von etwa 18 %, verglichen mit 78 % für Wolle.[12] Wichtige Anbaugebiete waren Westeuropa, Deutschland und Russland. 1875 waren die drei größten Anbaugebiete das Russische Reich mit 910.000 Hektar, das Deutsche Reich mit 215.000 und Österreich-Ungarn mit 94.000 Hektar. Durch das Aufkommen der billigeren und vor allem leichter zu verarbeitenden Baumwolle gingen die Anbauflächen noch im 19. Jahrhundert stark zurück. 1914 wurden in Deutschland nur noch 14.000 Hektar angebaut. Einen kurzen Anstieg erfuhr der Anbau während der beiden Weltkriege, als Baumwollimporte durch die politische Lage nicht möglich waren. In der Nachkriegszeit ging der Leinanbau stark zurück und war 1957 in Westdeutschland und 1979 in Ostdeutschland bis auf geringe Restflächen verschwunden.[21] Der Anbau hielt sich in Westeuropa nur in Nordfrankreich, Belgien und den Niederlanden.

In den 1980er Jahren gab es im Zuge der Ökologie-Bewegung wieder einen Anstieg der Leinen-Nachfrage.

In den 1990er Jahren gab es in einigen EU-Ländern Anstrengungen, Flachs-Anbau und -produktion wiederzubeleben. Dabei konzentrierte man sich auf die Kurzfaser-Produktion. Durch Förderungen stiegen die

Anbauflächen auf bis zu 212.000 Hektar im Jahre 1999. Vermarktungsprobleme auf der einen Seite und strengere Kontrollen bezüglich der tatsächlichen Produktion und Vermarktung der Fasern auf der anderen Seite führten zu einem Rückgang der Anbauflächen in diesen „neuen“ Flachsländern (Spanien, Portugal, Großbritannien, Deutschland). Spanien zahlte die kompletten Förderbeträge der Jahre 1996 bis 1999 in Höhe von knapp 130 Millionen Euro zurück. Der Flachsanbau ist heute wieder im Wesentlichen auf die traditionellen Länder Frankreich, Belgien, Niederlande, sowie die neuen EU-Mitgliedsländer Tschechien, Lettland und Litauen beschränkt.[24]

2005 war der Lein in Deutschland die Heilpflanze des Jahres.[25]

Quellen und weiterführende Informationen

Literatur

- Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008. (ohne ISBN)
- Manfred Dambroth, Reinhard Seehuber: *Flachs. Züchtung, Anbau, Verarbeitung*. Eugen Ulmer, Stuttgart 1988. ISBN 3-8001-3082-3 (Entwicklung, Anbau, Schädlinge, Verarbeitung und Verwendung)
- W. Diepenbrock, G. Fischbeck, K.-U. Heyland, N. Knauer: *Spezieller Pflanzenbau*. 3. Auflage, Ulmer, Stuttgart 1999, S. 289–296. ISBN 3-8252-0111-2 (Merkmale, Anbau)
- Siegmund Seybold (Hrsg.): *Schmeil-Fitschen interaktiv* (CD-Rom), Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2001/2002, ISBN 3-494-01327-6 (Merkmale)

Weblinks

- Flax Council of Canada [26] (Teile auch in Deutsch)

Referenzen

[1] Helmut Genaust: *Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen*. 3. Auflage, Birkhäuser, Basel 1996, Nachdruck ISBN 3-937872-16-7

[2] Ruprecht Düll und Herfried Kutzelnigg: *Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands.* 2005, ISBN 3-494-01397-7

[3] Diepenbrock et al.: *Spezieller Pflanzenbau*, 1999, S. 289–296.

[4] Michael Carus u.a.: Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern, 2008, S. 241-242.

[6] Dambroth, Seehuber: *Flachs. Züchtung, Anbau, Verarbeitung*, 1988, , S. 22-24.

[7] Länder über 15.000 Tonnen. Statistik der FAO (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567) (abgerufen 29. Jänner 2007)

[8] FAOSTAT 2006, zitiert nach Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern*, 2008, S. 33.

[9] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern*, 2008, S. 25.

[10] Verordnung (EG) Nr. 72/2009 des Rates vom 19. Januar 2009 zur Anpassung der gemeinsamen Agrarpolitik durch Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 247/2006, (EG) Nr. 320/2006, (EG) Nr. 1405/2006, (EG) Nr. 1234/2007, (EG) Nr. 3/2008 und (EG) Nr. 479/2008 und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 1883/78, (EWG) Nr. 1254/89, (EWG) Nr. 2247/89, (EWG) Nr. 2055/93, (EG) Nr. 1868/94, (EG) Nr. 2596/97, (EG) Nr. 1182/2005 und (EG) Nr. 315/2007 (pdf (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0001:0015:DE:PDF))

[11] Verordnung (EG) Nr. 953/2006, nach Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern*, 2008, S. 286.

[12] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern*, 2008, S. 15-17.

[13] Flax Council of Canada (http://www.flaxcouncil.ca/english/index.php?p=statistics2&mp=statistics), abgerufen am 29. Jänner 2008.

[14] Richard Pott: *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1992, ISBN 3-8252-8067-5

[15] Natural Standard Patient Monograph, 2008 (http://www.mayoclinic.com/health/flaxseed/NS_patient-flaxseed), abgerufen 10. Jänner 2008.

[16] Mansfeld's World Database of Agricultural and Horticultural Crops (http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/pls/htmldb_pgrc/f?p=185:46:2766596989554521::NO::module,source,akzanz,rehm,akzname,taxid:mf,botnam,0,,Linum usitatissimum subsp. angustifolium,14604)

[17] Mansfeld's World Database of Agricultural and Horticultural Crops (http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/pls/htmldb_pgrc/f?p=185:46:2766596989554521::NO::module,source,akzanz,rehm,akzname,taxid:mf,botnam,0,,Linum usitatissimum subsp.

usitatissimum,14616)
[18] Axel Diederichsen, Ken Richards: *Cultivated flax and the genus* Linum *L. Taxonomy and germplasm conservation*. In: Alister D. Muir, Neil D. Westcott: *Flax: The genus Linum*. CRC Press, Boca Raton, 2003, S. 22-54. ISBN 0415308070
[19] Amtsblatt der Europäischen Union, 2007/C 39 A/01: *Gemeinsamer Sortenkatalog für landwirtschaftliche Pflanzenarten — 25. Gesamtausgabe*, 23. Februar 2007.
[20] Österreichische Sortenliste 2008 für landwirtschaftliche Pflanzenarten und Gemüsearten, hrsg. von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Link) (http://www13.ages.at/servlet/sls/Tornado/web/ages/content/FB1C114F8BD228A3C125715A00391596)
[21] Udelgard Körber-Grohne: *Nutzpflanzen in Deutschland von der Vorgeschichte bis heute*. Theiss, Stuttgart 1995, S. 366–379. (Nachdruck ISBN 3-933203-40-6)
[22] Robin G. Allaby, Gregory W. Peterson, David Andrew Merriwether, Yong-Bi Fu: *Evidence of the domestication history of flax (Linum usitatissimum L.)* from genetic diversity of the sad2 locus. *Theoritical and Applied Genetics, Band 112, 2005, S. 58–65. doi: 10.1007/s00122-005-0103-3* (http://dx.doi.org/10.1007/s00122-005-0103-3)
[23] Frank Waskow: *Hanf & Co. Die Renaissance der heimischen Faserpflanzen.* Hrsg. vom Katalyse-Institut. Verlag die Werkstatt, Göttingen 1995, S. 93-144. ISBN 3-89533-138-4
[24] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern*, 2008, S. 23f.
[25] Heilpflanze des Jahres 2005 (http://www.nabu.de/m05/m05_10/02996.html)
[26] http://www.flaxcouncil.ca/english/index.php?p=home

Geogitter

Geogitter sind eine Sonderform der Geokunststoffe bzw. Geotextilien. Sie dienen u.a. der Stabilisierung des Untergrundes im Zuge von Bauarbeiten. Sie funktionieren als Bewehrung ungebundener mineralischer Schichten wie Sand und Erde. Durch die Verwendung von Geogitter werden eingebrachte statische Lasten großflächig auf den Untergrund verteilt. Ziel ist eine Verhinderung starker punktueller Setzungen ohne kostspieligen und zeitaufwendigen Bodenaustausch durch tragfähigeres Material.

Üblicherweise bestehen Geogitter aus industriell hergestellten, rollenweise gelieferten und UV-beständigen Polymergittern aus Polyethylen hoher Dichte (PEHD), Polypropylen (PP) oder Polyester (PET), sie können jedoch auch aus Naturfasern oder Biokunststoffen produziert werden. Abhängig vom Herstellverfahren gibt es extrudierte und gewebte Gitter. In Bezug auf das Tragverhalten werden knotensteife, knotenfeste und flexible Geogitter unterschieden.

Geotextil

Geotextilien sind flächenhafte und durchlässige Textilien. Sie dienen als Baustoff im Bereich des Tief-, Wasser- und Verkehrswegebaus und sind für geotechnische Sicherungsarbeiten ein wichtiges Hilfsmittel.



Geotextil zur Erosionssicherung einer Böschung

Das Textil besteht entweder aus natürlichen (etwa Schilf, Jute und Kokos) oder künstlichen Stoffen (etwa Polyamid, Polyester und Polyethylen) und wird zum Trennen, Dränen, Filtern, Bewehren, Schützen, Verpacken und Erosionsschutz eingesetzt. Geotextilien kommen in Form von Geweben, Vliesstoffen und Verbundstoffen zum Einsatz. Aufgrund der verminderten Haltbarkeit werden natürliche Geotextilen nur in seltenen Fällen verwendet.[1]



Verschiedene Geotextilien

Einteilung

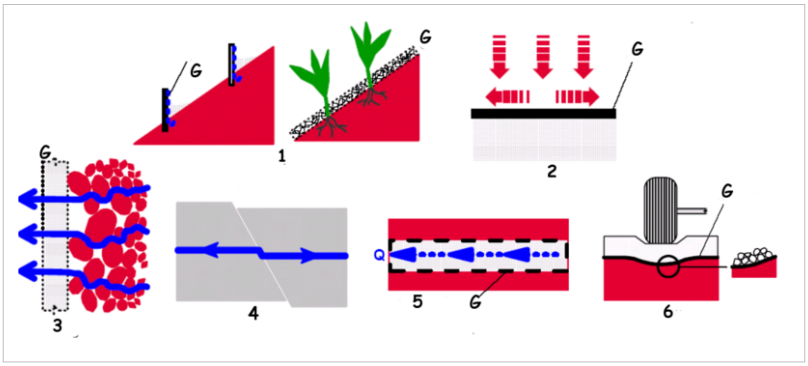
Geotextilien lassen sich hinsichtlich ihrer Struktur in drei Arten unterscheiden:[2]

- *Gewebe* sind Geotextilien, die aus sich regelmäßig, in der Regel rechtwinklig, kreuzenden Garnen oder Fäden bestehen. Sie kommen zum Einsatz, wenn hohe Zugfestigkeiten gefordert sind. Bei statischer Belastung eignen sie sich auch als Filter.
- *Vliesstoffe* entstehen durch Verfestigung flächenhaft aufeinander abgelegten Fasern. Je nach Verfestigungsverfahren (vernadeln, verkleben oder verschmelzen) erhält das Geotextil unterschiedliche Dehnungseigenschaften. Vliesstoffe werden überwiegend zum Trennen und Filtern eingesetzt.
- *Verbundstoffe* sind flächenhaft verbundene Gewebe, Vliesstoffe und andere Materialien. Auf diesem Weg lassen sich Eigenschaften unterschiedlicher Geotextilien kombinieren.

Anwendungsfälle

Geotextilien eignen sich im Wesentlichen für folgende Anwendungsfälle:

1. Erosionsschutz
2. Schützen
3. Filtern
4. Bewehren
5. Dränen
6. Trennen



Merkmale

Ausgangspunkt der Entwicklung von Geotextilien war Anfang der 1970er Jahre der Bau von Straßen auf Böden mit schlechter Tragfähigkeit und hohem Wassergehalt. Um die Stabilität des Untergrundes zu verbessern, wird in diesem Fall ein textiles Vlies aufgebracht und anschließend mit Schüttmaterial überdeckt. Auf diese Weise wird die Lebensdauer und die Belastbarkeit der Verkehrsfläche erhöht. Neben der Anwendung im Straßen- und Wegebaus eignen sich Geotextilien auch für Bauaufgaben im Bahnbau.



Böschungssicherung im Neubau

Neben der Verwendung im Verkehrswegebau kommen Geotextilien auch im Erd- und Wasserbau zum Einsatz. So dienen sie beispielsweise als Baustoff für die Sicherung von Dämmen und Deponien oder lassen sich im Bereich der Ingenieurbiologie verwenden. Dort kann mit Hilfe von natürlichen Geotextilien aus Jute, Schilf oder Kokos Bodenerosion und Hangrutschungen an Böschungen, Gräben und Gewässerufern vermieden werden. Weiterhin unterstützen sie Aufforstungen, den Ausbau von Wasserläufen sowie Renaturierung von Braunkohle-Tagebauen und Deponien.



Befestigung der Geotextilien mittels Nagelkrampen

Die Geotextilien bieten dem Pflanzenwuchs Vorteile, da sie vor Austrocknung und direkter Sonneneinstrahlung schützen. Sie können bis zum Fünffachen des eigenen Gewichts an Wasser absorbieren und gleichen Temperaturschwankungen aus.[3]

Spezielle Anwendungen

- Das Bewehren von Boden mit Hilfe von Geotextilien wird als „Bewehrte Erde” bezeichnet. Neben Geotextilien eignen sich dafür auch andere Geokunstoffe wie etwa Geogitter und Reitplatzgewebe.
- Geotextilien lassen sich auch zur Wanddränung von Gebäuden einsetzen
- Die Oberfläche von Frischbeton kann mit Hilfe von Geotextilien nachbehandelt werden.
- Ableitung von aus dem Boden ausströmendem Methangas unter Gebäuden

Normen und Standards

Deutschland

- Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus
- Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues (TL Geok E-StB 05)
- DIN EN 15381 – Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind
- DIN EN 15382 – Geotextilien – Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung in Verkehrsbauten erforderlich sind

Österreich

- RVS 08.97.03 Geotextilien im Unterbau

Schweiz

- SN 670240 – Geotextilien und Geotextilverwandte Produkte; Begriffe und Produktebeschreibung

Referenzen

[1] Wolfgang R. Dachroth: *Handbuch der Baugeologie und Geotechnik.* Springer Verlag, Heidelberg 2002, ISBN 3-5404-1353-7, S. 369.
[2] E. Heinemann, R. Feldhaus, R. Paul: *Hydraulik für Bauingenieure.* Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2003, ISBN 3-5191-5082-4, S. 212f..
[3] Informationen zu Geotextilien aus Jute und Kokos (http://www.juteko.de/de_06_geo.html)

Gestufte Reformierung

Die **Gestufte Reformierung** ist ein in der Erprobung befindliches thermochemisches Verfahren zur Umwandlung organischer Rohstoffe (Nachwachsende Rohstoffe, Wirtschaftsdünger oder biogene Abfälle) in brennbare stickstoffarme Gase (neben Methan und Kohlenstoffmonoxid vor allem Wasserstoff), bei dem Wasserdampf als Vergasungsmittel dient. Das Verfahren, bei dem die Verschwelung (Pyrolyse) der Biomasse und die Entstehung des Produktgases voneinander getrennt ablaufen, soll zur Wärmeerzeugung und zur Gewinnung elektrischer Energie in Gasgeneratoren genutzt werden und als Wasserstoffquelle dienen.

Verfahren

Bei der gestuften Reformierung sind Pyrolyse und Gaskonversion technisch voneinander getrennt. In der ersten Stufe wird das biologische Material bei circa 600 Grad Celsius in Gas und Kohle aufgespalten. In einer zweiten Stufe wird das erzeugte Gas mit Wasserdampf und der aus Koks gewonnen Wärmeenergie zu einem staub- und rückstandfreien Brenngas gereinigt.

Die Temperaturführung erfolgt in einem Kreislauf. Dabei wird das im Vorwärmer auf rund 1.000 Grad Celsius erhitzte Medium von oben in den Reaktor eingetragen. Durch chemische Reaktion kühlt sich das Material auf 750 Grad ab. Die weitere Abkühlung auf 550 Grad wird unterstützt, indem kühles, neues Material eingemischt wird. Das nach unten gewanderte Material wird nun wieder auf 1.050 Grad erhitzt. Das Produktgas (Synthesegas), der gestuften Reformierung ist wasserstoffreich (49%) und enthält zudem Kohlenmonoxid (CO, 14%), Kohlendioxid (CO_2, 18%) und Methan (CH_4, 1%) sowie Wasser. (23%)[1]

Ein Vorteil des zweistufigen Verfahrens liegt im breiten Einsatzspektrum möglicher Rohstoffe. So können neben Nachwachsenden Rohstoffen wie Heu, Stroh oder Holz auch Papier und Klärschlamm sowie Tierkot und Biomüll genutzt werden. Zudem liegen die Staub- und Teerghalte im Produktgas niedriger als bei einstufigen Verfahren, was die Nutzung des Gases erleichtert.

Geschichte

Das von der Dr. Mühlen GmbH & CO. KG patentierte Verfahren wurde zwischen 2001 und 2006 in einer Pilotanlage mit einer Leistung von einem Megawatt in Herten angewandt.[2] Den Bau einer Anlage mit 10 Megawatt Leistung zur Lieferung von Synthetic Natural Gas ebenfalls in Herten fördert das Land Nordrhein-Westfalen mit 7,1 Millionen Euro[3] . Kritiker des Projekts halten die Technologie für zu teuer und bezweifeln die Praxisreife und Energieeffizienz des Verfahrens[4] .

Referenzen

[1] Michael Mayer, Heinz-Jürgen Mühlen und Christoph Schmid 2002: Gestufte Reformierung biogener Reststoffe - Erste Betriebserfahrungen. Präsentation auf der DGMK Tagung "Velen V" (http://www.dvv.uni-duisburg-essen.de/download/pdf_6Fach/Anlage4_Blauer-Turm_Muehlen.pdf)

[2] EnergieAgentur.NRW, 2001: In Herten wurde eine Pilotanlage zur Umwandlung von Biomasse zu Strom eröffnet. (http://www.energieagentur.nrw.de/_infopool/page.asp?InfoID=568&find=Reformierung)

[3] WDR, 2009-01-21: Fördergeld für "Blauen Turm" in Herne (http://www.wdr.de/themen/kurzmeldungen/2009/01/21/foerderbescheid_fuer_blauen_turm_in_herne.jhtml)

[4] Informationsseite "Blauer Turm" des projektkritischen Info- & Diskussionsforums Pro-Herten (http://www.pro-herten.de/wirtschaft/blauer_turm.htm)

Getreide



Getreideprodukte

Als **Getreide** (mhd. *[von der Erde] Getragenes*) werden wegen ihrer Körnerfrüchte kultivierte Pflanzen der Familie der Süßgräser bezeichnet. Die Früchte dienen als Grundnahrungsmittel zur menschlichen Ernährung oder als Viehfutter, daneben auch zur Herstellung von Genussmitteln und technischen Produkten. Sie bestehen aus dem stärke- und in geringerem Umfang teilweise auch eiweißhaltigen Mehlkörper, dem fetthaltigen Keimling, der miteinander verwachsenen Samenschale und Fruchtwand sowie der zwischen Mehlkörper und Schale liegenden eiweißhaltigen Aleuronschicht. Das enthaltene Eiweiß wird auch als Kleber bezeichnet. Für die meisten Verwendungen werden die Früchte nach der Reife durch Dreschen von den abgemähten Pflanzen abgetrennt, wobei bei einigen Sorten auch die mit der Schale verwachsenen Deck- und Vorspelzen noch am Korn verbleiben, bei wenigen urtümlichen Sorten auch Hüllspelzen und Bruchstücke der Ährenspindel. Bei den meisten Mehlsorten wird traditionell die Schale durch Mahlen, Schleifen und andere Verfahren möglichst vollständig entfernt und als Kleie getrennt verwertet, bei Vollkornmehl ist dies nicht der Fall. Um lagerfähige Produkte zu erhalten, muss auch der Keimling entfernt oder hitzebehandelt werden. Im ersten Fall kann er zur Gewinnung von Getreidekeimöl genutzt werden. Zum Verzehr werden Getreidefrüchte bzw. ihre Mehlkörper hauptsächlich gekocht und in körniger oder künstlich hergestellter anderer Form (zum Beispiel als Nudeln) oder als Brei verzehrt oder gemahlen zu Brot verarbeitet. Aus Getreidesorten mit geringem Kleberanteil lässt sich Brot nur als Fladenbrot herstellen. Die wichtigsten Getreide für die menschliche Ernährung sind Reis, Weizen, Mais, Hirse, Roggen, Hafer und Gerste. Als Viehfutter genutzt werden vor allem Gerste, Hafer, Mais und Triticale.

Die sieben Hauptgetreidegattungen und ihre Verbreitungsgebiete



Ähren von Gerste, Weizen und Roggen

- Weizen - (*Triticum*), Hauptgetreide in gemäßigten Zonen. Er ist außerdem die älteste Getreidesorte und hat die besten Backeigenschaften
  - Einkorn und Emmer sind die ältesten bekannten Weizensorten, die bereits in der Jungsteinzeit kultiviert wurden
  - Dinkel, Anbau noch in Belgien, Frankreich, Deutschland (in Schwaben und Franken), Österreich sowie in der Schweiz
  - Hartweizen
  - Kamut, aus Ägypten stammender Vorfahr von Hartweizen, sehr nährstoffreich, wird vorwiegend in Nordamerika und Südeuropa angebaut

  - Triticale, eine Artenkreuzung aus Weizen und Roggen (*Triticum* und *Secale*), bedeutsam in kalten Regionen; Viehfutter
  - Weichweizen
- Roggen - (*Secale*), bedeutsam in kalten Regionen und auf leichten, sauren und sandigen Böden; Brotgetreide und Viehfutter
- Gerste - (*Hordeum*), folgt als weniger anspruchsvolle Frucht im Fruchtwechsel dem Weizen; Viehfutter – Braugerste (Sommergerste) zur Malzherstellung
- Reis - (*Oryza*), Hauptgetreide in tropischen Zonen
- Mais - (*Zea mays*), Grundnahrungsmittel der Völker Nord- und Südamerikas und Afrikas, weltweit als Viehfutter verbreitet
- Hirse - (*Sorghum*, *Panicum*, *Pennisetum* u.a.), eine Gruppe von ähnlichen Getreidegattungen, die große Bedeutung für die Ernährung in Asien und Afrika haben
  - Sorghum, Grundnahrungsmittel in Asien und Afrika, weltweit als Viehfutter verbreitet
  - Teff, verbreitet in Äthiopien, ansonsten wenig bekannt
- Hafer - (*Avena*), auch das „europäische Urgetreide“ genannt, war früher Grundnahrungsmittel in Schottland (Haferflocken, *porridge*), heute weltweit als Viehfutter verbreitet

Herkunft

Getreide im engeren Sinne sind Zuchtformen von Süßgräsern (Poaceae). Der Ursprung des landwirtschaftlichen Anbaus vieler Getreidegattungen kann nicht mehr ermittelt werden. Getreideanbau wird im Nahen Osten agrargeschichtlich belegt bereits seit mehr als 10.000 Jahren praktiziert. In Mittel- und Westeuropa verbreitete er sich vor etwa 7.000 Jahren.

Aussaat

Aussaat- und Erntezeitpunkt hängen stark von den Klimabedingungen und der Höhenlage des Anbaugebietes ab. Es gibt typische Früherntegebiete (zum Beispiel die Niederrheinebene oder das Bauland (Landschaft)) und Späterntegebiete (zum Beispiel die schwäbische Alb).



Weizen in Tomsk

Wintergetreide

Wintergetreide benötigt eine Frostperiode zur Vernalisation. Es wird daher ab September gesät und dann – wie auch das Sommergetreide – ab Juli des nächsten Jahres geerntet. Durch die längere Vegetationszeit und insbesondere die bessere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit und Frühlingswärme liegen die Erträge der Wintergetreidearten weit über den Sommerformen, was zu deren überwiegenden Verbreitung führte. Winterroggen, Winterweizen, Wintergerste und Wintertriticale sind im mitteleuropäischen Raum die bedeutendsten Getreidearten.

Sommergetreide

Sommergetreide benötigt im Gegensatz zum „Wintergetreide“ nur etwa ein halbes Jahr, bis es erntereif ist. Es wird ab März gesät und ab Juli geerntet. Saat-Hafer, Mais und Sommergerste sind im mitteleuropäischen Raum die bedeutendsten Arten. Weniger relevant sind Sommerroggen und Sommerweizen.

Sorten

In Deutschland müssen Getreidesorten vom Bundessortenamt zugelassen werden. Die folgende Anzahl der Getreidesorten war 2007 bei den verschiedenen Getreidegattungen zugelassen.



Weizen im Sack



Roggenfeld

In Deutschland zugelassene Getreidesorten (2007)

Getreideart	Anzahl
Winterweichweizen	108 Sorten
Sommergerste	50 Sorten
Wintergerste (zweizeilig)	42 Sorten
Hafer	37 Sorten
Wintergerste (mehrzeilig)	36 Sorten
Winterroggen	35 Sorten
Wintertriticale	25 Sorten
Sommerweichweizen	16 Sorten

Begrannung

Folgende Regeln erleichtern die Unterscheidung der in Mitteleuropa verbreiteten Getreidearten:

- Weizen hat meistens keine Grannen, es gibt auch begrannte Sorten
- Gerste hat meistens sehr lange Grannen, es gibt auch Sorten mit kurzen Grannen; Gerstengrannen sind in der Regel unterschiedlich lang; die Grannen der unteren Körner sind länger, so dass alle Grannen fast wie abgeschnitten auf einer Höhe enden
- Roggen hat mittellange Grannen, die in der Regel gleich lang sind
- Triticale hat mittellange Grannen, die in der Regel gleich lang sind; die Pflanzenhöhe in einem Triticalebestand ist im Vergleich zu einem Roggenbestand wesentlich homogener
- Hafer hat keine Grannen und im Gegensatz zu den vorgenannten Getreidearten wachsen die Körner an einer Rispe und nicht an einer Ähre.

Krankheiten

Getreide werden überwiegend im Fruchtwechsel mit anderen Arten angebaut. Die Getreidearten sind unterschiedlich anfällig für verschiedene Krankheiten. Bei Massenbefall kam es in der Zeit vor der Errichtung weltweiter Handelsbeziehungen regional immer wieder zu Missernten, Hungersnöten oder zu gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bevölkerung. Getreidekrankheiten bewirken heute vor allem wirtschaftliche Schäden.

- Mehltau; Echter Mehltau mit Ähren- oder Blattbefall; Erreger des Getreidemehltaus ist *Blumeria graminis* (alter Name *Erysiphe graminis*)
- Mutterkorn; Erreger ist *Claviceps purpurea*
- Rostkrankheiten (siehe Rostpilze):
  - Schwarzrost; Erreger ist der Schwarzrostpilz *(Puccinia graminis)*
  - Braunrost; Erreger ist der Braunrostpilz *(Puccinia recondita)*
  - Gelbrost (auch Streifenrost genannt); Erreger ist der Gelbrostpilz *(Puccinia striiformis)*
- Blatt- und Spelzenbräune; Erreger ist *Septoria nodorum*
- Fusariosen; Erreger sind zum Beispiel *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*.
- Halmbruchkrankheit; Erreger ist *Pseudocercosporella herpotrichoides*
- Getreidebrand:
  - Stein- oder Stinkbrand; Erreger ist *Tilletia caries*
  - Zwergsteinbrand; Erreger ist *Tilletia controversa*

Verunreinigungen



Ein Getreidefeld im Sommer

Auf Getreidefeldern wachsen neben erwünschten Getreidesorten auch andere Pflanzen, die nicht angebaut wurden, aber durch wandernde Samen oder durch Verunreinigungen im Saatgut eingetragen werden. Es handelt sich meist um Anteile anderer Getreidesorten oder weiterer, nicht essbarer Pflanzen (Unkräuter). Diese können die Qualität des Mehls, den Ertrag oder die Qualität des Saatgutes für die nächste Periode mindern. Der Anteil der Verunreinigen im Getreide soll deshalb gering gehalten werden. Bei der Ernte mit Sichel, Sense und Dreschflegel mussten die Erntearbeiter die Unkräuter mit der Hand aussortieren oder deren Samen aussieben. Saatgut, das in höheren Anteilen mit anderen Getreidesorten verunreinigt ist und für Handel und Verzehr nicht geeignet erscheint, kann immer noch als Futtergetreide ausgesät oder vermischt mit anderen Sorten als Gemengesaat verwendet werden. Soll Futtergetreide noch vor der Reife geerntet und grün verfüttert oder siliert werden, fallen Verunreinigungen durch andere Sorten kaum ins Gewicht. Gemengesaaten haben zudem weitere landwirtschaftliche Vorteile und werden deshalb oft gezielt gemischt.

Unkräuter

Die meisten Unkräuter, die in Getreidefeldern wachsen, haben Samen, die sich von den Getreidekörnern stark unterscheiden und deshalb technisch entfernt werden können. Durch Siebungen und Luftstromtransport sortieren sich die unerwünschten Samen von allein aus und gelangen nicht in das Saatgut der nächsten Generation.

Es gibt allerdings einige Unkrautsamen, die sich kaum von Getreide unterscheiden. Ein Beispiel ist der Taumel-Lolch *(Lolium temulentum)*, der dem Weizen bis zur Reife sehr ähnlich ist, sich aber dann wegen seiner kleineren schwarzen Samen leicht vom Weizen unterscheiden lässt. Wenn Taumellolchsamen unter die Weizenkörner geraten, kann der Genuss des Mehls ernste Folgen haben. Man hat Benommenheit und sogar tödliche Vergiftungen auf den Genuss von Brot zurückgeführt, das zu viel Taumellolchmehl enthielt. Die Giftigkeit der Taumellolchsamen wird gewöhnlich einem in ihnen wachsenden Pilz zugeschrieben.

Auch der Klatschmohn ist ein häufiger Gast in Getreidefeldern. Seine kleinen Samenkörner werden zwar bei der Ernte ins Stroh ausgedroschen, verbleiben aber für das nächste Jahr auf dem Feld. Bei starkem Mohnbefall kann im Folgejahr eine früh reifende Feldfrucht wie Gerste angebaut werden, die geerntet wird, bevor der Mohn reif ist. Diese Methode eignet sich zur Bekämpfung vieler einjähriger Unkräuter. Sie können allerdings in den Randbereichen der Felder ausreifen und besiedeln in kommenden Jahren das Feld erneut.

Speisegetreide, das die Mühle verlässt, hat heute einen nie zuvor gekannten Reinheitsgrad.

Pseudogetreide bzw. Pseudozerealien

Pseudogetreide sind botanisch gesehen keine Gräser. Es sind andere Pflanzensamen, so genannte Körnerfrüchte, die ähnlich wie die eigentlichen Getreide verwendet werden können. Sie sind meist auch sehr stärke- und mineralstoffreich. Ein wichtiger Unterschied: Sie besitzen kein Klebereiweiß (Gluten), daher sind sie nicht zum Brotbacken geeignet – von Fladenbrot abgesehen. Das macht sie aber andererseits zu einem idealen Getreideersatz für Menschen, die an durch Gluten bedingten Krankheiten, wie Zöliakie, leiden.

Die wichtigsten Arten sind:

- Amarant *(Amaranthus)*, Familie: Fuchsschwanzgewächse
- Quinoa (*Chenopodium quinoa*, auch „Inkakorn“, „Reismelde“ oder „Perureis“), Familie: Fuchsschwanzgewächse
- Buchweizen *(Fagopyrum esculentum)*, Familie: Knöterichgewächse

Buchweizen wird traditionell hauptsächlich in China, Russland und in Kanada angebaut, Quinoa und Amarant in Mittel- und Südamerika, sie werden hauptsächlich in der Reformernährung und Vollwertküche verwendet. Buchweizen eignet sich für viele Gerichte, auf die Glutenallergiker ansonsten verzichten müssten.

Es gehören weitere Arten dazu, deren Verwendung unbedeutend oder rechtlich umstritten ist.

- Tigerlotus *(Nymphaea lotus)* Bado, Ägyptische Lotosblume, Ägyptische Bohne, Familie: Seerosengewächse
- Nutzhanf *(Cannabis sativa)* Familie: Hanfgewächse

Verwendung

Lebens- und Genussmittel

Die Verwendung von Getreide in Lebens- und Genussmitteln ist vielfältig, wie folgende Auflistung zeigt:

- Getreideflocken, beispielsweise Gerste-, Hafer-, Hirse-, Reis-, Weizenflocken, Cornflakes und andere Frühstücksflocken
- Getreidekaffee, auch: Malzkaffee aus Gerste, Roggen, Weizen, Dinkel
- Getreidekeime, Getreidesprossen
- Getreidemahlerzeugnisse, wie beispielsweise Mehl, Dunst, Grieß, Schrot (siehe aber Schrot und Korn), Kleie
- Getreidenährmittel
- Getreidekeimöl
- Getreidepufferzeugnisse, wie beispielsweise Puffreis, Popcorn
- Getreidestärke, meist aus Mais, Reis, Weizen gewonnen
- Malz aus Braugerste und daraus Bier
- Spirituosen (Kornbrand, Whisky)

Futtermittel

Getreide stellt weltweit das wichtigste Futtermittel dar. Vor allem an Wiederkäuer wird es überwiegend als Ganzpflanzensilage (GPS), z.B. als Roggen-, Gerste- oder Mais-GPS verfüttert. Nach Angaben der FAO wurden 2008/09 35 % der weltweiten Getreideproduktion von 2,23 Mrd. t als Futtermittel verwendet.[1]

Industrielle Nutzung

Die industrielle Nutzung von Getreide umfasst die energetische Nutzung, d. h. die Herstellung von Biokraftstoffen und die direkte Stroh- und Getreideverbrennung sowie die stoffliche Nutzung, für die vor allem die Stärke den relevanten Rohstoff darstellt. Dabei spielen beinahe ausschließlich Weichweizen und Mais eine Rolle als Stärkelieferanten während alle anderen Getreidesorten fast vollständig zur Herstellung von Lebensmitteln oder in Brauereien (Gerste) verwendet werden.

Die weltweite Verwendung von Getreide in Biokraftstoffen wird von der FAO mit 125 Mio. t angegeben.[1] Im Jahr 2009/10 werden geschätzte 6 % des Weltgetreideverbrauchs für Bioethanol verwendet (zu 97 % Mais in den Vereinigten Staaten), 47 % für Nahrung, 35 % für Futtermittel und 12 % für sonstiges (Saatgut, technische Verwendung, Verluste)[2] . Im Wirtschaftsjahr 2006/07 wurden von knapp 43 Mio. t Getreide in Deutschland 9 % für die stoffliche industrielle Nutzung verwendet, 3,5 % für Energie sowie 62 % für Futtermittel, 20 % für Nahrung und 2,3 % für Saatgut[3] .

Inhaltsstoffe

Inhaltsstoffe verschiedener Getreidearten (je 100 g)														
max min	Energie (kJ)	Eiweiß (g)	Fett (g)	Kohlenhydrate (g)	Calcium (mg)	Eisen (mg)	Kalium (mg)	Magnesium (mg)	Vitamine					
									B1 (mg)	B2 (mg)	B6 (mg)	E (mg)	Folsäure (mg)	Niacin (mg)
Dinkel	1340	11,5	2,7	69,0	22	4,2	447	130	0,40	0,15	0,27	1,6	0,03	6,9
Gerste	1430	11,0	2,1	72,0	38	2,8	444	119	0,43	0,18	0,56	0,67	0,065	4,8
Hafer	1530	12,5	7,1	63,0	79,6	5,8	355	129	0,52	0,17	0,75	0,84	0,033	1,8
Hirse	1510	10,5	3,9	71,0	25	9,0	215	170	0,46	0,14	0,75	0,1	0,01	4,8
Mais	1498	9,0	3,8	71,0	15	1,5	330	120	0,36	0,20	0,40	2,0	0,026	1,5
Reis	1492	7,5	2,2	75,5	23	2,6	150	157	0,41	0,09	0,67	0,74	0,016	5,2
Roggen	1323	8,8	1,7	69,0	64	5,1	530	140	0,35	0,17	0,29	2,0	0,14	1,8
Weizen	1342	11,5	2,0	70,0	43,7	3,3	502	173	0,48	0,24	0,44	1,35	0,09	5,1

Reife und Ernte

Bei Getreide unterscheidet man zwischen folgenden Reifegraden:

1. *Milchreife* (auch Milchwachsreife): aus dem Getreidekorn lässt sich durch Quetschen zwischen Zeigefinger und Daumen eine milchige Flüssigkeit herausdrücken. Während der Milchreife erreicht das noch grüne Korn seine endgültige Größe.
2. *Teigreife*: die Substanz, die man noch immer herausdrücken kann, ist nicht mehr flüssig, sondern hat eine deutlich festere Konsistenz. Fingernageleindruck ist noch reversibel.
3. *Gelbreife*: Das Getreidekorn ist hart und lässt sich nicht mehr ausdrücken, aber mit guten Zähnen zerbeißen. Fingernageleindruck ist irreversibel.
4. *Vollreife*: Es erfolgt kein weiteres Wachstum. Das Getreidekorn ist reif. Es kann nur noch schwer mit dem Fingernagel gebrochen werden.
5. *Totreife*: Der Wassergehalt hat soweit abgenommen, dass das Korn nicht mehr mit dem Fingernagel eingedrückt oder gebrochen werden kann.
6. *Notreife*: Vorzeitiges Abreifen durch widrige Umstände – zum Beispiel durch Trockenstress. Wo normalerweise noch weitere Stärke u.a. eingelagert würden, wird nun stattdessen das Korn zu Abreife gebracht, da die Pflanze ausgeprägten Wassermangel hat.

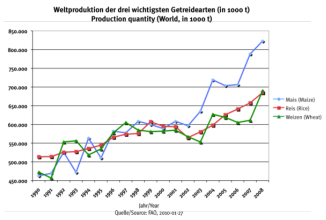
Getreide wird in der Regel im Zustand der Voll- oder der Totreife geerntet. Drusch erfordert Totreife, die auch noch nach der Ernte erreicht wird. Eine Ernte mit Mähdreschern ist jedoch erst bei Totreife möglich.

In der Getreidefrucht sind auch im Zustand der Totreife nur Mehlkörper und Schale im biologischen Sinn tot. Sowohl Keimling als auch Aleuronschicht bestehen aus lebenden Zellen und atmen. Dies führt bei ca. 15 % Wassergehalt zu jährlichen Stärkeverlusten zwischen 0,25 % und 2 %.

Wirtschaftliche Bedeutung

Weltgetreideernte

Im Jahr 2008 wurden weltweit folgende Anbauergebnisse erzielt:



Weltweite Erntemengen der drei wichtigsten Getreidearten

		Fläche in ha		ha-Ertrag in dt/ha		Getreidemenge in t	
	Getreideart	**Welt**	**D**	**Welt**	**D**	**Welt**	**D**
1	Mais	161.016.542	520.500	51,1	98,1	822.712.527	5.105.900
2	Weizen	223.564.097	3.213.500	30,9	80,9	689.945.712	25.988.600
3	Reis	158.955.388		43,1		685.013.374	
4	Gerste	56.774.297	1.961.700	27,8	61,0	157.644.721	11.967.100
5	Hirse*	82.311.245		12,0		101.185.419	
6	Hafer	11.333.331	179.500	22,8	44,2	25.784.608	793.200
7	Roggen	6.768.744	736.900	26,2	50,8	17.750.767	3.744.200
	SUMME	693.954.900	6.612.100			2.500.037.128	47.599.000
*** = Sorghum+Millet**							
Quelle: FAO: Faostat 2010[4]							

Die größten Getreideproduzenten

Im Jahr 2008 wurden laut FAO weltweit 2,525 Milliarden Tonnen Getreide geerntet. Die weltweit 15 größten Produzenten von Getreide ernteten zusammen 73,0 % der Gesamtmenge, laut FAO, Faostat, 2010[4]

Die größten Getreideproduzenten weltweit (2008)

Rang	Land	Menge (in t)	Rang	Land	Menge (in t)
1	China	481.008.700	9	Ukraine	52.713.800
2	Vereinigte Staaten	403.771.646	10	Deutschland	50.104.900
3	Indien	266.582.200	11	Bangladesch	49.102.640
4	Russland	106.391.890	12	Vietnam	43.257.900
5	Brasilien	79.681.501	13	Argentinien	36.681.055
6	Indonesien	76.574.994	14	Mexiko	36.141.224
7	Frankreich	70.094.279	15	Pakistan	35.971.000
8	Kanada	56.031.000		Welt	2.525.106.874

Siehe auch: Die größten Weizenproduzenten, Die größten Roggenproduzenten, Die größten Gersteproduzenten, Die größten Reisproduzenten, Die größten Maisproduzenten, Die größten Haferproduzenten

Brotgetreideernte in Österreich und der Schweiz

Laut FAO wurden im Jahr 2008 folgende Brotgetreidemengen in Österreich und der Schweiz geerntet:[5]

Getreide (in t)	Weizen	Roggen
Österreich	1.689.688	218.511
Schweiz	557.100	12.400

Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland

In Deutschland wurden 2008 pro Kopf 88,6 kg Getreideerzeugnisse verzehrt.[6]

Getreideverarbeitung

Trocknung

Seit dem Neolithikum wissen die Menschen, dass Getreide für eine dauerhafte, schadensfreie Lagerung getrocknet werden muss. Eine frühe Einrichtung, die für eine Darre gehalten wird, fand sich bei Bab edh-Dhra am Toten Meer. Da Getreide erst ab 14,5 % Feuchte sicher lagerfähig ist, je nach Witterung aber auch mit einer höheren Feuchte gedroschen wird, muss die Feuchte durch Trocknen entzogen werden. Würde die Lagerung zu feucht erfolgen, wären Pilzbefall die Folge. Getreidetrocknung ist sehr energieaufwändig. Da während der Ernte nicht immer das gesamte angenommene Getreide gleich getrocknet werden kann, werden in vielen Mühlen Getreidepartien vorübergehend auf +7 °C gekühlt, bis sie ebenfalls getrocknet werden können.

Für die Vermahlung sind 14 % Feuchte allerdings zu niedrig. Da die trockene Schale bei der Vermahlung zu sehr splittern würde und eine Trennung zwischen Kleie und Mehl schwieriger wird, muss das Getreide vor der Vermahlung, in Abhängigkeit von der „Glasigkeit“ des Korns, wieder auf 16–17 % Feuchte „aufgenetzt“ (angefeuchtet) werden.

Lagerung

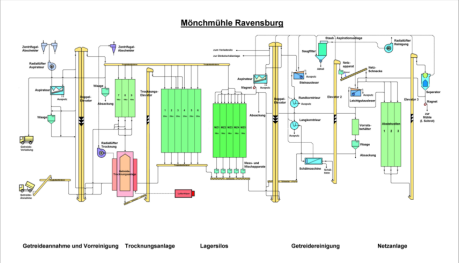


Diagramm einer Silo- und Getreidereinigungs-Anlage

Üblich sind heute Silos zur Einlagerung von Getreide, sogenannte Flach- und Hochsilos. Es werden aber auch einfache Lagerhallen (Flachlager) als Zwischenlager verwendet. Die Überwachung und Pflege des Getreides im Lager ist unbedingt erforderlich. Getreide atmet: Das heißt, es findet eine Feuchtigkeitsumverteilung im Getreidekorn statt und zum Teil auch Wasseraustritt – das Getreide „schwitzt“. Dies begünstigt das Wachstum von Mikroorganismen. Zudem sind ca. 40 % einer Siloschüttung Hohlräume. Der Luftzustand dieser Hohlräume bestimmt das „Klima“ der Schüttung. Daher ist eine ständige Überwachung von Feuchtigkeit und Temperatur erforderlich.
Zu den Grundregeln der Lagerhaltung gehören die Reinigung des Getreides vor der Einlagerung und von Zeit zu Zeit ein Luftaustausch im Silo. Getreide gilt unter folgenden Bedingungen als lagerfest: Feuchtigkeit unter 14 %, Temperatur unter 20 °C(am günstigsten sind Temperaturen von 5-8 °C). Besatz unter 1 %.

Vorratsschutz

ist die Verhinderung des Befalls durch Vorratsschädlinge, aber auch deren Bekämpfung, wenn Befall eingetreten ist. Die FAO schätzt die weltweiten Lagerverluste durch tierische Schädlinge in Getreidelagern auf ca. 10–30 %, dies entspricht einem jährlichen Verlust von 180 bis 360 Mio. Tonnen Getreide. In Deutschland dürfte die Verlustrate unter einem Prozent liegen, in Entwicklungsländern dagegen sogar häufig über 30 %.

Die auftretenden Schäden sind

- Fraßschäden: Gesamtmenge nimmt ab; Selektionsfraß: nur Keimlinge oder Nährgewebe werden angefressen
- Verschmutzung: Kot, Urin, tote Tiere in den Nahrungsmitteln, Spinnfäden, Haare
- Veränderung an den Inhaltsstoffen: Ranzigwerden, Abnahme des Protein- oder Vitamingehaltes
- Folgeschäden: Geruchs- und Geschmacksveränderung, Veränderung der Backeigenschaften, Kosten für Beseitigung und Reinigung

Die häufigsten Vorratsschädlinge sind: [7]

- Insekten
  - Käfer: Brotkäfer, Kornkäfer, Reiskäfer, Maiskäfer, Getreideplattkäfer, Mehlkäfer und seine Larve, der „Mehlwurm“
  - Schmetterlinge: Getreidemotte, Dörrobstmotte, Kornmotte, Mehlmotte
- Milben: Mehlmilbe;
- Nagetiere: Wanderratte, Hausmaus

Getreidereinigung

Das vom Landwirt in der Mühle angelieferte Rohmaterial ist in aller Regel kein reines Getreide, sondern mit Unkrautsamen, Steinen, Erdklumpen, Metallteilen, Insekten, Fremdgetreide und vielem mehr verunreinigt. Alle Verunreinigungen zusammen nennt der Müller »Besatz«. Man unterscheidet gewöhnlich zwischen Fremdbesatz (Schwarzbesatz) und Kornbesatz.
Die negativen Einflüsse von Besatz sind vielfältig:

1. Giftigkeit von Unkrautsamen und Mutterkorn
2. Beeinträchtigung von Geruch und Geschmack
3. Erhöhung des Mineralstoffgehaltes
4. Verschlechterung der Backeigenschaften der Mehle
5. Beschädigung von Maschinen, erhöhter Verschleiß

6. Erhöhung des erforderlichen Lagervolumens

Die Reinigung erfolgt stufenweise durch verschiedenste Trennmethoden in folgenden Maschinen:

- Siebmaschine
- Dauermagnete
- Aspirateur (Luftsichter)
- Steinausleser
- Trieure
- Scheuermaschine
- Farbsortierer
- Rotationsworfelmaschine

Vermahlung, Siebung

Die Zerkleinerung erfolgt heute mit der wichtigsten und verbreitetsten Maschine: dem Walzenstuhl. In den Walzenstühlen sind üblicherweise zwei oder vier Walzenpaare untergebracht, die sich gegenläufig mit unterschiedlicher Umfangsgeschwindigkeit drehen. Sie sind entweder als Riffel- oder Glattwalzen ausgeführt. Das bei einem Walzendurchgang entstehende »Haufwerk« wird mittels Plansichter und je nach Granulation unterschiedlich weitergeleitet. Alle kleinen Mehlpartikel (<180 µm) werden sofort als Mehl abgezogen. Das grobe Schrot wird dagegen auf einen weiteren Walzenstuhl geleitet, wo sich der Vorgang wiederholt. Grieße können auf einer Grießputzmaschine gereinigt werden. So können sich noch weitere 8–10 Vermahlungen und Siebungen anschließen. Den Durchgang durch einen Walzenstuhl und einen Plansichter nennt man »Passage«.

Mischen, Verladen, Absacken

Durch das Mischen in Mischmaschinen kann der Müller verschiedene Passagenmehle zu einem Typenmehl zusammenmischen, das der DIN-Norm entspricht. Dabei können auch unterschiedliche Backqualitäten ausgeglichen werden. Die heutigen Mehlsilozellen sind elektronisch durch Füllstandmelder überwacht. Die fertigen Mehle kommen in ein Lose-Verladesystem. Die übliche Form der Auslieferung ist die Silowagenbefüllung. Bei Großbäckereien und Backfabriken wird das Mehl aus dem Silowagen mit Druckluft in die Mehlsilozellen geblasen. Nur noch Spezialprodukte oder Mehle für kleine Bäckereien werden in Säcke abgepackt. Viele Großmühlen verfügen heute auch über Kleinpackungsanlagen, auf denen 1–5 kg-Packungen abgepackt und für den Einzelhandel fertig palettiert werden.

Literatur

- Walter Aufhammer: *Rohstoff Getreide. 131 Tabellen*. Ulmer, Stuttgart 2003, ISBN 3-8001-4194-9
- Burghard Kirsch, Alois Odenthal: *Fachkunde Müllereitechnologie. Werkstoffkunde. Ein Lehrbuch über die Zusammensetzung, Untersuchung, Bewertung und Verwendung von Getreide und Getreideprodukten*. 6. Auflage. Bayerischer Müllerbund, München 2008, ISBN 978-3-9812436-0-4
- Hansjörg Küster, Nicolette Waechter (Hrsg.): *Korn. Kulturgeschichte des Getreides*. Pustet, Salzburg und München 1999, ISBN 3-7025-0404-4
- Loren Cordain: *Das Getreide. Zweischneidiges Schwert der Menschheit. Unser täglich' Brot macht satt, aber krank. Ernährung mit Getreideprodukten kann die Gesundheit ruinieren*. Novagenics, Arnsberg 2004, ISBN 3-929002-35-3
- Wilfried Seibel (Hrsg.): *Warenkunde Getreide. Inhaltsstoffe, Analytik, Reinigung, Trocknung, Lagerung, Vermarktung, Verarbeitung*. Agrimedia, Clenze, 2005, ISBN 3-86037-257-2
- Peter Erling (Hrsg.): *Handbuch Mehl- und Schälmüllerei*. Agrimedia, Clenze, 2008

Weblinks

- Getreide in der biologischen Sicherheitsforschung [8]
- Statistik der FAO [9]
- GMF Mehlreport mit Zahlen von 2008 (PDF) [10] (205 kB)

Referenzen

[1] [[FAO (http://www.fao.org/docrep/011/ai482e/ai482e02.htm)]: *Food Outlook: Cereals*], June 2009.

[2] AMI Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH: Infografik: Einsatz von Getreide zur Bioethanolherstellung (http://www.marktundpreis.de/pflanzenbau/produktlinie/infografiken_getrW3D_ami_W261.asp)

[3] M. G. Lindhauer: *Nimmt uns die Getreideverbrennung das tägliche Brot?*, ForschungsReport 2/2008, pdf (http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/sites/FR-Texte/2008/fr-2008-2-18-Getreideverbrennung.pdf)

[4] (http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor), Faostat Statistik der FAO, abgerufen am 4. Februar 2010

[5] Statistik der FAO, aufgerufen am 24. Februar 2010 (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor)

[6] Statistisches Jahrbuch 2009 des [[BMELV (http://www.bmelv-statistik.de/de/statistisches-jahrbuch/)]]

[7] Lexikon der Vorratsschädlinge (http://lexikon-der-schaedlinge.de/index2.php?p=22&g=g2)

[8] http://www.biosicherheit.de/de/getreide/

[9] http://faostat.fao.org/site/408/default.aspx

[10] http://www.gmf-info.de/medi/mehlreport/MehlReport_13_2008.pdf

Getreideverbrennung

Als **Getreideverbrennung** bezeichnet man den Einsatz von Getreide als Brennstoff zum Zweck der Gewinnung von Energie.

Zu unterscheiden ist zwischen der Verbrennung von sogenanntem Ausputz- bzw. Minder- und Verwurfgetreides als nur beschränkt oder gar nicht als Lebens- oder Futtermittel verwendbarem Getreide. Dieses ist mit der in 01/2010 in Kraft tretenden novellierten 1. Bundes-Immisionsschutzverordnung (1. BImSchV) als Regelbrennstoff in bestimmten Einsatzbereichen zulässig. Die andere Variante ist die Verbrennung von für diesen Zweck als Energiepflanze angebautem Getreide. Dies wird derzeit in Deutschland nicht praktiziert.[1]

Aufgrund rechtlicher und technischer Probleme sowie wegen ethischer Bedenken wird die Getreideverbrennung im deutschsprachigen Raum derzeit nur eingeschränkt praktiziert.



Getreideheizungskessel auf einem landwirtschaftlichen Betrieb (22 kW, Hersteller: BAXI)

Hintergrund

Mitte der 1990er Jahre lagen die Weltmarktpreise für Getreide um 60 bis 80 € pro Tonne und damit teilweise unterhalb der Produktionskosten in Europa. Zugleich waren die Öl- und Erdgaspreise so hoch, dass die Produktion von Getreide zum Zweck der Verbrennung sich als wirtschaftlicher erwies als ihr Gebrauch als Lebensmittel. In dieser Situation gingen einige Bauern dazu über, Getreide in Pelletheizungen zu verfeuern.[2]

Beispielhaft angeführt wurde (im Jahr 2005) die Formel:

> „Der Verkauf an Getreidemühlen bringt nur einen Gewinn von einem Cent je Kilogramm Getreide ein. […] Bei einem Heizölpreis von 45 Cent je Liter Heizöl läge der äquivalente Getreidepreis – 2,5 Kilogramm

> Getreide ersetzen einen Liter Heizöl – bei 18 Cent je Kilogramm, der Erlös bei 9 Cent je Kilogramm."
>
> – Getreideverbrennung: Energiekorn als Chance für die Landwirtschaft[3]



Das erste mit Getreide beheizte reine Wohnhaus Deutschlands in Frankfurt am Main

Ein anfangs ebenfalls ins Auge gefasster Anbau von Getreide zur rein energetischen Nutzung konnte sich jedoch nicht etablieren, derzeit zielen alle Nutzungen auf die Verfeuerung des sogenannten Getreideausputzes ab. Ausschlaggebend waren dabei die wieder steigenden Getreidepreise auf dem Weltmarkt, die eine Verfeuerung wiederum unwirtschaftlich werden ließen, aber auch ethische Bedenken.[4]

Der Hauptvorteil von Getreide als Brennstoff gegenüber zahlreichen anderen biogenen Brennstoffen ist die zu seiner Erzeugung und Verarbeitung bereits vorhandene Infrastruktur. Die vorhandenen Kenntnisse um seinen Anbau und die Vielfalt von Arten und Sorten, die an die verschiedensten Boden- und Klimaansprüche angepasst sind, sind von Vorteil gegenüber zahlreichen, weniger weit als Nutzpflanze erschlossenen Pflanzen.

Im Vergleich zum Holz, dem am weitesten verbreiteten biogenen Brennstoff, sind insbesondere der geringe notwendige Lagerraum sowie die hohe Schüttdichte bei gleichzeitig hohem Brennwert vorteilhaft. Entsprechende Anlagen können klein dimensioniert sein und doch effektiv betrieben werden.

Ein Pilotprojekt zum Einsatz von Getreide als Heizstoff für Wohnraum lief Anfang 2007 in einem Mehrfamilienwohnhaus-Komplex aus 24 Wohnungen in der Frankfurter Riederwald-Siedlung an. Erstmals wird Getreide hier außerhalb des Agrar-Bereichs als Brennstoff einer Heizung verwendet.[5]

Technische Grundlagen

Die Verwendung von Getreide als Brennstoff in großen Anlagen (z. B. Heizkraftwerke, Müllverbrennungsanlagen) oder zur Einspeisung in das Stromnetz ist für Landwirte als Erzeuger nicht rentabel. Daher fokussiert sich die Entwicklung derzeit auf dezentrale Anlagen zwischen 15 und 100 kW, sogenannte Kleinfeuerungsanlagen, die zur Versorgung der Höfe beitragen.

Brenntechniken


Feuer einer mit Hafer betriebenen Getreideheizung, deutlich zu erkennen die lockere, kaum verschlackte Asche

Die Verfeuerung von Getreide erfordert spezielle Anlagen, da Getreide sich von konventionellen Bioenergieträgern wie Holz unterscheidet. Es werden entweder gängige Verbrennungsanlagen eingesetzt, die auf Holz oder ähnliche Brennstoffe ausgelegt sind, oder neuartige, an den Brennstoff Getreide angepaßte Anlagen. Für ein möglichst vollständiges Verbrennen von Getreide sind hohe Verbrennungstemperaturen erforderlich. Das führt jedoch dazu, dass die Asche wegen ihres niedrigen Schmelzpunkts versintert und Schlacken bildet. Der Verschlackung kann durch die Zugabe von kalkhaltigen Zuschlagstoffen begegnet werden, die den Ascheschmelzpunkt erhöhen, aber auch die anfallende Aschemenge vergrößern (bei 0,5 bis 2 Gewichts-Prozent Kalk im Brennstoff um bis zu 60 % erhöhte Aschemengen). Eine andere Möglichkeit stellt die Kombination von Getreide mit anderen Brennstoffen dar, wie zum Beispiel Hackschnitzeln. Dies ermöglicht auch eine Verfeuerung in konventionellen Anlagen, die für eine vollständige Beschickung mit Getreide technisch ansonsten ungeeignet sind.[6]

Alle Anlagen befördern das Brenngut mittels Förderschnecken oder Saugleitungen in die Brennkammer, wodurch eine kontinuierliche Zufuhr des Brennstoffs und ein gleichbleibender Ablauf des Verbrennungsprozesses gewährleistet ist. Zumeist werden gekühlte Unterschubfeuerungen und Muldenfeuerungen eingesetzt, aber auch Rostfeuerungen (mit bewegtem Rost). Häufig finden Pufferspeicher Verwendung, die eine spätere Nutzung der Wärme erlauben. In einigen Bundesländern sind sie vorgeschrieben. Aufgrund des relativ hohen Asche- und Schlackeanfalls ist die regelmäßige Abfuhr von Brennresten erforderlich. Dieses findet teilweise automatisiert statt.[6]

Mögliche Brennstoffe

Zur Verbrennung können alle geläufigen Getreide verwandt werden. Spelzgetreide wie Gerste und Hafer zeichnet sich bei der Verbrennung durch relativ hohe Ascheschmelzpunkte (~1200 °C) im Vergleich zu Nacktgetreiden wie Weizen bzw. Triticale (~700 °C/800 °C) aus, was die Verschlackung deutlich reduziert, zugleich fällt jedoch mehr Asche an.

Umweltaspekte

(siehe auch Artikel Bioenergie)



Blick in den Kessel einer Getreideheizung

Wie bei allen biogenen Brennstoffen ist bei Getreide der CO_2-Kreislauf geschlossen, was die Emission von Treibhausgasen verringert. Die Verwendung in dezentralen Feuerungsanlagen vermeidet zudem den hohen Transportaufwand zentraler Großanlagen. Die Verwendung minderwertiger, nicht marktfähiger Getreidequalitäten als Brennstoff erscheint als sinnvolle Alternative zu anderen Entsorgungsmöglichkeiten.

Im Vergleich zur Nutzung anderer Brennstoffe wie Heizöl oder Holz sind die Emissionen aus dem Verbrennungsvorgang teilweise um ein Mehrfaches erhöht. Insbesondere Staub, Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffoxide sowie Chlor- und Schwefelverbindungen belasten die Abluft. Die Staubemissionen können hauptsächlich durch zusätzliche Staubabscheider, Filter und Entstaubungseinrichtungen des Brennstoffs und des Rauchgases verringert werden. Die Optimierung der Verbrennungstechnik (gestufte Verbrennung und Durchmischung des Gasstroms in der Nachbrennkammer) reduziert die NO_x- und CO-Emissionen erheblich, so dass bei entsprechender technischer Optimierung die Grenzwerte des Immissionsrechts eingehalten werden. Praxisreife technische Lösungen zur Emissionsminderung bei den nicht von der 1. BImschV geregelten Schadstoffen Chlor und Schwefel stehen für Kleinfeuerungsanlagen allerdings noch aus.[7] [8]

Bei der – derzeit nicht praktizierten – Produktion von Getreide speziell für die Verfeuerung könnten Stickoxidemissionen verringert werden, indem die Stickstoffgehalte im Getreidekorn durch verringerte Düngung oder Züchtung proteinarmer Getreidesorten reduziert werden. Die Bundesländer Bayern, Thüringen und Sachsen haben entsprechende Einschränkungen bei der Erteilung von Ausnahmegenehmigungen in die Anforderungskataloge aufgenommen. So darf in Bayern und Thüringen vor dem Anbau von Getreide zur Verbrennung ein Jahr lang kein chloridhaltiger Dünger ausgebracht worden sein. In Sachsen müssen Grenzwerte für den Stickstoffgehalt im Brenngut eingehalten werden.

Rechtliche Situation

Deutschland



Gesunder (links) und mit *Fusarium* infizierter, nicht mehr lebensmittelfähiger Weizen

Die Nutzung von Getreide als Brennstoff ist in Deutschland in Anlagen ab einer Feuerungswärmeleistung von 100 kW genehmigungspflichtig. Maßgeblich sind die 4. BImSchV und die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft). Getreideheizungen mit weniger als 100 kW Leistung - wie Heizanlagen für Einzelwohnungen und kleinere Mehrfamilienhäuser - werden durch die 1. BImSchV (*Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen*) geregelt. Das Bundeskabinett und der Bundestag haben die Neufassung der 1.BImschV am 3. Dezember 2009 endgültig beschlossenen. Sie tritt nach einer 7-wöchigen Übergangsfrist in Kraft. Bisher war Getreide für diese Anlagengröße nicht als sogenannter Regelbrennstoff zugelassen. Einzelne Bundesländer erteilten Ausnahmegnehmigungen.[9] Mit der novellierten 1. BImSchV wird nicht als Lebensmittel geeignetes Getreide in den Katalog der Regelbrennstoffe aufgenommen und ist daher künftig auch in Kleinanlagen zulässig. Verwendet werden darf demnach "nicht als Lebensmittel bestimmtes Getreide wie Getreidekörner und Getreidebruchkörner, Getreideganzpflanzen, Getreideausputz, Getreidespelzen und Getreidehalmreste sowie Pellets aus den vorgenannten Brennstoffen"[10] . Die Verwendung ist eingeschränkt auf automatisch beschickte Anlagen, die für diesen Brennstoff zugelassen sind. Außerdem dürfen nur landwirtschaftliche Betriebe und verwandte Branchen Getreideverbrennung praktizieren.[11]

Für die Emissionen von Getreidefeuerungsanlagen gelten die gleichen Werte wie für die Nutzung von Brennholz, nämlich 0,10 g Staub/m^3 und 1,0 g CO/m^3 bei bis 2014 errichteten Anlagen. Ab 2015 gelten als Grenzwerte 0,02 g Staub/m^3 und 0,4 g CO/m^3.[11]

Österreich

Auch in Österreich war Getreide bisher kein zugelassener Brennstoff. Die Gesetzgebung liegt auf Grund einer Vereinbarung zwischen Bund und Ländern im Sinne des Art 15a B-VG bei den Landesgesetzgebern, der Betrieb von Getreidefeuerungsanlagen wird in den bundesländerspezifischen Bautechnikverordnungen geregelt. Die Zulassung von solchen Anlagen ist in der Regel an den Nachweis der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten und Wirkungsgraden gebunden. Dies kann Probleme bereiten, da die entsprechenden Grenzwerte sich an automatischen Holzfeuerungen orientieren, die z.B. deutlich niedrigere Stickoxid-Emissionen aufweisen. Nur in der Steiermark können weitere Brennstoffe per Verordnung zugelassen werden, die jeweiligen Grenzwerte orientieren sich an den „örtlichen Verhältnissen und der Beschaffenheit der verwendeten Brennstoffe“.[12]

Eine anstehende Gesetzesreform soll die derzeitige Situation ändern. Sie würde Getreidekörner als „Sonstigen standardisierten biogenen Brennstoff“ definieren. Bereits im Vorhinein normierte das österreichische Normungsinstitut „Energiekorn“ am 1. Oktober 2006 in der Vornorm ÖNORM M 7139 und definierte so die genauen Anforderungen an Getreide als Brennstoff.

Ökonomische Aspekte

Während Minder- und Auswurfgetreide aufgrund ihrer Wertlosigkeit als Lebensmittel ausgesprochen günstige Brennstoffe darstellen, ist die Erzeugung von Energie durch lebensmittelfähiges Getreide nur bei niedrigen Preisen für Getreide bei zugleich hohen Heizenergiepreisen konkurrenzfähig. Speziell zum Zweck der Verbrennung erzeugtes „Energiekorn“, das auch über züchterische Bemühungen optimiert werden und mit verringertem Aufwand (z. B. mit verringerten Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen) angebaut werden könnte, würde die Gestehungskosten weiter senken.

Deutlich höher im Vergleich zu Heizöl, dem am meisten verbreiteten Brennstoff, sind derzeit noch die Investitionskosten. Während eine Heizölanlage im Mittel für rund 7000 Euro betriebsfähig ist, kostet eine Getreidefeuerungsanlage rund 18.000 Euro, wenngleich zu berücksichtigen ist, dass die Preisspanne von gleichwertigen Anlagen um bis zu 100 % schwanken kann. Auch die laufenden Kosten sind bei einem solch kleinen Modell noch bis zu 20% höher (3120 € Heizöl, 3730 € Getreide), sie reduzieren sich aber im Verhältnis mit zunehmender Leistungsfähigkeit. Bei großen Modellen (>75 kW) erweisen sich Getreideheizungen im laufenden Betrieb als gleich teuer bzw. günstiger als Heizölanlagen (100 kW: 13.860 € Heizöl, 12.450 € Getreide).

Diese Kompensation erfolgt allein über den Brennstoffpreis, der nur halb so hoch ist wie der von Heizöl, bei Minderpartien sogar gegen Null sinkt und dann auch Kleinstanlagen bis 25 kW wirtschaftlich werden lässt (Stand: 2006). Wirtschaftlich besonders günstig ist der Einsatz von Mindergetreide in Feuerungen mit höherer Anlagenleistung (25 bis 100 kW), da sich hier der Anteil der (niedrigen) Brennstoffkosten an den laufenden Kosten vergrößert.[2]

Getreideverbrennung außerhalb des deutschsprachigen Raums

Die Verwendung von Getreide als Brennstoff ist bisher weitgehend auf Deutschland, Österreich und Dänemark beschränkt. Wichtige Rahmenbedingungen für die Verbreitung der Getreideverbrennung sind hohe Energiepreise, niedrige Preise für Getreide (oder ein ausreichender Anfall niedrigpreisigen Mindergetreides) sowie Rechtssicherheit für die Nutzung des Brennstoffs.

In Dänemark begünstigten (im Vergleich zu Deutschland) sehr hohe Heizenergiepreise sowie das Fehlen von Abgasnormen für Feuerungsanlagen die rasche Verbreitung von Getreideverbrennungsanlagen seit den 1990er Jahren. Im Jahr 2002 waren hier bereits über 10.000 entsprechende Anlagen in Betrieb (im Vergleich zu rund 100 in Deutschland zur gleichen Zeit).[13]

Politische Positionen

Gegen den Einsatz von Getreide als Brennstoff sind mehrfach Bedenken erhoben worden. Kritisiert wurde dabei vor allem der Gebrauch eines Lebensmittels als Energieträger. Die unterschiedlichen Positionen greifen dabei über die Parteien hinweg. Während die Evangelische Kirche von Westfalen in einer gemeinsamen Erklärung mit den Bistümern Münster, Paderborn und Essen zum Erntedankfest 2006 die Verbrennung als „Abwertung des täglichen Brotes und der Arbeit der Landwirte“ kritisierte,[14] zeigten sich andere Stimmen in der evangelischen Kirche eher befürwortend, sie veranschlagen auch ein klimaschützendes Potential, das hülfe, die Schöpfung zu bewahren.[15] Der BUND kritisiert, dass eine solche Nutzung einer „Landnutzung von morgen“ entgegenstehe und konstatiert, das „[…] Verbrennen eines in der Menge völlig am Markt vorbei produzierten Lebensmittels wie Getreide […] ist agrarpolitisch eine Bankrotterklärung“.[16] Grundsätzlich wird seitens des Gesetzgebers versucht, ethischen Einwänden durch die Beschränkung auf Minder- und Auswurfgetreide gerecht zu werden.[4] So gilt die Einordnung von Getreide als Regelbrennstoff für Kleinfeuerungen ausschließlich für Getreide, das nicht als Lebens- und Futtermittel genutzt werden kann.

Nachweise

- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): *Heizen mit Getreide – und was man darüber wissen muss*, KTBL-Heft 74, 2007, ISBN 978-3-939371-50-2

Einzelnachweise

Die Informationen dieses Artikels entstammen zum größten Teil den unter Nachweise angegebenen Quellen, darüber hinaus werden folgende Quellen zitiert:

[1] Karsten Block: *Getreidepreis zur Ernte 2000 im Keller – ist die energetische Nutzung eine Alternative?*, 7. März 2001, Online (http://www.duesse.de/znr/aktuell/akt_12_00_01.htm), Zugriff am 24. April 2008

[2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): *Heizen mit Getreide – und was man darüber wissen muss*, KTBL-Heft 74, 2007, ISBN 978-3-939371-50-2

[3] o.A.: *Getreideverbrennung: Energiekorn als Chance für die Landwirtschaft*, www.nachwachsende-rohstoffe.info, 29. September 2005, Zugriff am 24. April 2008

[4] Siehe den Beschluss: *Ergebnisprotokoll Agrarministerkonferenz am 6. September 2002 in Bad Arolsen*, TOP 4.9: Beschluss *Erweiterung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe für die energetische Nutzung*: „Die Agrarministerinnen, -minister und -senatoren der Länder sind der Auffassung, dass […] es zur Sicherung der gesellschaftlichen Akzeptanz einer solchen Entwicklung zuvor einer breiten öffentlichen Diskussion bedarf, bei der insbesondere auch die Frage der ethischen Vertretbarkeit einer energetischen Verwertung von Getreide thematisiert werden muss […]“ PDF Online (http://www.agrarministerkonferenz.de/uploads/Ergebnisprotokoll_AMK_06_e31.pdf)

[5] Anonymus: *ABG Frankfurt Holding Wohnungsbau- und Beteiligungsgesellschaft mbH, Frankfurt: Energie vom Acker* In: VerbandsMagazin, Landesausgabe Hessen, 2/2007, S. 36–37

[6] *Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow (2007), zweite, vollständig überarbeitete Auflage, 224-seitiges pdf oder Heft (ISBN 3-00-011041-0)

[7] ATZ Entwicklungszentrum, 2008: Kleinfeuerungsanlage für Getreide und Stroh. Abschlussbericht. (pdf (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22019303.pdf))

[8] Dr. Hans Hartmann, Norbert Hopf, Paul Roßmann, Armin Bimüller, Peter Turowski, Frank Ellner-Schuberth, 2007: Getreidekörner als Brennstoff für Kleinfeuerungen - Technische Möglichkeiten und Umwelteffekte. Berichte aus dem Technologie- und Förderzentrum Straubing (TFZ), Nr. 13. (pdf (http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/15951/bericht_13_gesch_tzt.pdf))

[9] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): Energetische Nutzung von Getreide, Halmgut und anderen alternativen Biobrennstoffen zur Wärmeversorgung – Genehmigungsrecht (http://www.bio-energie.de/heizen-mit-holz/getreide-halmgut/rechtliche-situation.html)

[10] 1.BImschV, Fassung 2009 (http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/000/1700074.pdf), §3.8

[11] 1.BImschV, Fassung 2009 (http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/000/1700074.pdf), §5.3

[12] Andreas Gaisbauer *Zukunftsbrennstoff Biomasse – Energiekorn?*, Diplomarbeit zur Erlangung des Magistergrades (FH) für den FH-Diplomstudiengang Produkt- und Projektmanagement der Fachhochschule Wiener Neustadt für Wirtschaft und Technik, 2003, S. 28, PDF Online (http://www.energiekorn.at/bilder/Diplomarbeit AG.pdf)

[13] Claus Hermann Kühl: *Stand der Entwicklung bei der Strohpelletierung, Getreidekorn- und Strohverbrennung in Dänemark.* In: KTBL-Fachgesprach „Energetische Nutzung von Getreide in Kleinfeuerungsanlagen – 12./13. Februar 2003, Kurzfassungen der Beiträge, Online (http://ktbl-alt.avenit.de/energie/kleinfeuerungsanlagen.pdf)

[14] *Kritik an Getreideverbrennung*, Meldung auf www.katholisch.de, 1. Oktober 2006, Online (http://www.katholisch.de/6246.html), Zugriff am 15. Mai 2008

[15] Dr. Clemens Dirscherl: *Für und Wider der Getreideverbrennung zur energetischen Nutzung – Eine Zusammenfassung der Argumente als Beitrag zu einer ethischen Urteilsbildung*, Aktuell Editorial, 7. Oktober 2005, Online (http://www.ekd.de/aktuell/051007_getreideverbrennung.html), Zugriff am 15. Mai 2008

[16] *Anbau und Verbrennung von Getreide zur Energiegewinnung?* In: BUNDposition, April 2006, PDF Online (http://www.bund-nrw.org/documents/BUNDposGetreideverbrennung04_2006.pdf), Zugriff am 15. Mai 2008

Weblinks

- Heizen mit Getreide und Halmgut. (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_291heizen_mit_getreide_2007.pdf) Broschüre (28 Seiten) zu technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, Entwicklung und Wirtschaftlichkeit. FNR, 2007. (PDF, 2 MB)
- Heizen mit Weizen – Ausführliche Informationen zur Praxis des Heizens mit Getreide (http://www.getreideheizung.de/)
- Umfassende Informationen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zur novellierten 1. BImSchV (12/2009), inklusive Gesetzestext, Fragen und Antworten sowie Hintergründe (http://www.bmu.de/luftreinhaltung/downloads/doc/39616.php)

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: *Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen*, Gülzow (2007), zweite, vollständig überarbeitete Auflage, ISBN 3-00-011041-0, als pdf (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf) erhältlich

Gewöhnliche Robinie

Gewöhnliche Robinie

Gewöhnliche Robinie (*Robinia pseudoacacia*)
Systematik
Eurosiden I
Ordnung: Schmetterlingsblütenartige (Fabales)
Familie: Hülsenfrüchtler (Fabaceae)
Unterfamilie: Schmetterlingsblütler (Faboideae)
Gattung: Robinien (*Robinia*)
Art: Gewöhnliche Robinie
Wissenschaftlicher Name
Robinia pseudoacacia
L.

Die **Gewöhnliche Robinie** (*Robinia pseudoacacia*), auch verkürzt **Robinie**, **Falsche Akazie**, **Scheinakazie** oder **Silberregen** genannt, ist ein sommergrüner Laubbaum. Ursprünglich aus Nordamerika stammend, wurde er überall in Europa in Parks und Gärten gepflanzt und kommt mittlerweile auch wild vor.

Taxonomie

Die Gewöhnliche Robinie ist ein Baum aus der Unterfamilie der Schmetterlingsblütler (Faboideae) in der Familie der Hülsenfrüchtler (Fabaceae).

Mit den zur Unterfamilie der Mimosengewächse (Mimosoideae) gehörenden Akazien ist die Robinie, obwohl sie auch als *Falsche Akazie* bezeichnet wird, nicht besonders nahe verwandt, auch wenn sie äußerlich mit diesen die gefiederten Blätter sowie die Dornen gemeinsam hat. Neben *Robinia neomexicana* und *Robinia viscosa* ist sie die einzige Baumart in der Gattung der Robinien (*Robinia*), die ansonsten nur aus Sträuchern besteht.

Inwieweit verschiedene Formen der Robinie auf Kreuzungen mit anderen Robinienarten oder Mutationen zurückgehen, ist nicht immer sicher. Bekannt ist *Robinia pseudoacacia var. rectissima*, welche 1936 in Long Island gefunden wurde. Markant für diese Varietät, deren Status allerdings umstritten ist, ist ein kerzengerader Schaft, der auch im Freistand ausgebildet wird. Diese Form hat ihr die Bezeichnung Schiffsmastrobinie eingebracht. Nachkommen dieser Bäume sind in der Forstpflanzenzüchtung begehrt.

Namensherkunft

Carl von Linné, der die Gattung der Robinien (*Robinia*) erstmals wissenschaftlich beschrieb, benannte diese nach Jean Robin, dem Hofgärtner der französischen Könige Heinrich III., Heinrich IV. und Ludwig XIII.

Der wissenschaftliche Artname *pseudoacacia* weist auf die (irreführende) Ähnlichkeit mit den Akazien hin. Die gelegentliche Verwendung des Namens *Silberregen* ist auf die traubenförmigen weißen Blütenstände des Baums zurückzuführen.

Beschreibung

Erscheinungsbild (Habitus)

Die Gewöhnliche Robinie ist ein sommergrüner Baum mit rundlicher oder locker schirmartiger Krone, der im Freistand Höhen von 12 bis 20 m und im geschlossenen Bestand Wuchshöhen von 20 bis 30 m erreichen kann. Die Borke des Stamms ist graubraun bis dunkelbraun, tief gefurcht und häufig netzig-längsrissig. Die Äste stehen gedreht an einem kurzen Stamm, der zur Ausbildung einer Doppelkrone neigt. Der Baum ist weitgehend winterfrosthart.



Borke der Gewöhnlichen Robinie

Der Baum begrünt sich erst sehr spät im Frühjahr. Die wechselständigen und unpaarig gefiederten Laubblätter erreichen eine Länge von 15 bis 30 Zentimetern. Sie bestehen aus jeweils neun bis neunzehn eiförmigen Einzelblättchen, die sich durch kleine Gelenke bei großer Hitze senkrecht nach unten klappen können.

Während der Blütenstandsbereich und die Krone meist ohne Dornen sind, sind besonders an den Schößlingen die Nebenblätter zu bis 3 cm langen, rotbraun gefärbten Dornen umgebildet.

Blütenstände und Blüten

Die Blüten des Baums erscheinen in den Monaten Mai bis Juni. Jeweils 10 bis 25 der stark bergamotteartig duftenden Blüten sind zusammengefasst in zwischen 10 und 25 Zentimeter langen, hängenden traubigen Blütenständen an den jungen Zweigen. Die Schmetterlingsblüten bieten reichlich Nektar und werden daher von vielen Insekten aufgesucht. Nektar und Staubbeutel werden gleichzeitig reif. Setzt sich ein Insekt auf die Blüte, tritt zuerst die Narbe heraus, die eventuell mitgebrachten Pollen vom Bauch abbürstet.



Detail eines Blütenstands

Früchte und Samen

Es werden seitlich stark abgeflachte Hülsen gebildet. Sie sind rotbraun, kurz gestielt, etwa fünf bis zehn Zentimeter lang und einen Zentimeter breit. Ihre Hülle ist pergament-lederig. In den Einbuchtungen der Hülsen liegen etwa vier bis zwölf Samen. Diese Samen, die im September ausgereift sind, sind sechs bis sieben Millimeter lang, braun, glatt und sehr hartschalig. Die sie umgebende Hülse reißt allmählich während des Winters entlang der Rücken- sowie der Bauchnaht auf. Da die Früchte mitunter bis in das nächste Frühjahr am Baum hängen bleiben, zählt die Gewöhnliche Robinie zu den sogenannten Winterstehern.



Hülsen („Schoten“) der Gewöhnlichen Robinie.

Ausbreitungsstrategie

Die Gewöhnliche Robinie verbreitet ihre Samen durch den Wind (sogenannte Anemochorie). Die Ausbreitungsdistanz, die die Samen der Pflanze auf diese Weise überwinden können, ist wegen ihres hohen Gewichts verhältnismäßig gering. Nur selten werden die Samen über eine weitere Strecke als 100 Meter verbreitet.

Diesen Nachteil kompensiert die Robinie über zwei Mechanismen. Die Baumart blüht und fruchtet bereits im sechsten Lebensjahr und ihre Samen sind sehr lange keimfähig. Die Dauer der Keimfähigkeit wird auf bis zu 30 Jahre geschätzt. Zur Keimung benötigen die Pflanzen jedoch sehr viel Sonnenlicht. Diese Eigenschaften bedingen die Pionierfähigkeit der Robinie. Ausgehend von bereits bestehenden Samenbäumen ist die Robinie sehr schnell in der Lage, neue offene Standorte zu bewachsen; die Art neigt sehr stark zum Verwildern.

Die Robinie ist außerdem in der Lage, sich durch Wurzelausläufer vegetativ zu vermehren. Diese auch als „klonales Wachstum“ bezeichnete Verbreitung wird begünstigt, wenn es zu Standortstörungen wie etwa Bränden oder Rodungen kommt. Die Gewöhnliche Robinie reagiert darauf mit einer verstärkten Ausbildung von Wurzelsprossen, die letztlich zu einer Verdichtung bereits bestehender Bestände führt; andere Arten werden dadurch verdrängt.

Verbreitung

Natürliches Vorkommen

Die Gewöhnliche Robinie ist ein Baum, der ursprünglich im atlantischen Nordamerika beheimatet ist und im Gebiet der Appalachen sowie der US-Bundesstaaten Pennsylvania, Missouri, North Carolina, South Carolina, Georgia, Indiana und Oklahoma verbreitet war. Sie wächst dort als Pionierpflanze in Laubmischwäldern auf mäßig nährstoffreichen Sand- und Lehmböden in Höhenlagen von bis zu 1 600 Metern. Ihr natürliches Verbreitungsgebiet zeichnet sich durch ein humides Klima mit jährlichen Niederschlägen zwischen 1020 und 1830 Millimetern aus.

Wie die von Kowarik zitierten Untersuchungen zeigen, ist die Gewöhnliche Robinie in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet ein Baum, der die Waldregeneration nach „katastrophalen“ Störungen wie Waldbränden oder Kahlschlägen einleitet. Das neu besiedelte Gebiet wird für etwa 20 bis 30 Jahre von dieser Baumart dominiert, die dann von anderen Baumarten wie dem Tulpenbaum verdrängt wird. Die Baumarten, die in der Lage sind, die Gewöhnliche Robinie an ihrem Standort zu verdrängen, zeichnen sich gewöhnlich dadurch aus, dass sie höher wachsen als die Robinie und sehr stark Schatten spenden. In Waldbeständen der Appalachen, die sich seit längerer Zeit ungestört entwickeln konnten, beträgt der Anteil der Robinie weniger als 4 Prozent.

Heutiges Verbreitungsgebiet

Die anspruchslose Robinie wurde durch den Menschen in zahlreichen Gebieten verbreitet, die nicht zu ihrem ursprünglichen Verbreitungsraum gehören. Sie ist damit eine sogenannte hemerochore Pflanze und zählt aufgrund ihrer Einführung nach 1492 in Europa zu den Neophyten. Sie ist heute in Europa, Nordafrika, West- und Ostasien zu finden. Auch in Nordamerika hat sie ausgehend von Anpflanzungen ihr Verbreitungsgebiet sowohl räumlich als auch standortlich erheblich erweitert. Sowohl in Europa als auch in den neu besiedelten nordamerikanischen Verbreitungsgebieten wächst sie auf Standorten, die wesentlich trockener sind als die in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet.

Einführungsgeschichte in Europa

Nach Europa wurde sie zwischen 1623 und 1635 durch Jean Robin von Virginia nach Paris eingeführt, wo im Jardin des Plantes und vor der Nordfassade der Kirche St. Julien-le-Pauvre unweit der Notre-Dame zwei von Robin gepflanzte Exemplare als älteste Bäume der Stadt angesehen werden.



Die Gewöhnliche Robinie wurde als Zierpflanze nach Europa eingeführt

Aufgrund ihrer attraktiven Blütenstände und ihrer gefiederten Blätter wurde die gewöhnliche Robinie zuerst als exotisches Ziergehölz in Parks angepflanzt. 1640 gelangte sie nach England, und erste Nachweise für einen Anbau in Deutschland liegen für das Jahr 1670 vor, wo man sie im Berliner Lustgarten anpflanzte. 1726 kannte man sie in Italien.

Im Laufe des 18. Jahrhunderts begann man, in dieser Holzart eine für die sich entwickelnde geregelte Forstwirtschaft interessante Art auf armen Standorten zu sehen. Es bestand regional Hoffnung, der zuvor durch jahrhundertelange ungeregelte – in Waldvernichtung resultierender – Übernutzung entstandenen Holznot durch den Anbau der Robinie kurzfristig begegnen zu können. Mehr dazu in der Geschichte des Waldes in Mitteleuropa. Zwei Eigenschaften begünstigten ihre rasche Verbreitung: Die Robinie stellt nur geringe Anforderungen an den Boden und ist damit eine geeignete Baumart für die Wiederaufforstung von durch

Übernutzung zerstörten Wäldern, und sie ist eine Pflanze, die eine weitere Bodenerosion verhindert. Sie wird deshalb für Aufpflanzungen in Sandgebieten bis heute genutzt.

Typische Standorte in Europa

Die Gewöhnliche Robinie wird heute auf einem breiten Standortspektrum gezielt angebaut. Zu einer stärkeren natürlichen Verbreitung kommt es dabei vor allem in den Gebieten, die klimatisch besonders begünstigt sind, da der Baum zur Samenausbildung auf hohe Wärmesummen in der Vegetationsperiode angewiesen ist. In diesen Gebieten breitet sie sich, ausgehend von Anpflanzungen, entlang von Waldrändern und Verkehrswegen auf Brachflächen sowie urbanindustriellen Standorten aus. Dabei dringt sie auch in Standorte wie Sandtrocken- und Kalkmagerrasen ein und verdrängt die dort wachsenden Arten.

Die Gewöhnliche Robinie hat sich nach dem Zweiten Weltkrieg außerdem auf Trümmerschuttflächen stark verbreitet. Die Zerstörungen und die anschließende mangelnde Pflege vieler Grundstücke führte dazu, dass in Städten wie etwa Leipzig, Berlin, Stuttgart und Köln großräumige Flächen entstanden, die mit Robinien bewachsen sind.

Nutzung

Holznutzung

Die umfangreiche Verbreitung, die die Robinie gefunden hat, ist auf die wirtschaftlich attraktive Holznutzung zurückzuführen. Das gegen Holzfäule widerstandsfähige Holz ist gleichzeitig biegsam und fest und wird im Schiffs- und Möbelbau, als Grubenholz, als Schwellenholz, sowie im Bogenbau verwendet. Es gilt als widerstandsfähiger und dauerhafter als Eichenholz. Da es auch ohne chemische Konservierungsbehandlung bei Nutzung im Außenbereich lange stabil bleibt, ist es beispielsweise für den Bau von Geräten auf Kinderspielplätzen gefragt. Es wird außerdem oft im Rahmen der Schutzwaldsanierung zur temporären Verbauung genutzt. Hier werden oftmals Schneerechen und Dreibeinböcke aus ihrem Holz gebaut. Da das Robinienholz aufgrund seiner Eigenschaften eine Alternative zu Tropenhölzern darstellt, wird seine Verwendung derzeit weiter forciert. In einigen Gebieten Ungarns und der Slowakei ist die Robinie mittlerweile der wichtigste Forstbaum, wobei hier bevorzugt Zuchtformen angebaut werden, die gradstämmiger als die ursprüngliche Art sind. Auch in Südkorea wird die Gewöhnliche Robinie in sehr großem Maße angebaut. Weltweit nahm die Anbaufläche zwischen 1958 und 1986 von 227.000 auf 3.264.000 Hektar zu und hat sich damit mehr als verzehnfacht. Die Robinie ist die nach Pappeln und Eukalyptus weltweit am häufigsten in Plantagen kultivierte Laubbaumart.

Forstwirtschaftlich ist die Robinie je nach anthropogen bedingter Immission auch deshalb interessant, weil sie als Leguminose in der Lage ist, Luftstickstoff (N_2) mit Hilfe symbiotisch mit ihr lebender Knöllchenbakterien zu binden. Auf stickstoffarmen Standorten hat diese Baumart daher einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten, der unter anderem dazu führen kann, dass der Holzertrag der Robinie, verglichen mit Kiefern oder Eichen, höher ist.

Traditioneller Bogenbau

Das Kernholz der Robinie gilt als eines der bevorzugten Hölzer im traditionellen Bogenbau.

Bergbau

Das Holz der Robinie wurde im Bergbau zum Stützen der Stollen verwendet. Die für Grubenstempel vorgeschriebenen Maße erreicht die Robinie bereits in einem Alter von 20 Jahren, die Kiefer benötigt im Vergleich dazu 30 bis 40 Jahre. Jedoch spielte Robinienholz im Bergbau nie eine große Rolle. Selbst in der Heimat der Robinie, der USA, betrug der Verbrauch 1923 mit nur 6997 m³ weniger als 1 % des Gesamtverbrauches. Heute wird, zumindest in Deutschland, kein Robinienholz im industriellen Bergbau mehr verwendet.



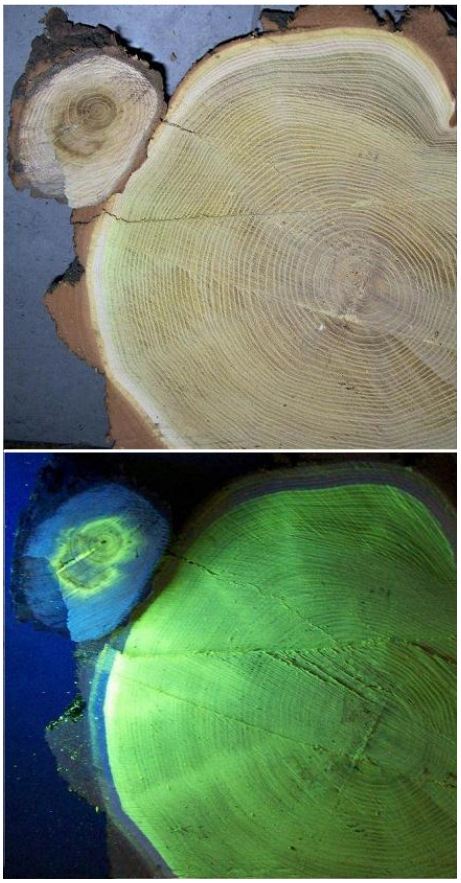
Die Robinie liefert reichhaltigen Nektar und ist deshalb als Bienentrachtpflanze für die Imkerei interessant

Zur Eignung als Grubenholz wurden in auch in Deutschland zahlreiche Untersuchungen durchgeführt. Bereits im Jahre 1900 berichtete die Bergwerksdirektion Saarbrücken über Erfahrungen mit Robinienholz, bei denen dieses noch nach zwei Jahren vollkommen gesund war, während Eichenholz in seinen äußeren Teilen bereits faulte.

Berichte aus Ungarn, dass eingebautes Robinienholz dermaßen unangenehm roch, dass die Arbeit in dessen Nähe nicht möglich war, beruhten vermutlich auf dem aus Glykosiden (siehe Giftigkeit) unter anderem freigesetzten Cumarin. Besonders frisches Wurzelholz der Robinie hat einen unangenehmen Geruch, den es lange Zeit beibehält.

Robinienholz kann eine gewisse „Warnfähigkeit“ aufweisen. Hierunter wird die Eigenschaft des Holzes verstanden, vor dem Bruch zu splittern und dabei vernehmbare Warngeräusche an die Umgebung abzugeben, welche eine rechtzeitige Reaktion der Bergleute ermöglicht. Diese Eigenschaft ist allerdings bei den langfaserig brechenden Nadelhölzern besser ausgeprägt. Dafür biegen sich Robinienbalken vor dem Bruch stark durch, wodurch ein zusätzliches visuelles Warnvermögen gegeben ist.

Als Nachteile für das Robinienholz wird dessen schwere Verarbeitung gesehen. Stempel aus Robinie sind schwerer als solche aus anderen Holzarten. Außerdem sind sie schwerer zu bearbeiten und zu nageln.[1]



Robinienholz (oben unter normaler Beleuchtung) fluoresziert im Inneren bei Ultraviolett-Bestrahlung (unten), vermutlich aufgrund der dort durch Zersetzung von Glycosiden freigewordenen Cumarine

Bienenweide

Die Gewöhnliche Robinie zählt als bedeutende Frühsommertrachtpflanze zu den sogenannten Bienenweiden. Sie liefert sehr reichhaltig Nektar, dessen Zuckergehalt zwischen 34 und 59 % liegt. Robinien werden deswegen gelegentlich von Imkern gezielt angepflanzt. Der Honig hat eine helle Farbe und bleibt aufgrund seines hohen Anteils an Fructose sehr lange flüssig. Er wird unter der Bezeichnung „Akazienhonig“ verkauft.

Zu den Ländern, in denen sie neben der forstwirtschaftlichen Nutzung sehr intensiv als Imkerpflanze genutzt wird, zählen Frankreich und Ungarn. Auch in Brandenburg stellt die Robinie in guten Jahren bis zu 60 Prozent der Honigernte.

Verwendung als Zierpflanze

Nach wie vor finden Robinien als Zierpflanzen Verwendung. Aus diesem Grund sind mittlerweile eine Reihe von Zuchtsorten entstanden. Als Allee- und Stadtbaum wird die Gewöhnliche Robinie häufig verwendet. Sie verträgt das trockene Stadtklima sehr gut und ist unempfindlich gegen Rauch, Staub und Ruß.

Giftigkeit

Sowohl die Samen als auch die Borke der Gewöhnlichen Robinie enthalten die toxischen Proteine Robin und Phasin (Toxalbumine), das Indoxyglykosid Indikan, das Glykosid Robinin sowie das Flavonglykosid Akacain. In der Borke sind die Inhaltsstoffe stärker konzentriert. Vergiftungen treten in der Regel jedoch weniger häufig durch das Kauen von Borke als durch den Verzehr von Samen auf. Besonders Kinder sind hierdurch gefährdet.

Kommen zum Beispiel durch Zerstörung oder Verwesung der Pflanzenzelle das Glykosid und die zugehörigen Glykosidasen zusammen, wird das Glykosid hydrolytisch gespalten, der Giftstoff wird freigesetzt und kann seine Wirkung entfalten. In alterndem Holz und auch im Inneren des Stammes entstehen dadurch Cumarine, die eine auf Gerinnungshemmung beruhende Giftwirkung haben, für den teilweise unangenehm empfundenen Geruch verantwortlich sind und fluoreszieren.

Vergiftungserscheinungen gehen mit Bauchschmerzen, Übelkeit und Brechreiz einher. Die Gewöhnliche Robinie ist auch für Pferde, Hunde, Nager, Katzen, Vögel und andere Haustiere giftig.

In geringem Umfang enthalten auch die Blütenöle das giftige Piperonal.

Ökologische Bedeutung und Gefährdungspotential in Europa

Bestandteil der Kulturlandschaft



Robinia pseudoacacia 'Frisia'

Aufgrund ihrer Eigenschaften als streusalz- und emissionsresistente Baumart ist die Robinie ein wertvoller Baum, der häufig besser als einheimische Arten für eine Begrünung von schwierigen urbanindustriellen Standorten geeignet ist. Der Invasionsbiologe Ingo Kowarik hat sich auch aus einem kulturhistorischen Aspekt für die weitere Anpflanzung von Robinien ausgesprochen:

> *In verschiedenen Gegenden ist die Robinie seit dem 18. Jahrhundert ein prägendes Element historischer Kulturlandschaften geworden. In Brandenburg verweist sie u. a. auf die traditionelle Pflanzenverwendung in historischen Gärten, auf frühe Landschaftsverschönerungen und auf Anpflanzungen als Bienengehölz, zum Erosionsschutz und als Flurgehölz oder Forstbaum… In vielen Dörfern und Städten ist sie ein traditioneller Zier- und Straßenbaum.* (Kowarik, S. 165)

Auch die unmittelbar nach der Zerstörung Berlins entstandenen Robinienwälder haben neben ihrer ökologischen Bedeutung als Wildnisgebiete in der Stadt und Lebensräume für zahlreiche Arten einen historischen Zeugniswert, denn sie erinnern an die Ursachen ihrer Entstehung und sind damit erhaltenswert.

Problematik: invasive Pflanze

Obwohl die Robinie eine gern angebaute Baumart in der Forstwirtschaft ist und eine Alternative zu importiertem Tropenholz darstellt, wird sie von Naturschützern gelegentlich als problematischer Neophyt betrachtet, der die Biodiversität bestimmter Standorte bedrohen kann. Grund dafür ist ihre Fähigkeit zur symbiotischen Stickstoffbindung, die einen Düngeeffekt hat und an bestimmten Standorten eine Veränderung der Artenzusammensetzung zur Folge haben kann. Dadurch sind vor allem seltene Biotoptypen wie Magerrasen, Kalkmagerrasen und Sandtrockenrasen bedroht. Die Robinie kann an Trockenhängen aber auch in naturnahe mitteleuropäische Waldbestände eindringen. In Ungarn gefährdet sie beispielsweise im Kiskunság-Nationalpark die für dieses Gebiet charakteristischen Trockenrasen, und in Österreich sind 30 % der bedeutenden Trockenrasenbestände durch diese Baumart bedroht. Zu den deutschen Beispielen zählen unter anderem das Naturschutzgebiet Mainzer Sand, die Sandhausener Dünen, der Spitzberg bei Tübingen, das Mansfelder Hügelland und der Badberg im Kaiserstuhl.



Robinia pseudoacacia 'Umbraculifera'

Untersuchungen, die der Invasionsbiologe Ingo Kowarik zitiert, zeigen, dass ein Robinienbewuchs auf solchen Standorten sehr schnell die Artenvielfalt deutlich reduziert und dass sich das Artenspektrum hin zu ungefährdeten und weit verbreiteten Arten verschiebt. Dies geht einher mit einer starken Veränderung der Spinnen- und Laufkäferfauna. Auch einheimische Pionierpflanzen wie Schlehe und Sandbirke bedrohen solche Standorte, bei ihnen verläuft der Übergang zum Wald jedoch wesentlich langsamer. Bei Robinien erfolgt die Ausdehnung und Verdichtung der Bestände vor allem wegen des vegetativen Wachstums über Wurzelsprossen dagegen sehr schnell, und unter älteren Robinien bildet sich meist eine dichte Strauchschicht, die überwiegend aus Schwarzem Holunder besteht. Robinienbestände gleichen von ihren Lichtbedingungen daher geschlossenen Buchenwäldern. Allerdings können ältere Robinienbestände durchaus artenreich sein, wie Untersuchungen in Berlin gezeigt haben.

In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet sorgen Insektenschäden sowie das Aufwachsen von Schattholzarten dafür, dass die Robinie nach etwa 20 bis 30 Jahren als dominante Baumart abgelöst wird und sich allmählich eine stärker gemischte Waldstruktur einstellt. In den Robinienbeständen Mitteleuropas kommt es dagegen nicht zu einer solchen Sukzession – die in den 1960er Jahren vermutete Umwandlung eines Robinienbestandes in einen Ahornwald hat sich bislang nicht bestätigt. Sowohl die mittlerweile 60 bis 70 Jahre alten Bestände am Kaiserstuhl als auch die etwas jüngeren Berliner Robinienwälder lassen darauf schließen, dass Robinienbestände bei uns wesentlich dauerhafter sind als in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet. Die Robinie ist hier daher als „invasiver“ Neophyt zu werten.

In Mitteleuropa ist der invasive Charakter auf wärmebegünstigte und/oder trockene sowie nährstoffarme Standorte daher sehr begrenzt. Die hiesigen Ahorn-Arten bevorzugen dagegen nährstoffreiche, frische Standorte ohne Staunässe.

Der Mensch als Ursache für die Ausbreitung der Robinie

Die Robinienbestände, von denen aus seltene Biotoptypen bedroht werden, lassen sich überwiegend unmittelbar auf Anpflanzungen zurückführen. Während beispielsweise der Riesen-Bärenklau aufgrund der Schwimmausbreitung seiner Diasporen sehr schnell neue Gebiete entlang von Fließgewässern erreicht, muss bei der Gewöhnlichen Robinie erst der Mensch für die Besiedelung eines Gebietes durch Anpflanzung eines Samenbaums sorgen. Auch die starke Vermehrung in Stadtgebieten nach dem Zweiten Weltkrieg war nur möglich, weil dort zuvor Robinien als Ziergehölze bereits gepflanzt waren.

Gefährdete Biotoptypen sind daher am besten dadurch zu schützen, dass § 41 des Bundesnaturschutzgesetzes stringent angewandt wird und in der Nähe von solchen Biotopen auf die Anpflanzung von Robinien verzichtet wird.

Bekämpfung von Robinien im Rahmen des Naturschutzes

Die Beseitigung von etablierten Robinienbeständen ist sehr aufwändig und muss sich auf die Standorte begrenzen, an denen dies aus Gründen des Naturschutzes vordringlich ist. Selbst nach einer erfolgreichen Beseitigung von Robinien hat aufgrund der erfolgten Stickstoffanreicherung des Bodens eine Biotopveränderung stattgefunden, so dass beispielsweise die ursprüngliche Magerrasen-Vegetation nicht wieder entstehen kann.

Sinnvoll und wirkungsvoll sind Bekämpfungsmaßnahmen dort, wo Robinienbestände in der Nähe von durch sie gefährdeten Biotoptypen stehen und wo die Gefahr droht, dass sie diese ohne weitere Eingriffe überwachsen. Schwierig ist die Bekämpfung, weil die Robinie sowohl aus dem Stock wieder ausschlagen kann als auch Wurzelausläufer bildet. Wie die Erfahrungen in einzelnen Naturschutzgebieten gezeigt haben, führt ein simples Fällen der Bäume dazu, dass sich lediglich dichtere Bestände bilden. In den USA wird zur Bekämpfung von Robinien häufig nach der Rodung das Herbizid Roundup eingesetzt. Schonender und ebenfalls erfolgreicher als das Fällen, aber aufwändiger ist eine in Berliner Naturschutzgebieten eingesetzte Vorgehensweise, die forstlich als Ringeln bezeichnet wird. Dabei wird an ausgewachsenen Bäumen während des Sommers in einem breiten Band die Rinde mit Ausnahme eines schmalen Steges entfernt. Anders als sonst reagieren die Bäume auf diese Beschädigung nicht mit der Ausbildung von Wurzelsprossen. Der verbleibende Steg wird im nächsten Frühjahr entfernt. Zwei Jahre nach der Ringelung kann man den Baum fällen, vorher schlägt er wie beim einfachen Fällen wieder aus.

Schädlinge und Krankheiten

Die Robinien-Miniermotte – ein Neozoon in Folge eines Neophyten



Larve der Robinien-Miniermotte in geöffneter Platzmine auf einem Robinienblatt

Mittlerweile hat sich in Europa die Robinien-Miniermotte als ein auf die Gewöhnliche Robinie spezialisiertes Insekt als Neozoon etabliert. Die Raupen der Robinien-Miniermotte nutzen ausschließlich die Blätter dieses Baumes als Fraßpflanze. 1983 wurde dieses eigentlich in Nordamerika heimische Insekt das erste Mal in der Nähe von Basel entdeckt. Von dort aus hat es sich sehr rasch im übrigen Europa verbreitet. 1988 wurden die ersten Funde in Deutschland, Frankreich und Italien gemeldet, seit den 1990er Jahren werden Funde auch in Ungarn, Tschechischer und Slowakischer Republik sowie Polen gemeldet. Diese Raupe hat kaum Fressfeinde in ihrem neuen Lebensraum, und ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Bis jetzt liegen noch keine detaillierten Erkenntnisse vor, wie stark sie die Bäume zu schädigen vermag.

Literatur

- Eugen Vadas: *Die Monographie der Robinie. Mit besonderer Rücksicht auf ihre forstwirtschaftliche Bedeutung.* Joerges, Selmecbanya 1914.
- Kurt Göhre (Hrsg.): *Die Robinie und ihr Holz*. Deutscher Bauernverlag, Berlin 1952.
- Ulrich Hecker: *BLV-Handbuch Bäume und Sträucher*. BLV, München 1995, ISBN 3-405-14738-7.
- Ingo Kowarik: *Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.* Ulmer, Stuttgart 2003, ISBN 3-8001-3924-3.
- Angelika Lüttig, Juliane Kasten: *Hagebutte & Co. Blüten, Früchte und Ausbreitung europäischer Pflanzen.* Fauna, Nottuln 2003, ISBN 3-935980-90-6.
- Mario Ludwig, Harald Gebhard, Herbert W. Ludwig, Susanne Schmidt-Fischer: *Neue Tiere & Pflanzen in der heimischen Natur. Einwandernde Arten erkennen und bestimmen.* BLV, München 2000, ISBN 3-405-15776-5.

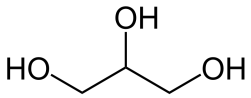
Weblinks

- Steckbrief im Internethandbuch NeoFlora [2]
- Zur Giftigkeit des Silberregens (*Robinia pseudoacacia*) [3]
- Martin Wolfangel: *Invasive gebietsfremde Pflanzen – eine Gefahr für die biologische Vielfalt* [4]
- Reich bebilderte Kurzbeschreibung bei garten.cz [5]

Referenzen

[1] Kurt Göhre: *Die Robinie und ihr Holz*. Seiten 265–266.
[2] http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/robiniapseudoacacia.html
[3] http://www.giftpflanzen.com/robinia_pseudoacacia.html
[4] http://mitglied.lycos.de/martin_wolfangel/
[5] http://www.garten.cz/e/de/700-gewohnliche-robinie-robinia-pseudoacacia

Glycerin

Strukturformel	
	
Allgemeines	
Name	Glycerin
Andere Namen	• Glycerol • 1,2,3-Propantriol • Propantriol
Summenformel	$C_3H_8O_3$
CAS-Nummer	56-81-5
ATC-Code	• A06 AG04 [1] • A06 AX01 [2]
Kurzbeschreibung	farblose, klare, schwerbewegliche, geruchlose, süß schmeckende, hygroskopische Flüssigkeit[3]
Eigenschaften	
Molare Masse	92,10 $g \cdot mol^{-1}$
Aggregatzustand	flüssig
Dichte	1,26 $g \cdot cm^{-3}$ (20 °C)[4]
Schmelzpunkt	18 °C[4]
Siedepunkt	290 °C (unter Zersetzung)[4]
Dampfdruck	< 0,1 Pa (20 °C)[4]
Löslichkeit	• mischbar mit Wasser und Ethanol[3] • gering in Diethylether • unlöslich in Benzin, Benzol, Petrolether und Chloroform[3]
Sicherheitshinweise	

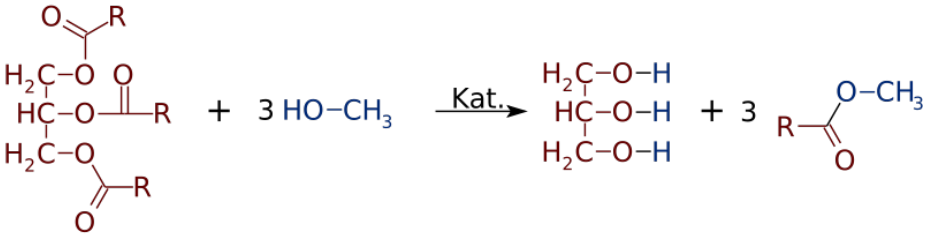
Gefahrstoffkennzeichnung [4] *keine Gefahrensymbole* R- und S-Sätze	R: *keine R-Sätze* S: *keine S-Sätze* **Bitte beachten Sie die eingeschränkte Gültigkeit der Gefahrstoffkennzeichnung bei Arzneimitteln**
MAK	50 mg·m^{-3}[4]
LD_{50}	4090 mg·kg^{-1} (Maus, oral) [5]
Soweit möglich und gebräuchlich, werden SI-Einheiten verwendet. Wenn nicht anders vermerkt, gelten die angegebenen Daten bei Standardbedingungen.	

Glycerin (von gr. *glykerós* = *süß* [6] , nach IUPAC **Glycerol**, auch **Glyzerin**) ist der Trivialname und die gebräuchliche Bezeichnung von **Propantriol** bzw. **Propan-1,2,3-triol**. Als Lebensmittelzusatzstoff trägt es das Kürzel **E 422**. Glycerin ist der einfachste dreiwertige Alkohol. Der Name *Glycerol* wurde eingeführt, da er die korrekte Endung *-ol* für einen Alkohol besitzt (die Endung *-in* steht für Alkine oder Amine).

Gewinnung und Darstellung

Die Herstellung kann petrochemisch aus Propen mit den Zwischenprodukten Allylchlorid und Epichlorhydrin oder chemisch als Nebenprodukt bei der Verseifung von natürlichen Fetten und Ölen zur Gewinnung von Seifen (= Alkalisalze der Fettsäuren) geschehen. Früher wurden dazu vor allem tierische Fette eingesetzt.

Inzwischen werden große Mengen Glycerin als Nebenprodukt der Biodieselherstellung erzeugt. Dies geschieht durch eine Umesterung von meist pflanzlichen Ölen mit Methanol. Ein Fettmolekül (Triacylglycerid) wird mit drei Methanolmolekülen zu Glycerin und drei Fettsäuremethylestern (FAME) umgesetzt. Das *R* steht für einen Fettsäurerest mit - je nach Herkunft - unterschiedlicher Kettenlänge:



Auch eine biotechnologische Herstellung durch Fermentation ist möglich. Hefen können durch Sulfitzusatz die Gärung von Ethanolbildung auf Glycerinbildung umstellen. Als Substrat wurde oftmals Melasse verwendet, da diese neben einem hohen Anteil an Zucker auch viel Sulfit enthält. Diese Form der Gärung wurde 1918 von Neuberg als 2. Neuberg'sche Gärungsform bezeichnet.[7]

Glycerin wird in unterschiedlichen Reinheiten angeboten. Für industrielle Zwecke wird es als Rohglycerin und für pharmazeutische Zwecke (*Pharmaglycerin*) wird es als 99,8 %ige, 99,5 %ige und etwa 86 %ige Qualität angeboten. Die Aufbereitung erfolgt durch mehrstufige Destillation, Desodorierung und Filtration.[8] Letztere ist wegen ihres niedrigeren Schmelzpunkts (ca. −10 °C) und der niedrigeren Viskosität (ca. 100 mPas) technisch erheblich einfacher zu handhaben.

Eigenschaften

Glycerin ist bei Raumtemperatur eine farb- und geruchlose, viskose und hygroskopische Flüssigkeit, die süßlich schmeckt.

Glycerin hat eine Viskosität von 1760 mPa·s (20 °C) und einen Brechungsindex n_D^{20} von 1,4735 (lit.). Die Bildungsenthalpie von Glycerin beträgt $\Delta H_f^0 = -669$ kJ/mol.

Reaktionen beim Erhitzen

Glycerin bildet unter Hitzeeinwirkung weißen Rauch. Beim Erhitzen unter Sauerstoffmangel zersetzt es sich zu dem in Wasser gut (267 g/l) löslichen sowie giftigen ungesättigten Aldehyd Propenal, das auch Acrylaldehyd oder Acrolein genannt wird.

Verwendung

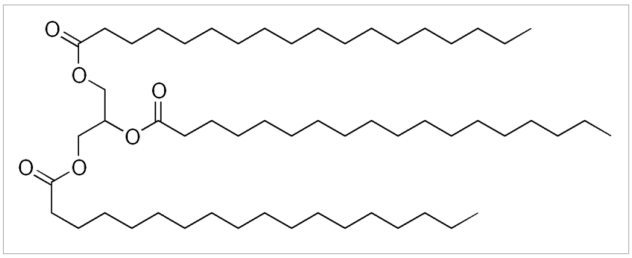
Glycerin ist eine sehr vielseitig verwendbare Substanz. Unter anderem ist der Stoff wegen seiner wasserbindenden Eigenschaften in Kosmetikartikeln als Feuchtigkeitsspender enthalten. Auch als Lebensmittelzusatzstoff findet Glycerin Anwendung als Feuchthaltemittel, etwa bei Datteln oder Kaugummi. Hier trägt das Triol die Bezeichnung *E 422*. Shisha-Tabak wird oft nachträglich Glycerin beigegeben, um ihn feucht zu halten oder um ihm die ursprüngliche Feuchtigkeit zurückzugeben. Dabei entsteht mehr und dichterer Rauch. Dieser Effekt wird auch ausgenutzt, wenn Glycerin zur Erhöhung der Standzeit des Nebels Nebelfluiden beigesetzt wird.

Glycerin kann auch als Frostschutzmittel, Schmierstoff, Weichmacher und Süßungsmittel verwendet werden. Bei der Herstellung von Kunststoffen, Microchips, Farbstoffen sowie Zahnpasta wird die Substanz als Edukt benötigt.[8] Bei der Reaktion mit konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure entsteht Glyceroltrinitrat, ein gefährlicher, als *Nitroglyzerin* bekannter Explosivstoff, der zu dem Sprengstoff Dynamit weiterverarbeitet werden kann.

Glycerin wird in der Medizin in Form von Tabletten oder Infusionen als Medikament zur Behandlung des Hirnödems eingesetzt. In Form glycerinhaltiger Zäpfchen dient es als osmotisches Laxans im Enddarm; zusätzlich weicht es den Stuhl als Flüssigkeit selber auf. Es gibt Forschungen, die auf die Verwendung von Glycerin als "Frostschutzmittel" im menschlichen Körper hinzielen; dies könnte zur Hibernation während schwieriger medizinischer Operationen verwendet werden, um Hirn- und Organschäden zu vermeiden. Inspiration für diese Forschungen ist der kanadische graue Laubfrosch *Hyla versicolor*, der diese Methode zur Überwinterung nutzt.

Aufgrund der zeitweise deutlich gesunkenen Preise werden neue Anwendungsgebiete für Glycerin gesucht. Neben der Verbrennung zur Energieerzeugung sind dabei insbesondere die Nutzung als zusätzliches Nährmedium (Cosubstrat) in Biogasanlagen zur Erzeugung von Biogas sowie die Nutzung als Fermentationssubstrat in der Industriellen Biotechnologie vielversprechende Alternativen. Bei hohen Futtermittelpreisen findet Glycerin auch als Futtermittel für Wiederkäuer, Schweine und Hühner immer mehr Interesse.[8] Weiterhin wird erforscht, Glycerin mit Isobuten zu Glycerin-tert-Butylether (GTBE; analog zu MTBE und ETBE) umzusetzen und als Kraftstoffzusatz zu verwenden.[9] Glycerin lässt sich aber auch in einem neuen Verfahren unter Einwirkung von Ameisensäure zu einem wertvollen, chemischen Grundbaustein - nämlich Allylalkohol - umsetzen.[10]

Biologische Bedeutung



Die meisten tierischen und pflanzlichen Fette und Öle sind Triacylglyceride (Triglyceride). Sie bestehen aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin, der über die Hydroxylgruppen (-OH) dreifach mit Fettsäuren verestert ist. Sie dienen als Energiespeicher, z. B. im Fettgewebe oder in Samen von Ölpflanzen, wie z. B. Raps, Soja und Sonnenblume. Ähnlich aufgebaut sind Phosphoglyceride. Statt der dritten Fettsäure ist jedoch eine Phosphatgruppe verestert und an diese ein weiterer Rest, wie z. B. Cholin (in Lecithin). Dadurch erhält das Molekül einen polaren und einen apolaren Bereich, was die Bildung einer Membran (Zellmembran) ermöglicht.

Nahezu alle natürlich vorkommenden Glycerinderivate weisen die sn-Konfiguration auf, welche die räumliche Anordnung der Substituenten am mittleren Kohlenstoffatom des Glycerins festlegt.[11]

Referenzen

[1] http://www.whocc.no/atc_ddd_index/?code=A06AG04

[2] http://www.whocc.no/atc_ddd_index/?code=A06AX01

[3] Thieme Chemistry (Hrsg.): *RÖMPP Online - Version 3.5*. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart 2009.

[4] Eintrag zu *CAS-Nr. 56-81-5* (http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?q=[F+casnr:56-81-5]&f=hitlist&t=main-hit-h.htm&tf=doc&tt=document-frame.htm&x=Advanced&c=redirect&s=Contents&h1=Title[,100]) in der GESTIS-Stoffdatenbank des IFA, abgerufen am 29. September 2006 (JavaScript erforderlich)

[5] *Glycerin* (http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/direct.jsp?regno=56-81-5) bei ChemIDplus

[6] http://www.brockhaus.de/wissen/glycerin

[7] Hans G. Schlegel: *Allgemeine Mikrobiologie*, Herausgeber: Georg Fuchs, Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 8. völlig überarbeitete u. erweiterte Auflage erschienen im September 2006, ISBN 3-13-444608-1

[8] *Was ist Glycerin* (http://www.deutsche-melasse.de/Glyzerin.125.0.html), Informationsseite der Deutschen Melasse Handelsgesellschaft (DMH), abgerufen am 12. Januar 2010

[9] Entwicklung von GTBE aus Glycerin; Bericht im Innovationsreport (http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/bericht-40363.html)

[10] Neue Methode erlaubt Herstellung von chemisch interessanten Grundbausteinen aus Glyzerin und Erythritol (http://www.organische-chemie.ch/chemie/2009mai/alkene.shtm)

[11] Gregor Cevc: *Phospholipids Handbook*. CRC Press, 1993, ISBN 9780824790509, S. 2

Gras

Als **Gras** werden einkeimblättrige, krautige Pflanzen mit unscheinbaren Blüten und langen, schmalen Blättern bezeichnet; botanisch gehören sie zur Ordnung der Süßgrasartigen. Gras ist Lebensgrundlage vieler Tiere, insbesondere der Wiederkäuer und Einhufer. Gräser traten zum ersten Mal in der Kreidezeit auf, woraufhin sich das Denudationsverhalten terrestrischer Milieus stark änderte. Eine geschlossene Pflanzendecke auf dem Boden verringert die Denudation in hohem Maße, der Boden wird weniger abgetragen, es gelangen aber auch weniger Nährstoffe in die Gewässer.



Gras aus Käferperspektive

Wortherkunft

Das deutsche Wort Gras geht wohl auf eine sehr alte indogermanische Silbe *ghr zurück, deren Bedeutung „wachsen“ sich heute noch im englischen „to grow“ wiederfindet. Vergleiche auch lateinisch gramen und altgriechisch grástis (Futterkraut) sowie die Bezeichnung der Farbe *grün*, die wohl auch darauf zurückzuführen ist.[1] [2]



Graslandschaft

Biologie

Botanisch gehören alle im Deutschen als Gras bezeichneten Pflanzen (mit Ausnahme der Seegrasgewächse) zur Ordnung der *Süßgrasartigen* (Poales), und zwar zu folgenden Familien:

- den Süßgräsern (Poaceae), einer in vielen Arten und Gattungen auf der ganzen Welt verbreiteten Familie von einkeimblättrigen Pflanzen mit einem durch Knoten gegliederten Halm, langen, schmalen und besonderen als Ähren oder Rispen ausgebildeten Blütenständen mit unscheinbaren Blüten. Auch die Bambus-Arten, die zu dieser Familie gehören, werden als Gräser bezeichnet, obwohl sie eine andere Wuchsform haben.
- auch die Sauergräser werden oft einfach Gräser genannt. Ihre Halme sind nicht durch Knoten gegliedert. Als Sauergräser bezeichnet man Pflanzenarten aus zwei Familien:
  - Riedgräser (Cyperaceae)
  - Binsengewächse (Juncaceae), z. B. die Hainsimsen.
- auf der Südhalbkugel ferner die Restionaceae.
- die Gesamtheit von Gräsern als Pflanzendecke, Wiese und Rasen.



Grashalme



Tau auf Gras

Nutzung



Graspflanze mit Wurzeln

Gras in Form von Acker- oder Wiesengras findet vor allem Verwendung als Tierfutter und Tiereinstreu (Heu). Zudem wird Grassilage als Substrat bei der Produktion von Biogas verwendet.

Die stoffliche Verwendung von Gras ist dagegen selten; so stellt etwa die Biowert Industrie GmbH international als einzige Firma aus Wiesengras spritzgussgeeignete Kunststoff-Komposite ähnlich den Naturfaserverstärkten Kunststoffen her. Die Granulate bestehen zu etwa 40 bis 45 % aus grasbasierter Cellulosefaser und 55 bis 60 % aus Polypropylen bzw. Polyethylen und besitzen eine sehr hohe Fließfähigkeit. Die Verstärkungsfaser weist nur relativ niedrigen Steifigkeit und Festigkeit auf, besitzt allerdings auch eine geringe Dichte. Dadurch hat ihr Einsatz vor allem den Vorteil eine Gewichtsersparnis gegenüber einen Formteil, das zu 100 % aus Kunststoff besteht. Außerdem ergibt sich durch die Beimischung der Grasfasern ein Einsparpotential bezüglich der Menge der eingesetzten erdölbasierten Polymere[3] .

Traditionell ist die Verwendung als Material zur Dachabdeckung, die teilweise als Dachbegrünung geschieht.



Mit Gras gedecktes Haus in Island

„Gras“ als Metapher

Einige Redensarten benutzen das „Gras“ als Metapher:

- *Dem Gras beim wachsen zusehen* für z. B. „Langeweile“
- *Ins Gras beißen* für „sterben“
- *Bis Gras darüber gewachsen ist* für „bis es längst vergessen ist“
- *Da wächst kein Gras mehr* für „da ist alles komplett zerstört“
- *Das Gras wachsen hören* können Menschen, die an den kleinsten oder auch an bloß eingebildeten Anzeichen zu erkennen glauben, wie die Lage sich entwickeln wird. Die Redewendung geht auf die Dichtung der Edda zurück, wo es in der Übersetzung von einem der zwölf Wächter der Götter heißt, dass er eine ungewöhnlich starke Sinnesschärfe habe und *das Gras in der Erde und die Wolle auf den Schafen wachsen höre*.

Gras in der Kunst

Gras hat auch in der bildenden Kunst eine Bedeutung erlangt. So hat der Künstler Hermann Bigelmayr das Kunstwerk "Drei sich aufrichtende Halme" im Rahmen der Bundesgartenschau 2005 in München bei Schloss Blutenburg aufgestellt [4] .

Film

- *Planet Erde. (7): Graswelten.* (OT: *Great Plains*). Dokumentation, Großbritannien, 2006, 43 Min., Regie: Alastair Fothergill, Jonny Keeling, Produktion: BBC, Discovery Channel, Inhaltsangabe [5] von arte

Siehe auch

- Grünland

Referenzen

[1] *Kluges Etymologisches Wörterbuch der Deutschen Sprache*. 24. Auflage
[2] ghr- *The American Heritage Dictionary of the English Language: Fourth Edition*. 2000 (http://www.bartleby.com/61/roots/IE168.html)
[3] *Produktkatalog Naturfaser-Spritzguss*. nova-Institut, 2007, S. 18-23, ISBN 978-3-9805840-9-8
[4] *Kunstwerk "Drei sich aufrichtende Halme"* (http://www.hermannbigelmayr.de/Aussenraum/2005/Halme-Blutenburg/2005-Blutenburg.html)
[5] http://www.arte.tv/de/Planet-Erde/Planet-Erde-/2069448.html

Grassilage

Grassilage ist eine Silage aus Wiesen- oder Ackergras. Sie dient als Grundfuttermittel vor allem für Wiederkäuer sowie als Gärsubstrat in Biogasanlagen (Energiegras).



Grassilagebereitung: Angewelktes Gras wird zu Rundballen gepresst und mit Folie umwickelt.

Verwendete Pflanzenarten

Zur Erzeugung von Grassilage wird zum einen der Aufwuchs intensiv bewirtschafteter Wiesen genutzt, zum anderen wird der Schnitt eigens zu diesem Zweck kultivierten Ackergrases verwendet. Wird das Futtermittel aus dem Aufwuchs von Wiesen erzeugt, so enthält es naturgemäß Biomasse aller auf den beernteten Flächen gewachsener Pflanzen. In der Regel sind dies neben Süßgräsern auch Kräuter und Leguminosen. Bei Verwendung von Ackergras hängt die Artenzusammensetzung im Wesentlichen von der Ansaatmischung ab. Üblich sind sowohl die Kultur einzelner Arten wie z.B. das Deutsche Weidelgras, als auch die Nutzung von Artenmischungen wie das Landsberger Gemenge oder, vor allem im Ökologischen Landbau, Klee-Gras-Gemische (Kleegras).

Gewinnung und Konservierung

Das Gras wird in der Regel bereits vor der Blüte und damit etwas früher als bei der Heuwerbung gemäht und zum Anwelken auf der beernteten Fläche abgelegt. Bei Erreichen von rund 35 bis 40 Prozent Trockenmasse wird das Erntegut mit Ladewagen oder mit dem Feldhäcksler aufgenommen und zum Silo transportiert, wo es aufgeschichtet und maschinell verdichtet wird. Die Masse wird zur Gärung luftdicht abgedeckt – in den üblichen Fahrsilos meist mit einer Kunststofffolie – und bis zur Verwendung aufbewahrt. Eine Alternative zur Silagekonservierung im festen Silo (meist Fahrsilo) ist das Silieren in Silageballen. Dabei wird das Erntegut auf dem Feld mit Ballenpressen zu Rundballen oder Quaderballen verdichtet, die luftdicht mit Folie umwickelt werden.

Nutzung

Vergleich von Biogasrohstoffen

Material	Biogasertrag[1] (FM = Frischmasse)	Methangehalt[1]
Maissilage	202 m³/t FM	52 %
Grassilage	172 m³/t FM	54 %
Roggen-GPS	163 m³/t FM	52 %
Futterrübe	111 m³/t FM	51 %
Bioabfall	100 m³/t FM	61 %
Hühnermist	80 m³/t FM	60%
Zuckerrübenschnitzel	67 m³/t FM	72 %
Schweinemist	60 m³/t FM	60 %
Rindermist	45 m³/t FM	60 %
Getreideschlempe	40 m³/t FM	61 %
Schweinegülle	28 m³/t FM	65 %
Rindergülle	25 m³/t FM	60 %

Grassilage dient als Grundfutter (Gärfutter) vor allem in der Rinderhaltung. Dort stellt es eine Alternative dar zu anderen Silagearten wie Maissilage sowie zu Grünfutter und Heu. Als Gärsubstrat nutzen Grassilage mehr als ein Drittel der Biogasanlagen in Deutschland[2] , jedoch meist nur zu geringen Anteilen: An der Masse der eingesetzten Nachwachsenden Rohstoffe beträgt der Grassilageanteil lediglich 9 Prozent[3] . Der Einsatz der langfaserigen Grassilage als Gärsubstrat verlangt eine geeignete Anlagentechnik. Bei hohen Anteilen Grassilage hat sich die Trockenfermentation bewährt.

Weblinks

- Ueli Wyss: Die Silierregeln für Grassilage. [4] (pdf, Eidgen. Forschungsanstalt für Nutztiere; 147 kB)

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Biogas Basisdaten Deutschland Stand: Januar 2008.*

[2] P. Weiland: Technische Anforderungen an die Vergärung von Energiepflanzen. (http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/dechema2006/Praesentationen/Weiland.pdf) (pdf) Präsentation auf der DECHEMA-Fachtagung Bioenergie, Güstrow, 8.-9.3.2009.

[3] Institut für Energetik und Umwelt, 2008: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht im Auftrag des BMU, S. 54.

[4] http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/pub_WyssU_2001_10102.pdf

Grobspanplatte

Grobspanplatten, auch **OSB-Platten** (für englisch: oriented strand (bzw. structural) board – Platte aus ausgerichteten Spänen) sind Mehrschichtplatten, die aus langen, schlanken Spänen (strands) hergestellt werden. Sie war ursprünglich ein Restprodukt der Furnier- und Sperrholzindustrie in den USA, das preisliche Vorteile aufwies.



OSB-Produktion, unmittelbar vor der Presse

Herstellung

OSB-Platten werden in industriellen Anlagen wie folgt hergestellt.

- Spanaufbereitung: Aus dem entrindeten Rundholz werden in Längsrichtung durch rotierende Messer die Strands herausgeschnitten.
- Trocknung: Die natürliche Feuchtigkeit der Späne wird bei hohen Temperaturen reduziert. Dies ist notwendig, um die Späne danach mit ausreichend Klebstoff benetzen zu können. Außerdem darf während des Pressvorgangs nicht zu viel Feuchtigkeit in den Spänen vorhanden sein, da sonst der entstehende Dampfdruck die Rohplatte zum Platzen bringen könnte.
- Beleimung: Der Klebstoff wird in einer Beleimmaschine fein verteilt auf die Späne aufgebracht.



Stahlskelettbau verkleidet mit OSB-Platten

- Streuung: Die etwa 100–200 mm langen, 10–50 mm breiten und 0,6–1,5 mm dicken Späne werden im Wurfverfahren längs und quer orientiert so gestreut, dass sie kreuzweise in drei Schichten angeordnet werden.
- Presse: Unter hohem Druck und Temperatur (Pressentemperatur 200 °C bis 250 °C) werden die Strands größtenteils auf kontinuierlichen Pressen hergestellt.

Zur Verklebung werden PF-Klebstoffe (USA), MUPF-Klebstoffe (Melamin-Harnstoff-Phenol-Formaldehyd) und PMDI-Klebstoffe verwendet, wobei vor allem aus qualitativen Gründen der Anteil an PMDI überwiegt. Sehr häufig wird in der Mittelschicht PMDI eingesetzt und in den Deckschichten MUF- bzw. MUPF-Klebstoffe.

Eigenschaften

Die Biegefestigkeit ist durch die langen und schlanken Späne höher als bei normalen Flachpressplatten (Spanplatte). Aufgrund des hohen Kleberanteils weist die OSB-Platte einen hohen Dampfdiffusionswiderstand auf. Die Spänestruktur verleiht der OSB-Platte ihr charakteristisches Aussehen, was sie nicht nur für die „unsichtbare“ Verwendung, sondern auch für dekorative Anwendungsgebiete nutzbar macht. Zu beachten ist diesbezüglich die Auswirkung der Formaldehydausdünstung auf die Raumluftqualität. Die Rohdichte beträgt je nach Verwendungszweck der Platten etwa 600–700 kg/m³ und unterliegt produktionsbedingten Schwankungen.



OSB-Platte

Verwendung

OSB-Platten werden als Bauplatten beim Rohbau und im Innenausbau als Wand- oder Dachbeplankung eingesetzt. Im Fußbodenbereich dienen sie als Verlegeplatte (Nut- und Federprofil). Für die Montage über einer Fußbodenheizung sollten jedoch spezielle Platten verlegt werden, weil die Gefahr des Plattenverzuges durch einseitiges Austrocknen der Platten sehr hoch ist. Bei Sichtfußböden, im Dachausbau und als Fassade finden sie dekorativen Einsatz aufgrund ihrer markanten Optik, so auch im Möbelbau für Regale und Gestelle. Darüber hinaus werden sie für Verpackungen (Kisten) und als Schalung für Beton verwendet.

Wirtschaftliche Bedeutung

Grobspanplatten besitzen in Amerika eine große wirtschaftliche Bedeutung. 95% aller OSB-Platten werden in den USA hergestellt und vorwiegend im Hausbau verwendet. In Europa betrug 2008 die OSB-Plattenproduktion 3,3 Mio. m^3, davon in Deutschland rund 1 Mio. m^3 [1] .

Qualitäten

Die Norm EN 300 definiert entsprechend ihren mechanischen Eigenschaften und der relativen Feuchtebeständigkeit folgende Klassen:

- OSB/1: Platten für den Innenausbau (einschließlich Möbel) zur Verwendung im Trockenbereich.
- OSB/2: Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich.
- OSB/3: Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtebereich.
- OSB/4: Hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtebereich.

Eine weitere Möglichkeit, für OSB-Platten den Einsatz im Baubereich zu ermöglichen, ist die Überwachung im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des DIBt (Kurzform Z-9.1-XXX). Hierbei werden die technischen Anforderungen an die Platten in einem herstellerspezifischen Zulassungsdokument zusammengefasst, das Grundlage für die weitere Produktionsüberwachung ist.

Außerhalb den zugelassenen und normierten Plattentypen werden bauaufsichtlich nicht zugelassene OSB-Platten in den Handel gebracht und beispielsweise unter dem Begriff „Kompaktholz“ verkauft.

In der harmonisierten Norm (EN 13986) für OSB werden folgende zwei Formaldehyd-Klassen (Bestimmung entsprechend EN 120 „Perforatormethode“, ENV 717-1 „Flaschenmethode“ und EN 717-2 „Gas-Analyse Methode“) angeführt:

- Klasse E1 ≤ 8 mg/100 g
- Klasse E2 > 8 bis 30 mg/100 g

In Deutschland sind Holzwerkstoffe der Emissionsklasse E2 nicht zugelassen.

Literatur

- H.-J. Deppe K. Ernst: *Taschenbuch der Spanplattentechnik*, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen 2000, ISBN 3-87181-349-4
- Susanne Renz: *Holzwerkstoff OSB.* Die Bibliothek der Technik Bd. 307, Verlag Moderne Industrie, München 2007; ISBN 978-3-937889-68-9.
- Peter Niemz, André Wagenführ: *Werkstoffe aus Holz.* In: André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8.
- Manfred Dunky, Peter Niemz: *Holzwerkstoffe und Leime.* Springer Verlag, Heidelberg 2002. ISBN 3-540-42980-8.

Weblinks

- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V (deutsch) [2]
- European Panel Federation (englisch) [5]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [6]

Siehe auch

- Harte Faserplatte
- Holzwolle-Leichtbauplatte
- Mitteldichte Holzfaserplatte
- Mittelharte Holzfaserplatte
- Multiplex-Platte
- Spanplatte
- Tischlerplatte
- Weiche Holzfaserplatte

Referenzen

[1] Europäischer Holzwerkstoffverband (EPF) und Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Holz-Zentralblatt 2009-05-13 und 2009-05-14

[2] http://www.vhi.de/template/index.cfm/sLang/DE/sLang/DE/lastuuid/0/WAF/index.htm

Große Brennnessel

Große Brennnessel

Große Brennnessel (*Urtica dioica*)
Systematik
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Rosenartige (Rosales)
Familie: Brennnesselgewächse (Urticaceae)
Tribus: Urticeae
Gattung: Brennnesseln (*Urtica*)
Art: Große Brennnessel
Wissenschaftlicher Name
Urtica dioica
L.

Die **Große Brennnessel** (*Urtica dioica*) ist eine Art in der Familie der Brennnesselgewächse (Urticaceae).



Blühende *Urtica dioica*.

Beschreibung

Die Große Brennnessel ist eine ausdauernde, zweihäusige Pflanze, die Wuchshöhen von 30 bis 300 Zentimeter erreicht. Der aufrechte, unverzweigte oder verzweigte Stängel ist stark kantig und hat einen Durchmesser von 3 bis 5 Millimetern. Über ihr kräftiges Rhizom bildet sie Ausläufer und kann so zu großen Horsten heranwuchern. Neben den kieselsäurehaltigen Brennhaaren ist sie zusätzlich mit kurzen, grauen Borstenhaaren und am Stängel und den Blattstielen mit Flaumhaaren besetzt.

Die Blätter stehen gegenständig, die Blattstiele sind in der Regel weniger als ein Drittel so lang wie die herzförmige, zugespitzte Spreite. Diese ist matt, oberseits dunkelgrün und unterseits behaart, zwischen 6 und 20 Zentimeter lang und 2 bis 13 Zentimeter breit. Der Blattrand ist gesägt, selten doppelt gesägt.

Blütezeit ist von Juli bis Oktober. Die linealisch-pfriemlichen Nebenblätter sind frei, der Blütenstiel meist kürzer als der Blütenstand, eine Rispe. Die radiärsymmetrischen Blüten sind unscheinbar grünlich oder bräunlich. Die männlichen Blüten sind aufrechtstehend, das Perigon bis zur Mitte gespalten, der Zipfel am Ansatz am breitesten. Die weiblichen Blüten hängen oder sind zurückgebogen, die äußeren Blütenhüllblätter linealisch bis schmal spatelförmig oder lanzettlich und 0,8 bis 1,2 Millimeter lang, die inneren Blütenhüllblätter eiförmig bis breit eiförmig, 14 bis 1,8 Millimeter lang und 1,1 bis 1,3 Millimeter breit. Der Fruchtknoten ist oberständig.

Die Frucht ist eine eiförmige bis breit-eiförmige Nussfrucht, 1 bis 1,3 (selten bis 1,4) Millimeter lang und 0,7 bis 0,9 Millimeter breit. Die Samen haben eine TKM von 0,14 Gramm und sind frostkeimend [1] .

Die Chromosomengrundzahl beträgt n=13 [1] .



Brennhaare am Blattstängel einer *Urtica dioica*, die Köpfchen sind erahnbar.



Großer Horst

Vorkommen

Die Große Brennnessel ist überall auf der Nordhalbkugel abseits der Tropen und arktischer Regionen heimisch [2] .

Die Pflanze ist ein typischer Stickstoffzeiger und wurde durch die Eutrophierung und Entwässerung von Auwäldern und besonders im Saumbereich der Wälder oft übermäßig stark gefördert [3] .

Ökologie

Die Fruchtreife erfolgt von September bis Oktober, die Früchte werden sehr vielseitig als Ballon- oder Flügelflieger, als Schwimmer oder auch als Anhafter im Tierfell verbreitet [3] .

Die Große Brennnessel dient zahlreichen Schmetterlingen als Nahrungspflanze [4] , Arten wie der Kleine Fuchs und das Tagpfauenauge sind monophag, ernähren sich also fast ausschließlich von ihr. Auch für die Gepunktete Nesselwanze ist sie eine wichtige Nahrungspflanze.

Inhaltsstoffe

Kraut und Blätter enthalten zahlreiche Inhaltsstoffe, als wichtigste Skopoletin und β-Sitosterin, daneben 1 bis 2% Flavonoide (Quercetin-, Kämpferolglykoside), 1 bis 4% Silikate und neben weiteren Stoffen Vitamin C. Die Wurzel enthält zusätzlich 0,1% eines spezifischen Lektins, des sogenannten „Urtica dioica Agglutins“. Der Brennsaft enthält Histamin, Acetylcholin und Serotonin. [1]

Systematik

Das Artepitheton verweist auf die Zweihäusigkeit der Pflanze [3] . In Mitteleuropa werden zwei Unterarten der Großen Brennnessel unterschieden:

- *Urtica dioica* ssp. *dioica*: Blattspreiten mit Brennhaaren, vor allem auf den Nerven mehr oder weniger behaart. Der unterste Blütenstand entspringt am 7. - 14. Stängelknoten. Sie kommt in frischen bis feuchten Staudenfluren, Auen- und Erlenwäldern und Ruderalflächen vor. Das Verbreitungsgebiet entspricht dem der Art. Die Chromosomenzahl beträgt 48 bzw. 52.[5]
- *Urtica dioica* ssp. *galeopsifolia* (Wierzb. ex Opiz) Chrtek: Blattspreiten ohne Brennhaare, mindestens unterseits aber dicht behaart. Der unterste Blütenstand entspringt am 13. - 20. Stängelknoten. Das Verbreitungsgebiet umfasst vermutlich das submediterrane bis temperierte Europa. In Mitteleuropa kommt sie selten in Erlenwäldern und im sumpfigen Flussufer von Rhein, Main und Donau vor, die Verbreitung ist nur wenig bekannt. Die Chromosomenzahl beträgt 26.[5]

Nutzung

Pharmakologie und Kosmetik

Als Heildroge werden frische oder getrocknete Brennnesselblätter (*Urticae folium*), getrocknetes Brennnesselkraut (*Urticae herba*) und getrocknete Wurzel (*Urticae radix*) verwendet. Sie werden als Tees, Extrakte oder Fertigpräparat angewandt. [1]

Für die Blätter bzw. das Kraut ist bei innerer Anwendung ein leicht diuretischer Effekt belegt, innerlich wie äußerlich werden sie auch gegen rheumatische Erkrankungen eingesetzt. Extrakte der Wurzel werden zur Linderung von Miktionsbeschwerden in den Anfangsstadien der benignen Prostatahyperplasie gebraucht, welcher der enthaltenen Wirkstoffe dafür verantwortlich ist, ist noch unklar. In der Volksmedizin und der Homöopathie existieren noch weitere Nutzungen, deren Wirkung unbelegt ist. [1]

In der Kosmetikindustrie dienen aus der Brennnessel erzeugte Bereitungen als Zusatz zu Shampoos, Haarwässern und Haarwuchsmitteln, da sie die Durchblutung des Haarbodens stärken. [1]

Fasernutzung

Siehe Hauptartikel Fasernessel

Die Große Brennnessel war bis ins 18. Jahrhundert wegen ihrer Bastfasern eine wichtige Faserpflanze, vorzüglich geeignet beispielsweise für feste Stoffe, Netze oder Stricke, geriet aber wegen ihrer mangelnden industriellen Verarbeitbarkeit ins Vergessen. Eine in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gezüchtete Konvarietät mit hohem Faseranteil, die Fasernessel *Urtica dioica convar. fibra*, wurde im Rahmen des neu erwachten Interesses an alternativen Faserpflanzen in den 1990ern wiederentdeckt und züchterisch weiterbearbeitet. In Deutschland wird unter anderem diese Fasernessel heute im Vertragsanbau für die Firma Stoffkontor in Lüchow kultiviert, die die Fasern zur Textilherstellung nutzt. Ein finnisches Projekt nutzt zu diesem Zweck reine Wildtypen.

Sonstige Nutzung

Brennnesselabkochungen werden wegen der enthaltenen Kieselsäure gern als Pflanzenstärkungsmittel gegen saugende Insekten eingesetzt, eine Jauche ist ein wertvoller Dünger.

Die jungen Triebe der Brennnessel ergeben ein nahrhaftes, wohlschmeckendes Wildgemüse. Das Kraut eignet sich auch als Futter für Schweine, Rinder, Schafe und insbesondere Geflügel [1] .

Nachweise

- Erich Götz: *Pflanzen bestimmen mit dem Computer.* 2001, ISBN 382528168X, (Beschreibung)
- Werner Rothmaler: *Exkursionsflora von Deutschland Band 2: Gefäßpflanzen Grundband*. 15. Auflage, 1994, ISBN 333460831X, S. 150, (Beschreibung)
- David E. Boufford: *Urticaceae* In: *Flora of North America*, Bd. 3, (Online [6]), (Beschreibung)

Weblinks

Große Brennnessel. [7] In: *FloraWeb.de* [6].

Referenzen

[1] K.U.Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen* In: *Handbuch des Pflanzenbaues*, Bd. 4, S. 364-365, ISBN 3800132036

[2] Chen Jiarui, Ib Friis, C. Melanie Wilmot-Dear: *Urtica* In: *Flora of China*, Bd. 5, S. 82, (Online (http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=134249))

[3] Ruprecht Düll und Herfried Kutzelnigg: *Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands.* 2005, ISBN 3-494-01397-7

[4] Gaden S. Robinson, Phillip R. Ackery, Ian J. Kitching, George W. Beccaloni, Luis M. Hernández: *HOSTS - a Database of the World's Lepidopteran Hostplants*, (Vollständige Liste online (http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/hostplants/list.dsml?PSpeciesqtype=starts+with&PSpecies=dioica&PGenus=urtica&PFamilyqtype=starts+with&sort=Family&Familyqtype=starts+with&beginIndex=0&Speciesqtype=starts+with&Genusqtype=starts+with&PGenusqtype=starts+with&searchPageURL=index.dsml?PSpeciesqtype=starts+with&PSpecies=dioica&PGenus=urtica&PFamilyqtype=starts+with&sort=Family&Familyqtype=starts+with&beginIndex=60&Speciesqtype=starts+with&Genusqtype=starts+with&PGenusqtype=starts+with))

[5] Eckehardt J. Jäger, Klaus Werner (Hrsg.): *Rothmaler Exkursionsflora von Deutschland. Band 4: Gefäßpflanzen: Kritischer Band*. Spektrum Akademischer Verlag, München 2005, ISBN 3-8274-1496-2.

[6] http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=220014002

[7] http://www.floraweb.de/pflanzenarten/artenhome.xsql?suchnr=6145&

Grüne Biotechnologie



Moosbioreaktor mit *Physcomitrella patens*

Die **Grüne Biotechnologie** ist der Zweig der Biotechnologie, der sich mit den Pflanzen befasst (Pflanzenbiotechnologie). Die Grüne Biotechnologie bedient sich moderner Methoden der Biochemie, Systembiologie, Mikrobiologie, Molekularbiologie und Verfahrenstechnik, um Nutzpflanzen zu verbessern, pflanzliche Inhaltsstoffe (Phytochemikalien, Sekundärmetabolite) oder Fasern zu gewinnen oder um pflanzliche Enzyme bzw. Wirkprinzipien (Bionik) für neue Anwendungsbereiche zu erschließen. Die Übergänge zu den anderen Zweigen der Biotechnologie sind mittlerweile fließend. So können pflanzliche Zellen oder Enzyme zur Produktion industrieller Stoffe (weiße Biotechnologie) oder gar von Medikamenten (rote Biotechnologie oder Pharmazeutische Biotechnologie) genutzt werden. Und auch zur Entgiftung von Böden (Phytoremediation) oder als Umweltsensoren sind Pflanzen geeignet, ein Berührungspunkt zur grauen oder braunen Biotechnologie.

Marktgröße und Trends

Der globale Markt für Pflanzenbiotechnologie wird für das Jahr 2025 auf 50 Mrd. USD geschätzt[1] . Mehr Ertrag und Futtermittel mit optimierter Zusammensetzung (Vitamine, Ballaststoffe, Enzyme) sind neben Pflanzen, die beim Anbau weniger Pflanzenschutzmittel benötigen, die Hauptmärkte der mittelfristigen Zukunft[2] . Dagegen gibt es auch eine Reihe von Industriechemikalien (wie auch Bio-Ethanol) die mittels Pflanzen herstellbar sein werden.

Derzeit sind insbesondere Pflanzen die beim Anbau weniger Unkrautbekämpfungsmittel Herbizide bzw. Schädlingsbekämpfungsmittel Insektizid benötigen auf dem Markt[3] .

Auf Grund der steigenden globalen Bevölkerung von ca. 6,7 Mrd. Menschen in 2008 Weltbevölkerung auf ca. 8,3 Mrd. Menschen in 2030[4] auf der einen Seite und der global begrenzten landwirtschaftlichen Nutzfläche andererseits wird es in unmittelbarer Zukunft zu steigender Nachfrage nach Lebensmitteln kommen; gleiches gilt für die Nachfrage nach Roh-Öl basierenden Industriechemikalien da Öl nicht in unendlichem Maße zu geringen Kosten zur Verfügung stehen wird. Für beides gibt es in der Grünen Biotechnologie Ansätze zur effizienteren Nutzung der natürlichen Ressourcen.

Traditionelle Nutzung

Schon seit über 5000 Jahren nutzt der Mensch Technologie um seine Umwelt zu gestalten und besser zu nutzen. Dies war und ist auch bei der Nutzung der Pflanzen der Fall. Bereits als frühe Form der Grünen Biotechnologie werden verschiedene Züchtungstechniken eingestuft, zum Beispiel verschiedene Hybridisierungs- und Mutationsverfahren oder das Pfropfen (bei verschiedenen Zier- und Obstbäumen genutzte Methode der Veredelung, bei der die Edelpflanze auf eine Unterlage gesteckt wird).

Moderne Nutzung

Seit den 1980er Jahren wächst die Zahl der Anwendungen mit einer so starken Dynamik, dass ein Ende der Entwicklung noch nicht abzusehen ist. So fanden und finden sich Möglichkeiten zur Substitution oder Ergänzung bestehender Produkte und Verfahren. Beispiele sind der Ersatz des Lab-Enzyms aus Kälbermägen (zur Käseherstellung) durch pflanzliche Enzyme, die sich zum Beispiel in Labkraut, Feigen, Artischocken, verschiedene Distelarten oder Kaktusfrüchten finden. Ferner wird die Gewebekultur von Pflanzenzellen (auch in vitro-Kultur genannt) zur Produktion von (Industrie-)Chemikalien oder Medikamenten (Pflanzenbiotechnologie) sowie zur Pflanzenoptimierung und –vermehrung (zum Beispiel durch Meristemvermehrung) genutzt. Gentechnik wird eingesetzt, um gezielt bestimmte, durch Gene vermittelte, Eigenschaften auf Nutzpflanzen zu transferieren und zu kombinieren. Von größerem Einfluss in der Pflanzenzüchtung ist mittlerweile die Marker-unterstützte Selektion (plant molecular marker assisted breeding), wobei Züchtungsziele wie Ertrag oder Resistenz mittels molekularer Marker wesentlich schneller erreicht werden können.

Technologien und Methoden

In der modernen Grünen Biotechnologie ist der Agrobakterium-vermittelte Gentransfer eine wichtige Technologie. Bei dieser gentechnischen Methode werden einzelne Erbfaktoren (Gene) von Zellen eines Organismus in Zellen eines anderen Lebewesens übertragen. Sie wurde unter anderem von Prof. Jozef Schell am Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung entwickelt.

Die somatische Hybridisierung (auch Protoplastenfusion oder Zellfusion genannt), eine weitere wichtige Methode, erlaubt es, gewünschte Merkmale verschiedener Elternpflanzen zu kombinieren. Im Vergleich zum Agrobakterium-vermittelten Gentransfer müssen hierbei keine spezifischen Gene identifiziert und isoliert werden. Außerdem wird damit die Einschränkung der Transformation (Gentransfer) überwunden, nur wenige Gene in ein vorgegebenes Erbgut einführen zu können. Auch kann bei der Zellfusion die Chromosomenzahl der Zellen multipliziert werden, also die Anzahl der Chromosomensätze (Ploidiegrad) erhöht werden. Dies kann die Ertragsfähigkeit von Pflanzen steigern (Heterosiseffekt). Molekulare Marker oder biochemische Analysen werden genutzt, um klassischen Pflanzenzüchtern die Arbeit zu erleichtern, und so gezielter und schneller zu neuen Pflanzensorten zu kommen. Diese Präzisionszucht nennt man auch „smart breeding“. Sie wird von vielen Saatzucht-Unternehmen und gartenbaulichen Pflanzenzuchtbetrieben angewendet. Solche zumeist mittelständischen Unternehmen sind im Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter organisiert.

Neben diesen Techniken, die zur Optimierung der Pflanzenzüchtung genutzt werden, werden zunehmend weitere Methoden der Biotechnologie angewandt. So kann der Einsatz pflanzlicher Enzyme in chemischen Produktionsprozessen den Rohstoff- und Energieverbrauch verringern. Beim „Molecular farming“ werden Biopharmazeutika wie Monoklonale Antikörper, sogenannte „Plantibodies“, und andere Wertstoffe in so genannten Pharmapflanzen produziert. Diese können in der Diagnostik aber auch für die Therapie, so z. B. in der Krebsbekämpfung eingesetzt werden. Das Ziel dieser Arbeiten ist es, eine sichere Alternative zu den herkömmlichen Produktionssystemen, wie z. B. CHO-Zellen zu entwickeln. Dabei werden GMP-Bedingungen am besten eingehalten, wenn die Pflanzen in abgeschlossenen Behältnissen, wie z. B. Bioreaktoren kultiviert werden. Ein Beispiel dieser Technologie ist der von Ralf Reski entwickelte Moosbioreaktor, ein Photobioreaktor mit genetisch verändertem *Physcomitrella patens*[5] .

Bei diesen Anwendungen hilft das zunehmende Verständnis des pflanzlichen Erbguts und der Proteinnetzwerke (Genomics- bzw. Proteomicstechnologien) genauso wie die Entwicklungen zur Isolierung, Charakterisierung und Produktion der Enzyme. Diese Techniken reichen von Datenbankenauswertungen über molekulare Verfahren wie die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und chromatographische Analyseverfahren bis zur Erzeugung fremder Eiweiße (heterologe Expression) in Mikroorganismen, Hefen, tierischen oder pflanzlichen Zellen.

Grüne Gentechnik

Hauptartikel: Grüne Gentechnik

Ein Spezialfall der Pflanzenbiotechnologie ist die Grüne Gentechnik, die insbesondere in Europa gesellschaftlich stark umstritten ist. Besonders die erste Generation gentechnisch veränderter Pflanzen, die den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren, hat immer wieder zu Diskussionen geführt, da sie als sogenannte „Input-Traits“ nicht unmittelbar dem Verbraucher nützen. Die weltweit erste Pflanze, die das Kriterium des Verbrauchernutzens, den sogenannten „Output-Trait“, erfüllt, ist der von Peter Beyer und Ingo Potrykus entwickelte Goldene Reis der dem Vitamin A-Mangel in Entwicklungsländern bekämpfen soll.

Herausforderungen

Die Menschheit entwickelt sich und sieht sich dabei neben bestehenden auch neuen Herausforderungen gegenüber. Künftige Herausforderungen, zu deren Bewältigung Methoden der Grünen Biotechnologie ergänzende oder alternative Lösungsansätze bieten, umfassen:

- Bereitstellung ausreichender Mengen an Nahrung,
- Bereitstellung gesünderer/wertvollerer Nahrung,
- Verringerung des Wasserverbrauchs der Landwirtschaft, Erhöhung der Trockentoleranz von Kulturen,
- Schutz vor Bodenerosion,
- Verringerung des CO_2-Eintrags in die Umwelt, zum Beispiel Schonung der Humusvorräte durch Reduzierung der Bodenbearbeitung (pflugloser Ackerbau),
- Bekämpfung von (Umwelt-)Verschmutzung,
- nachhaltige Produktion von (Industrie-)Produkten (Biomaterialien/Biowerkstoffe),
- Umstellung auf nachhaltige Energie-Produktion unter anderem mit Biomasse.

Literatur und Quellen

[1] Monsanto/ BASF: (http://www.monsanto.com/pdf/investors/2008/09-16-08.pdf)
[2] Monsanto/ BASF: (http://www.monsanto.com/pdf/investors/2008/09-16-08.pdf)
[3] ISAAA: (http://www.isaaa.org/Resources/publications/briefs/39/executivesummary/default.html)
[4] United Nations: (http://esa.un.org/unpp)
[5] Eva L. Decker und Ralf Reski (2008): Current achievements in the production of complex biopharmaceuticals with moss bioreactor. Bioprocess and Biosystems Engineering 31, 3-9.

- Ma, J. K-C., Barros, E., Bock, R., Christou, P., Dale, P.J., Dix J., Fischer, R., Irwin, J., Mahoney, R., Pezzotti, M., Schillberg, S., Sparrow, P., Stoger, E. & Twyman, R. M. (2005): Molecular farming for new drugs and vaccines. Current perspectives on the production of pharmaceuticals in transgenic plants - The European Union Framework 6 Pharma–Planta Consortium EMBO reports VOL 6, NO 7, S. 593-599
- Montagu, M. Van (2003), Jeff Schell (1935–2003): Steering Agrobacterium-mediated plant gene engineering. Trends in Plant Science Vol 8, Issue 8, S. 353-354
- Müller, A. & Welters, P. (2008): Das Grün in der industriellen Biotechnologie - Pflanzen als Schlüssel nachhaltiger Chemie. GIT Labor-Fachzeitschrift 03/2008, S. 246–249

Weblinks

- Gesellschaft für Pflanzenbiotechnologie e.V. (http://www.pflanzen-biotechnologie.de/)
- BMBF: Pflanzen als Rohstoffe für die Zukunft (http://www.gabi.de/21seiten/documents/BMBF_Rohstoff_Pflanze_000.pdf)
- Rolf H. Latusseck: Warum wir eine neue Grüne Revolution brauchen (http://www.welt.de/wissenschaft/article1914595/Warum_wir_eine_neue_Gruene_Revolution_brauchen.html), in: Die Welt, 18. April 2008

Grünland

Als **Grünland** werden landwirtschaftlich genutzte Flächen bezeichnet, auf denen Gras und krautige Pflanzen als Dauerkultur angebaut werden und die und entweder beerntet oder beweidet werden.

Das Gras wird vor allem an Wiederkäuer verfüttert und bildet eine wichtige Grundfutterquelle für Futterbaubetriebe. Grünland kann als Nachwachsender Rohstoff angebaut werden, vor allem auf ertragsschwachen Standorten stehen bei Grünland gelegentlich Landschaftspflege und/oder Naturschutz statt der Biomassenutzung im Vordergrund.



Wiesen- und Weidelandschaft im Südschwarzwald

Abgrenzung, Definition, Unterteilung

Der Terminus *Grünland* als Landnutzungsform steht als die landwirtschaftlich genutzte offene Flur in Abgrenzung zu *Ackerland*, das umgebrochen wird, zu *Gartenbauflächen*, zu denen in weiterem Sinne auch Obst- und Weinbauflächen uä. zählen, sowie zum *Brachland*, das temporär ungenutzt bleibt, und den zahlreichen Formen der *landwirtschaftlichen Nebenflächen* (unproduktive Flächen), wie Wege, Raine, Haine, aber auch teichwirtschaftliche Flächen und ähnliches, sowie zum *Nutzwald*, der den forstwirtschaftlichen Zweig der bäuerlichen Betriebe darstellt.

Ökologie und Biologie

Die Ökologie und Biologie, für die das agrarische Grünland eine – vom Menschen geschaffene – Sekundärvegetation darstellt, unterscheiden Grünland im engeren und im weiteren Sinn.

- *Grünland im engeren Sinne* sind Wiesen, Weiden oder Mähder (Mahdfluren). Es wird auch als *Wirtschaftsgrünland* oder, von der Pflanzensoziologie, als *Fettwiesen* bzw. *Fettweiden* bezeichnet. Diese Flächen werden in der Regel mehr als zweimal im Jahr gemäht oder abgeweidet und liefern bei rechtzeitiger Nutzung gutes Futter. Diese Grünlandgesellschaften sind Kulturformationen, die ohne diese Bewirtschaftung im Klima Mitteleuropas nicht in dieser Form existieren würden.
- *Grünland im weiteren Sinne* umfasst neben den oben genannten Flächen noch Magerwiesen und -weiden einschliesslich alpiner Rasenflächen, Feuchtwiesen, Trocken- und Halbtrockenrasen, Borstgrasrasen, Zwergstrauchheiden sowie die früher noch häufigen Pfeifengras-Streuwiesen und Seggenriede, die früher der Streugewinnung oder der gelegentlichen Beweidung (Wanderschäferei) dienten. Diese Pflanzengesellschaften sind Halbkultur- oder Kulturformationen. Echte (natürlich entstandene) Trocken-, Halbtrocken-, Borstgras- oder alpine Rasen sind sehr selten.

Eine Mischform zwischen Grünland und Obstflächen stellen Streuobstwiesen dar.

Standort- und Bodenverhältnisse

Man unterscheidet *fakultatives* und *obligates Grünland* nach den Standort- und Bodenverhältnissen: Auf fakultativem Grünland könnten auch mehr oder weniger problemlos andere Früchte, z. B. Getreide angebaut werden. Obligates Grünland hingegen ist meistens ein Grenzstandort, auf dem nur schwer andere Früchte wachsen; als Gründe hierfür kommen hohe Niederschläge (z. B. in Skandinavien), steppenartige Trockenheit oder auch für die Bodenbearbeitung ungeeignete Böden wie Moorböden, Auenböden oder strukturarme Marschböden in Frage.

Nutzungsform

Dauergrünland



Fette Dauergrünlandfläche

Dauergrünland werden Grundfutterflächen genannt, die längere Zeit eine kurzrasige Vegetation als Dauerkultur tragen. Dauergrünland ist somit eine auf mindestens mindestens 5 Jahre angelegte Vegetationsform (Wiese oder Weide) mit relativ geschlossener Grasnarbe, die von einer Pflanzengemeinschaft aus Gräsern, Kräutern und Leguminosen gebildet wird. Grünland wird durch mehr oder weniger regelmäßige Mahd und/oder Beweidung gehölzfrei bzw. waldfrei gehalten und dient der Biomassegewinnung: als Futter, zur Energiegewinnung (als Einsatzstoff für Biogasanlagen oder als Brennstoff) oder zu früheren Zeiten als Einstreu für die Tierhaltung. Die botanische Zusammensetzung von Grünland ist das Ergebnis einer bestimmten Bewirtschaftung und Nutzung am jeweiligen Standort.

Wechselgrünland, Wechselwirtschaft

Unter dem Überbegriff *Wechselgrünland* oder *Wechselwirtschaft* werden zwei in Europa weit verbreitete historische Fruchtfolge-Systeme zusammengefasst: Die Feldgraswirtschaft und die Egart-Wirtschaft. In beiden Fällen wechselt mehrjähriges Grünland mit ein- oder mehrjährigem Ackerbau ab. Dabei wird die fördernde Wirkung des Grünlandes auf die Bodenfruchtbarkeit (hohe Humusgehalte) für eine Acker-Zwischennutzung genutzt.

Ein- und mehrjähriger Futterbau in Form von Futtergräsern *(Ackergras)* oder von Mischungen aus Gras und krautigen Pflanzen ist kein Grünland, sondern wird dem Ackerfutterbau zugerechnet.

Grünlandbrache



Etwa 10-jährige Wiesenbrache mit Kratzdistel und Brennnessel

Eine Grünlandbrache stellt eine Pflanzengesellschaft dar, die - ggf. für kürzere oder längere Zeiträume (Jahre oder Jahrzehnte) - vom Menschen nicht mehr genutzt wird und dann bestimmten natürlichen Sukzessionsprozessen unterliegt. Kennzeichen der Brache ist das Fehlen jeglicher landwirtschaftlicher oder sonstiger Nutzung des Pflanzenaufwuchses (z.B. Sozialbrache). Bei dauerhaftem Verzicht auf eine Grünlandnutzung würde mit der Zeit wieder Wald entstehen (= potentielle natürliche Vegetation). Im Sinne dieser Definition sind Grünlandbrachen aber streng von sog. Rotations- und Dauerbrachen auf Ackerland zu unterscheiden. Hierbei handelt es sich um agrarpolitisch bewusst herbeigeführte, meist kurzlebige Brachestadien mit dem Ziel einer Marktentlastung.

Nutzungsintensität

Die botanische Artenzusammensetzung der Grünflächen wird von der Stärke der Nutzung entscheidend beeinflusst. Diese ergibt sich zum Teil durch den Standort und die Intensotät der Düngung. Bei intensiver Nutzung durch mehrere Schnitte oder hohen Tierbesatz bei Weidenutzung verringert sich die Artenvielfalt des Graslandes. Wegen der großen Zahl von Grünland-Pflanzengesellschaften und der unterschiedlichsten Nomenklatur von Grünlandtypen ist eine dreigliedrige Grobeinteilung entsprechend der Nutzungsintensität gebräuchlich:

Intensivgrünland (Wirtschaftsgrünland)



Wirtschaftsgrünland mit einer Ertragserwartung von 120 dt TM/ha bei 5 Nutzungen

Unter Wirtschaftsgrünland wird ein Grünlandtyp verstanden, der so stark genutzt wird, dass sich die Erzeugung von Grundfutter für die Milchviehhaltung – in Konkurrenz zu Silomais – ökonomisch lohnt. Die Häufigkeit liegt je nach Naturraum und Standortverhältnissen zwischen 3 und 6 Nutzungen pro Jahr (als Schnitt, Weide oder Mähweide). Die dem Boden entzogenen Nährstoffe werden bei landschaftsökologisch verträglicher Nutzungsweise fast ausschließlich über Hofdung (Wirtschaftsdünger), überwiegend als Gülle, zurückgeführt. Die Ertragserwartung liegt zwischen 80 und 120 dt TM/ha, die Qualität des Futters zwischen 5,0 und 6,0 MJ NEL/kg TM. Die Anzahl der Pflanzenarten ist mit 15 bis 20 pro 25 m² Referenzfläche für Grünland gering, beträgt jedoch ein Mehrfaches der im Ackerfutterbau üblichen Artenvielfalt.

Mit der Einführung der Grünlandprämie in der EU ab dem 1. Januar 2005 im Zuge der Agrarreform kann jeder Bewirtschafter von Grünlandflächen einen Prämienanspruch geltend machen. Bis zum Jahr 2013 setzt sich der Prämienanspruch aus einem Flächenanteil und einem betriebsspezifischen Zuschlag zusammen. Ab 2013 wird es nach heutigem Planungsstand nur noch eine reine Flächenprämie geben. Die Grünlandprämie beträgt zurzeit (Stand: 05/2006) etwa 100 Euro / ha / Jahr Grünland.

Extensivgrünland



Extensivgrünland mit einer Ertragserwartung von 60 dt TM/ha bei 2 Nutzungen

Unter Extensivgrünland bzw. artenreichem Grünland sind vorwiegend 1-3-schürige Heu- und Öhmdwiesen zu verstehen. Es gehören aber auch langjährig extensiv bewirtschaftete Weiden in Höhenlagen dazu. Solches Grünland wird standortgerecht genutzt und erfährt nur eine teilweise Rückführung der Nährstoffe über Wirtschaftsdünger (Stallmist, Jauche, Gülle). Die Pflanzenbestände weisen einen mittleren Futterwert auf und nehmen auch im Arteninventar eine Mittelstellung zwischen dem Wirtschafts- und dem Biotopgrünland ein. Die Anzahl der Pflanzenarten ist mit 30 bis 45 pro 25 m² Referenzfläche vergleichsweise hoch und die Aspekte sind blütenbunt (siehe auch Blumenwiese). Bezüglich der floristischen und faunistischen Biodiversität wird dieser Typ nur noch vom Biotopgrünland übertroffen. In die Kategorie *Extensivgrünland* gehören auch die beiden mesophilen Wiesenformen *magere Flachland-Mähwiese* (FFH-Code 6510) und *Berg-Mähwiese* (FFH-Code 6520) nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) der Europäischen Gemeinschaft.

Extensivgrünland muss unterschieden werden von "extensiviertem Grünland", das sich durch Reduzierung von Nutzungshäufigkeit und Düngung aus artenarmem Wirtschaftsgrünland heraus entwickelte, in der Regel aber (noch)

nicht den bioökologischen Wert von Extensivgrünland besitzt.

Biotopgrünland


Biotopgrünland (Orchideenreiche Nasswiese)

Biotopgrünland ist ein Sammelbegriff für Grünland, das nicht (mehr) primär der landwirtschaftlichen Futter- oder Streugewinnung (siehe Streuwiese) dient. Dabei handelt es sich um Magerwiesen oder -weiden extremer Standortverhältnisse, auf denen die allgemeine Nährstoffverfügbarkeit gering ist, in der Regel entweder wegen zu trockenen oder zu nassen Bodens. Beispiele für Biotopgrünland sind: Halbtrockenrasen und Kleinseggenwiesen. Die Größenordnung der natürlichen Biomasse-Produktion liegt auf Magerrasen-Niveau und damit unter 35 dt TM/ha. Die Pflanzengesellschaft stellt das artenreichste Ökosystem Mitteleuropas dar: Auf 25 m² Referenzfläche kommen bis zu 70 Gefäßpflanzenarten vor. Biotopgrünland steht häufig bereits seit langem unter Naturschutz (z.B. Wacholderheiden, Pfeifengras-Streuwiesen), oder die Flächen werden im Auftrag der Naturschutzverwaltung gepflegt ("Vertragsnaturschutz").

Fiskalisch-juristische Einordnung

Im Sinne des EU-Beihilferechts besteht zwischen *Dauergrünland* und *Ackerland* folgende Unterscheidung: Ackerland ist „Land, das regelmäßig bearbeitet (gepflügt oder bestellt) wird und im Allgemeinen einer Fruchtfolge unterliegt“. Für die Unterscheidung zwischen Ackerland und Dauerkulturen oder Dauergrünland wird eine Schwelle von fünf Jahren angesetzt. Das heißt: Eine Wiesen-Neuansaat beispielsweise wird nach 5 Jahren zum "Dauergrünland".[1]

Verwendung

Die je nach Nutzungsintensität ein- bis sechsml jährlich geerntete oberirdische Pflanzenbiomasse des Grünlandes wird frisch, siliert oder getrocknet überwiegend als Futtermittel für Rinder (Milchkühe, Mastrinder) genutzt. Zunehmend dient die Biomasse zur Erzeugung von Biogas. Ebenfalls möglich, jedoch wegen verfahrenstechnischer und emissionsbezogener Schwierigkeiten elten praktiziert, ist die Verbrennung des getrockneten Ernteguts als halmgutartige Biomasse. Auch die stoffliche Verwertung des Ernteguts von intensivem Wirtschaftsgrünland durch Nutzung der Fasern wird nur von einzelnen Unternehmen betrieben[2]

Geschichte

Im Vergleich zu den bis Mitte des 20. Jahrhunderts üblichen Bewirtschaftungsformen des Grünands unterscheidet sich die heutige Grünlandwirtschaft in einer Reihe von Merkmalen. Durch den Übergang von Beweidung zu Ganzjahresstallhaltung wächst die Nutzung als Wiese zur Mahdnutzung zu Lasten der Weidenutzung, zudem wird vorwiegend Güllewirtschaft statt der früher üblichen Festmistwirtschaft betrieben. Auch durch den Übergang von Dürrfutterbereitung (Heu) auf Silage liegt der Nutzungszeitpunkt des ersten Aufwuchses heute früher im Jahr und erlaubt und dadurch insgesamt mehr Nutzungen pro Jahr. Im Zusammenhang mit hohen Viehzahlen pro Betrieb und hoher Besatzstärke kann die Gefahr einer Überdüngung hofnaher Flächen mit Flüssigmist (Gülle) bestehen.

Siehe auch

- United States National Grassland

Literatur

- K. Buchgraber, G. Gindl: *Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung.* 2. Auflage, Leopold Stocker Verlag, Graz 1994. ISBN 3-7020-1073-4
- G. Briemle, M. Elsäßer, T. Jilg, W. Müller, H. Nußbaum: *Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung in Baden-Württemberg.* In: *Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft.* Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1996, S. 215-256. ISBN 3-540-61090-1
- H. Dierschke, G. Briemle: *Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren.* Ulmer, Stuttgart 2002. ISBN 3-8001-3816-6
- H. Ellenberg: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologische Sicht.* Ulmer, Stuttgart 1982.
- E. Klapp: *Wiesen und Weiden.* 4. Auflage, Parey-Verlag, Berlin/Hamburg 1971.
- W. Opitz v. Boberfeld: *Grünlandlehre - biologische und ökologische Grundlagen.* Ulmer, Stuttgart 1994. ISBN 3-8252-1770-1
- G. Voigtländer, H. Jacob: *Grünlandwirtschaft und Futterbau.* Ulmer, Stuttgart 1987.

Weblinks

- Grünland und Futterbau Rheinland-Pfalz [3]
- gruenland-online.de [4]

Referenzen

[1] Agrarstatistik-Entscheidung 2000/115/EG der EU-Kommission

[2] Biowert: Agricell. (http://www.biowert.de/index.php/de/produkte/agricell)] Abgerufen am 10.3.2010

[3] http://www.gruenland.rlp.de

[4] http://gruenland-online.de/

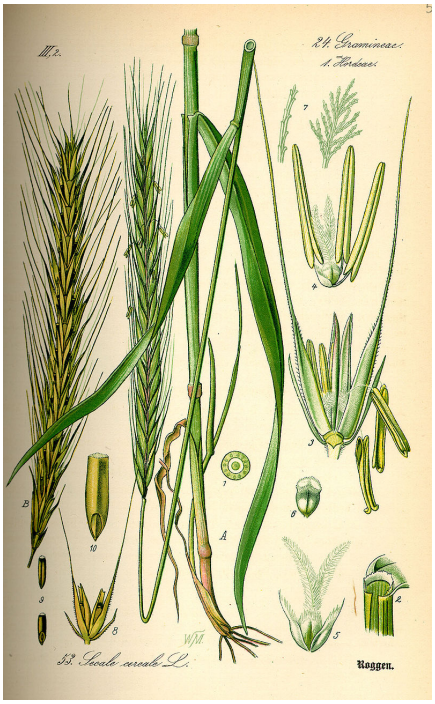
Grünroggen

Als **Grünroggen** wird Roggen (*Secale cereale*) bezeichnet, der zur Zeit des Ährenschiebens Anfang bis Mitte Mai geerntet wird.

Eigenschaften

Ein Vorteil des Roggens ist seine zügige Jugendentwicklung im Frühjahr. Das macht ihn als frühes Grünfutter in der Rinderhaltung und zur Verwendung in der Biogasanlage interessant. Wegen des erst geringen Cellulosegehalts ist er, anders als beispielsweise das Stroh des reifen Roggens, im Fermenter relativ gut abbaubar.

Grünroggen im Vergleich zu Roggen als Ganzpflanzensilage



Roggen (*Secale cereale*)

Höhere Erträge als Grünroggen liefert Ganzpflanzensilage (GPS) des Roggens, der Anfang bis Mitte Juni zum Ende der Milchreife bzw. zu Beginn der Teigreife geerntet wird. In dreijährigen Untersuchungen wurden auf leichten bis schweren Standorten 110 bis 141 dt Trockenmasse (TM) pro Hektar (ha) erzielt. Die Vergärung zu Biogas lieferte Methanerträge von 3660 m³/ ha. Die Erträge für Grünroggen lagen bei 51 bis 73 dt TM/ ha, was 1590 m³ Methan/ ha entsprach.[1] Trotz der geringeren TM- und Methanerträge ist Grünroggen als Substrat für Biogasanlagen interessant, da sich bei anschließendem Anbau von Mais hohe Erträge an TM pro ha und Jahr realisieren lassen. Mais ist wärmebedürftig und wird daher erst Anfang Mai gesät, in Kombination mit dem winterfesten Roggen läßt sich die Vegetationsperiode daher besser ausnutzen.

Anbau und Ernte

Der Anbau und die Produktionstechnik zur Grünroggen- und GPS-Erzeugung unterscheidet sich bis zur Ernte nicht wesentlich von der Körnerproduktion. Die Aussaat des winterfesten Getreides erfolgt im Herbst. Bei der GPS-Produktion aus Roggen liegt der TM-Gehalt zur Ernte bei 32 bis 40 %, so daß direkt mit einem speziellen Feldhäcksler geerntet werden kann. Grünroggen dagegen hat einen TM-Gehalt von nur etwa 17 bis 20 % und verbleibt daher zum Anwelken nach der Ernte etwa einen Tag auf dem Feld, bevor er mit mit einem Feldhäcksler mit Vorsatz zur Schwadaufnahme zerkleinert und aufgenommen wird. Bei nun rund 30 % TM-Gehalt ist ein Silieren möglich und Verluste durch Sickersaft werden vermieden.

Literatur

- KTBL: *Energiepflanzen - Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus*, Darmstadt (2006), ISBN-13: 978-3939371212
- Informationen der Saaten-Union zum Roggenanbau zur GPS-Erzeugung [2]

Referenzen

[1] Landwirtschaftskammer Niedersachsen/ 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe: *Nachwachsende Rohstoffe - Anbauhinweise für die energetische Nutzung und stoffliche Verwertung*, Oldenburg 2008, S. 11 ff.

[2] http://www.saaten-union.de/index.cfm/nav/410/article/3081.html

Gülle

Gülle ist ein Wirtschaftsdünger, der hauptsächlich aus Urin und Kot landwirtschaftlicher Nutztiere besteht. Je nach Beigabe von Einstreu und Wasser spricht man von Dick- oder Dünngülle, Schwemmmist oder Flüssigmist (vgl. Mist). Hohe Gehalte an gebundenem Stickstoff, Phosphor und anderen Nährstoffen machen Gülle zu einem wichtigen Dünger.



Gülle nach der bodennahen Ausbringung auf einer Weide

Begriffsabgrenzung

In einigen Gebieten des deutschen Sprachraums (Südwestdeutschland, Schweiz) wird Jauche auch als Synonym für Gülle verwendet. In der Regel bezeichnet Jauche jedoch einen Wirtschaftsdünger, der hauptsächlich aus flüssigen Exkrementen besteht. Daneben werden auch gärende Ansätze von Pflanzenmaterial mit Wasser zu gärtnerischen Zwecken als Jauche bezeichnet.

Arten von Gülle

Gülle kann bei der Schweine- oder Rinderhaltung anfallen. Bei der Geflügelhaltung dagegen fällt in der Regel Festmist an. Schweinegülle hat einen Trockensubstanz-Gehalt von etwa 7 % und enthält 3 bis 17 % Ammonium (NH_4^+), 6 bis 18 % Stickstoff in anderer Form und 2 bis 10 % Phosphor in der Trockensubstanz. Rindergülle hat einen Trockensubstanz-Gehalt von etwa 8 bis 11 % und enthält 1 bis 4 % NH_4^+, 2,6 bis 6,7 % Stickstoff in anderer Form und 0,5 bis 3,3 % Phosphor in der Trockensubstanz..[1]

Methoden der Gülleverwertung



Offenes Güllesilo

- Die üblichste Verwertungsweise ist die Ausbringung auf den Feldern mit einem (Güllefass), das die Gülle auf der Oberfläche verteilt oder direkt in den Boden einimpft.
- Die Gülle enthält organische Verbindungen, die nicht verdaut wurden, so dass die Erzeugung von Biogas möglich ist.
- Eine an die Vergärung anschließende Kompostierung kann durchgeführt werden.
- Eine Trocknung ist möglich, beispielsweise um die Transportwürdigkeit zu erhöhen.
- Eine Vermischung mit Trockenstoffen kann vorteilhaft sein.

Durch eine Güllebank kann die Verwertung überschüssiger Güllemengen erfolgen.

Nutzung von Gülle



Bodennahe Gülleausbringung (mit Güllefass)

Vergleich von Biogasrohstoffen

Material	Biogasertrag[2] (FM = Frischmasse)	Methangehalt[2]
Maissilage	202 m³/t FM	52 %
Grassilage	172 m³/t FM	54 %
Roggen-GPS	163 m³/t FM	52 %
Futterrübe	111 m³/t FM	51 %
Bioabfall	100 m³/t FM	61 %
Hühnermist	80 m³/t FM	60%
Zuckerrübenschnitzel	67 m³/t FM	72 %
Schweinemist	60 m³/t FM	60 %
Rindermist	45 m³/t FM	60 %
Getreideschlempe	40 m³/t FM	61 %
Schweinegülle	28 m³/t FM	65 %
Rindergülle	25 m³/t FM	60 %

Die Gülle wird überwiegend als wirtschaftseigener Dünger auf den Feldern ausgebracht.

Die Ausbringung von Gülle auf landwirtschaftlichen Nutzflächen unterliegt rechtlichen Beschränkungen. In Deutschland wird das Ausbringen von Gülle grundsätzlich durch die Düngeverordnung (DüngeV) geregelt. In Ergänzung dazu haben die Bundesländer ebenfalls Verordnungen erlassen. Dort ist genau definiert, was Gülle ist und zu welchen Zeiten die Ausbringung zulässig ist. Die Ausbringverbote bei wassergesättigten, tiefgefrorenen sowie schneebedeckten Böden sollen die Ausschwemmung insbesondere von Nitrat (NO_3^-) ins Grundwasser sowie die Abschwemmung in Oberflächengewässer (Eutrophierung) verhindern. Die Ausbringung auf der Bodenoberfläche ist mit Nährstoffverlusten verbunden, da leichtlösliche Stickstoffverbindungen, wie vor allem Ammoniak (NH_3) verloren gehen. Eine Verbesserung ist die direkte Einarbeitung mit entsprechenden Vorrichtungen am Güllefass (siehe untere Abbildung) oder die anschließende zügige Einarbeitung in den Boden.

Vor der Ausbringung können die enthaltenen organischen Verbindungen auch energetisch genutzt werden. Dazu wird die Gülle als Substrat im Fermenter einer Biogasanlage durch Mikroorganismen abgebaut und dabei methanreiches Biogas erzeugt, das zur Erzeugung von Bioenergie genutzt wird. Sämtliche wichtigen Pflanzennährstoffe der Gülle finden sich nach der Vergärung auch im Gärrest, der mit der gleichen Technik ausgebracht werden kann. Die Pflanzenverfügbarkeit des Stickstoffs ist erhöht. Die Fließeigenschaften des Gärrests sind besser, da enthaltene organische Verbindungen abgebaut wurden. Der Gärrest tropft daher leichter von den Pflanzen ab. Durch das Entweichen von Schwefelwasserstoff und die Umsetzung zu elementarem Schwefel während der Vergärung wird zudem die Geruchsbelästigung bei der Ausbringung herabgesetzt.

Probleme und Kritiken



Güllefass mit Pumpvorrichtung zum Einbringen der Gülle direkt in den Boden

Mögliche Auswirkungen auf die Umwelt sind zu beachten. Ammonium, Nitrat und andere Inhaltsstoffe können in das Grundwasser einsickern und durch Abschwemmung (Erosion) in Oberflächengewässer eingetragen werden. Durch diese Eutrophierung können Algenblüten verursacht und Fischsterben ausgelöst werden.

Wird Gülle im Übermaß ausgebracht oder zu Jahreszeiten, in denen die Vegetation die enthaltenen Nährstoffe nicht aufnehmen kann (in Mitteleuropa: Winter), so steigt die Gefahr der Auswaschung von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten und in das Grund- und Oberflächenwasser. Für den dramatischen Anstieg der Nitratgehalte im Grundwasser in den 1970er- und 1980er-Jahren haben die Wasserwirtschaftsbehörden die Güllewirtschaft verantwortlich gemacht. Strengere Regelungen zur Ausbringung mit Ausbringungsverboten außerhalb der Vegetationszeit sowie die Verpflichtung der Landwirte, ausreichende Lagerkapazitäten vorzuhalten, konnten das Problem eingrenzen und eine allmähliche Senkung der Nährstoffgehalte im Grundwasser einleiten.

Weblinks

- Düngeverordnung (DüngeV) (Deutschland) [3]
- Inhaltsstoffe Wirtschaftsdünger, Stroh [4]

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Handreichung: Biogasgewinnung und -nutzung*, Gülzow 2006, 3., überarbeitete Auflage
[2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Biogas Basisdaten Deutschland Stand: Januar 2008.*
[3] http://bundesrecht.juris.de/d_v/index.html
[4] http://www.liz-online.de/gi/dueng/orgDueng.htm

- H -

Hackschnitzel

Hackschnitzel beziehungsweise **Holzhackschnitzel** (oder auch **Hackgut**) sind mit schneidenden Werkzeugen zerkleinertes Holz. Schredderholz dagegen wird durch Zerkleinerung von Holz mit stumpfen, zertrümmernden Werkzeugen erzeugt.[1] Hackschnitzel dienen vor allem als Rohstoff für die holzverarbeitende Industrie sowie als biogener und regenerativer Brennstoff.

Je nach Herkunft wird auch die Bezeichnungen **Rindenhackschnitzel** oder Waldhackschnitzel (Waldhackgut) verwendet.



Holzhackschnitzel: Oben im Bild feine Laubholz-Hackschnitzel, unten grobe Nadelholz-Hackschnitzel.

Produktion

Hackschnitzel werden mit Hackern produziert. Mobile oder stationäre Scheiben-, Trommel- oder Schneckenhacker zerkleinern Waldrestholz, Schwachholz und anderes minderwertiges Holz (zum Beispiel aus einer Durchforstung, Schnittgut aus Landschaftspflegemaßnahmen oder Altholz), welches von der Industrie nicht zu höherwertigen Produkten verarbeitet werden kann. Mit der vermehrten Anlage von Kurzumtriebsplantagen werden diese zur Rohstoffquelle für Hackschnitzel.



Hackschnitzelproduktion mit einem Hacker.

Eigenschaften

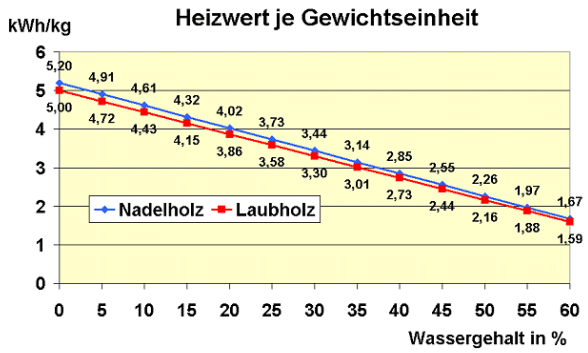
Hackschnitzel bestehen zu 100 % aus Holz. Sie haben einen Brennwert von etwa 4,0 kWh (= 14,4 MJ) je kg (je nach Holzart, bei ca. 20 % Wassergehalt) und sind zur automatischen Beschickung zum Beispiel von Heizanlagen mittels Förderschnecken, Federzinkenaustragungen, Schubstangen-Austragungen und Förderbändern geeignet.

Wassergehalt

Hackschnitzel: Heizwert in Abhängigkeit des Wassergehaltes [2]

Wassergehalt w	0%	15%	20%	30%	50%
Feuchte u	**0%**	**18%**	**25%**	**43%**	**100%**
Heizwert Nadelholz [kWh/srm]	840	820	815	800	730
Heizwert Laubholz (hart) [kWh/srm]	1130	1100	1090	1060	970
Heizwert Laubholz (weich) [kWh/srm]	700	690	680	665	610

Je nach Baumart können verschiedene zentrale Eigenschaften der Holzhackschnitzel variieren und somit den Brennwert beeinflussen. Dies betrifft insbesondere den Wassergehalt, der einen wichtigen Einfluss auf den Heizwert der Hackschnitzel hat und die Lagerfähigkeit beeinflusst. Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von weniger als 30 % gelten als „für die Lagerung geeignet“ und es wird mit keinem oder keinem wesentlichen mikrobiellen Abbau der Schnitzel gerechnet. Waldfrische Hackschnitzel enthalten dagegen einen Wasseranteil von 50 bis 60 %. Erntefrisches Nadelholz hat einen Heizwert, der etwa bei 2 kWh/kg liegt, bei 20 % Wasseranteil ist der Brennwert doppelt so hoch und liegt bei etwa 4 kWh/kg



Heizwert je Gewichtseinheit (Nadelholz/Laubholz) in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Größe und Größenverteilung

Weitere Eigenschaften sind die Größe und Größenverteilung und die Schüttdichte der Hackschnitzel und die Energiedichte als Brennstoff sowie die für den Transport und die Lagerung notwendige Raumgröße. Das sehr dichte Eichen- und Buchenholz (571 bzw. 668 kg TM/fm) hat mit einem Wasseranteil von 20% einen Heizwert von etwa 1100 kWh/Schüttraummeter, das weniger dichte Pappelholz (353 kg TM/fm) weist dagegen bei gleichem Wasseranteil einen Brennwert von nur 680 kWh/Schüttraummeter auf.

Rindenanteil

Hackschnitzel: Größenklassen (Feinanteil < 1 mm : < 5 %)

Vornorm CEN/TS 14961	ÖNORM M 7133	Hauptfraktion > 80 Masse %	Grobanteil < 1 %
P16	G30	3,15…16mm	45 mm…85 mm
P45	G50	3,15…45mm	> 63 mm
P63	G100	3,15…63mm	> 100 mm
P100		3,15…100 mm	> 200 mm

Einfluss auf die Qualität der Hackschnitzel hat auch der Rindenanteil. Wird für Hackschnitzel die als Brennmaterial in kleineren Hackschnitzelheizungen zum Einsatz kommen üblicherweise entrindetes Holz verwendet, so enthalten die geringerwertigen Rindenhackschnitzel größere Rindenanteile. Sie werden vor allem aus Waldrestholz, Schwachholz und anderem minderwertigem Holz (zum Beispiel aus einer Durchforstung, Schnittgut aus Landschaftspflegemaßnahmen) produziert. Sie können für die Produktion von Spanplatten oder zur

Energieerzeugung in größeren Anlagen wie Biomasseheizwerken oder Biomasseheizkraftwerken verwendet werden.[3]

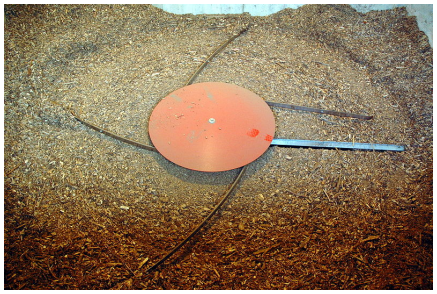
Normen

Für Hackschnitzel gilt seit Mai 2005 die europäische Vornorm CEN/TS 14961, die Kennwerte und Klassen für Wassergehalt, Aschegehalt, Korngrößenverteilung, Schüttraumdichte, Stickstoff- und Chlorgehalt und Heiz- bzw. Brennwert von Hackschnitzeln als Biobrennstoff festlegt. Teilweise wird noch die Klassifizierung nach der älteren österreichischen Norm M7133 verwendet. [4] [1]

Verwendung

Hackschnitzel dienen als Rohstoff für die holzverarbeitende Industrie (zum Beispiel Pressspanplatten, Holzfaserdämmplatten, Papierindustrie) sowie als Brennstoff für Heizkraftwerke oder für Hackschnitzelheizungen. Zudem finden sie Verwendung als Substrat im Pilzanbau sowie als Material zur Bodenbedeckung, zum Beispiel im Garten- und Landschaftsbau.

Brennstoff



Rührrad einer Holzhackschnitzelheizung

Als Brennstoff finden Hackschnitzel vor allem Verwendung in Hackschnitzelheizwerken und -heizkraftwerken, daneben in Hackschnitzelheizungen. Die Beschickung erfolgt meist mit elektrischen Förderschnecken oder Kratzkettenförderern.

Für kleinere Heizkessel werden zumeist kleinere Waldholzhackschnitzel (Größenklassen P16 und P45) hoher Qualität benötigt. Heizkraftwerke sind flexibler bezüglich der Rohstoffqualität. So dient in großen Anlagen dienen meist Gebrauchtholz und Industrierestholz (Altholz) als Rohstoffe. Die Brennstoffkosten liegen unter denen vergleichbarer Biobrennstoffe wie Holzpellets oder Scheitholz, zu berücksichtigen ist jedoch der Bedarf meist brennstoffspezifischer Verfahren.

Die Nutzung von Holzhackschnitzeln als Energieholz in privaten Haushalten betrug 2005 in Deutschland rund 580.000 Schüttraummeter, das sind etwa 1,1% der gesamten Energieholzverwendung. 9 Mio. Schüttraummeter wurden in Heizkraftwerken mit einer Leistung von bis zu einem Megawatt verfeuert, der Verbrauch größerer Anlagen lag bei circa 39 Mio. Schüttraummeter Hackschnitzel bzw. Schreddergut.

Pilzzucht

Beim Anbau von Pilzen werden Hackschnitzel der Größe KL 2-16 alleine oder häufig in Kombination mit Sägespänen, Stroh, Dung oder anderen Substanzen verwendet. Je nach Pilzart stammen die Hackschnitzel von Eichen, Buchen, Birken oder anderen Bäumen. Die Hackschnitzel werden gewässert und anschließend mit Mycel (Pilzgeflecht, Pilzbrut) geimpft.

Markt

Die Produktion von Holzhackschnitzeln und vor allem der Außenhandel nehmen deutlich zu, zudem steigen seit Jahren die Marktpreise.

Herstellung und Absatz

In Deutschland sind vor allem Hackschnitzel aus Nadelholz auf dem Markt. Im Jahr 2007 lag die Produktionsmenge für Nadelholz-Hackschnitzel laut Statistischem Bundesamt bei 3,80 Mio. t, im selben Zeitraum wurden nur 41.000 t aus Nadelholz hergestellt. Von der Produktion minderwertigerer Qualitäten aus Schwarten und Spreißel waren 1,98 Mio. t zum Absatz bestimmt. Im selben Zeitraum wurden 4,04 Mio. t Schnitzel oder Plättchen aus Nadelholz und 85.000 t aus Laubholz importiert. Das ist eine Steigerung der importierten Mengen um 340% innerhalb von fünf Jahren. 63% der Importware wird aus Österreich, den Niederlanden und Frankreich eingeführt. Die Ausfuhr von Plättchen und Schnitzeln lag 2007 mit 17,94 Mio. t um 66% über der Menge von 2002.[5]

Preis

Die Preise für Holzhackschnitzel sind in den vergangenen Jahren angestiegen, zwischen Juli 2004 und Juli 2009 betrug der Zuwachs rund 80%[6] .

Der Endverbraucherpreis für trockene Waldhackschnitzel lag 2009 (4. Quartal) in Deutschland bei rund 119 Euro/t (20 % Wassergehalt bzw. 25 % Holzfeuchte, 30 m^3 Liefermenge, incl. Anfahrt bis 20 km und Mehrwertsteuer). Das entspricht einem Preis für das Heizöläquivalent von 29,71 Cent/l. Je nach Region, Saison, Qualität, Wassergehalt und Lieferentfernung gibt es erhebliche Unterschiede bzw. Schwankungen im Preis.[7] Ein wichtiger Faktor ist auch die Liefermenge, so dass Großkraftwerke über 40 % weniger Ausgaben für den Brennstoff haben können als Kleinanlagen.[8]

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen.* 2007 (PDF [9]).
- Peter Wohlleben: *HOLZRAUSCH. Der Bioenergieboom und seine Folgen.* adatia Verlag Marion Zartner, Sankt Augustin 2008, ISBN 978-3-940461-03-2.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Merkblätter zu verschiedenen Themen, als pdf erhältlich [10], unter anderem
  - Merkblatt 10: *Bereitstellung von Waldhackschnitzeln* [11], 11/2002,
  - Merkblatt 11: *Hackschnitzel richtig lagern!* [12], 12/2002,
  - Merkblatt 12: *Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung* [13], 12/2007 und
  - 84-seitige Information *Bereitstellungsverfahren für Waldhackschnitzeln - Leistungen, Kosten, Rahmenbedingungen* [14], 5/2003

Weblinks

- *Ökologische Grenzen der Biomassenutzung in Wäldern* [15] auf www.waldwissen.net.

Referenzen

[1] Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing, 2008: Klassen für Holzhackschnitzel nach DIN CEN/TS 14961 (PDF (http://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/17370/mb_b_rs_klassen_holzhackschnitzel_din__cen_ts_14961.pdf))

[2] Merkblatt 12 *Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung* (http://www.lwf.bayern.de/publikationen/publiste.php?was=merkblatt) der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Dezember 2007, Seite 3; Für die Tabelle wurden gerundete und gemittelte Werte der verschieden Holzarten verwendet.

[3] Rindenhackschnitzel. (http://www.brenner.eu/de/leistungen/handel/hackschnitzel/rindenhackschnitzel.html) Beschreibung bei der Firmengruppe Brenner.

[4] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2007: Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen. S. 9 (PDF (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_293mu_hackschnitzelheizungen_150dpi.pdf)).

[5] Wolf-Gernot Bitter (Hrsg.): *ZMP-Marktbilanz Forst und Holz 2008 Deutschland.* 2008, ISBN 978-3-86720-057-8

[6] Technologie- und Förderzentrum (TFZ): *Entwicklung der Brennstoffpreise.* (http://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/17387/), abgerufen am 12. Januar 2009

[7] Preisentwicklung bei deutschen Waldhackschnitzeln (http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html) (C.A.R.M.E.N - Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.) Basis: Preise für Bayern, 20 % Wassergehalt, 30 m^3 Liefermenge, incl. Anfahrt bis 20 km und MWSt
[8] Informationen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWL) zur Nutzung von Hackschnitzeln für Heizzwecke (http://www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/hackschnitzel/index.php), abgerufen am 30. Dezember 2009
[9] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_293mu_hackschnitzelheizungen_150dpi.pdf
[10] http://www.lwf.bayern.de/publikationen/publiste.php?was=merkblatt
[11] http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-10-hackschnitzel-bereitstellung.pdf
[12] http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-11-hackschnitzel-lagern.pdf
[13] http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-12-energiegehalt-holz.pdf
[14] http://www.lwf.bayern.de/publikationen/daten/wissen/p_33216.pdf
[15] http://www.waldwissen.net/themen/waldoekologie/boden_standortkunde/bfw_grenzen_biomassenutzung_2007_DE

Hackschnitzelheizung

Als **Hackschnitzelheizung** wird eine Heizanlage bezeichnet, die mit Holzhackschnitzeln als biogenem Festbrennstoff betrieben wird. Größere Heizanlagen für Hackschnitzel, die Wärmenetze oder Großabnehmer beliefern, werden als Hackschnitzelheizwerke bezeichnet.



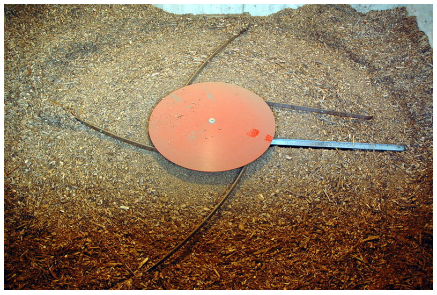
Holzhackschnitzelheizung, 45 kW, Hackschnitzelzufuhr durch quadratisches Rohr im Bild

Verfahren

Ähnlich wie bei Pelletheizungen wird der Brennstoff periodisch angeliefert und mittels Zuführeinrichtungen automatisch bedarfsgemäß in die Brennkammer eingebracht. Für die Verbrennung kommen die in Holzheizungen übliche Festbettfeuerungen zum Einsatz. Mit der erzeugten Wärme wird Wasser aus dem Heizkreislauf im Kessel der Hackschnitzelheizung erwärmt. Die Wärmeverteilung erfolgt genauso wie bei anderen Systemen der Zentralheizung durch das erwärmte Wasser. Anders als bei Öl- oder Gasheizungen muss bei Hackschnitzelheizungen ein Warmwasserspeicher in das Heizsystem eingebunden werden, der die im Brennvorgang erzeugte Wärme bis zur Wärmeanforderung durch das Heizsystem verlustarm speichert.

Brennstofflagerung und -zuführung

Je nach Anforderungen der Heizanlage an die Brennstoffqualität werden die Holzhackschnitzel frisch bis feucht oder vorgetrocknet angeliefert und in der Regel unter Dach, teilweise jedoch auch unter Vlies bzw. Folie oder offen im Freien gelagert. Der benötigte Lagerraum für Hackschnitzel ist relativ groß. Im Vergleich zu Öl benötigen Hackschnitzel etwa das zehnfache Lagervolumen, freilich bei geringerem Aufwand für den Raum, da Hackschnitzel keine wassergefährdeten Stoffe sind. Im Vergleich zu Pellets muss bei Hackschnitzeln etwa der dreifache Lagerraum gerechnet werden, da diese eine geringere Schüttdichte aufweisen.



Rührrad mit Schneckenförderung einer Holzhackschnitzelheizung

Die Austragung des Brennstoffs aus dem Hackschnitzellager wird durch verschiednee technische Systeme wie Schnecken, Rührräder mit Schneckenförderer oder Schubböden erleichtert, die Zuführung zur Brennkammer erfolgt in der Regel über Schneckenförderer. Für ungleichmäßige Qualitäten kommen auch hydraulische Zuführungssysteme mit Förderkolben zum Einsatz, die überstehendes Material durchtrennen können und daher weniger störanfällig sind. Die zugeführte Brennstoffmenge regelt die Heizanlage in Abhängigkeit vom Wärmebedarf des Heizsystems.

Feuerung

Die als Festbettreaktor ausgeführte Feuerungsanlage wird automatisch mit Brenngut versorgt. Dabei wird der Brennstoff entweder seitlich (Quereinschubfeuerung) oder von unten (Unterschubfeuerung) in den Brennraum eingebracht. Bei sehr einheitlichen Hackschnitzelqualitäten (gesiebt) sind auch Abwurffeuerungen möglich, bei denen die Hackschnitzel von oben in den Brennraum fallen.

Die Steuerungs- und Regelungstechnik der Anlage führt den Brennstoff schrittweise in der Menge zu, die der benötigten Wärmeabgabe entspricht. Je nach Ausführung werden die zugeführten Hackschnitzel entweder mit Heißluftgebläsen automatisch entzündet, oder es wird im Brennraum dauerhaft ein Glutbett erhalten.



Brennerraum einer Holzhackschnitzelheizung der Fa. Hargassner, Schnecke in der Mitte dient zur Ascherückfuhr in den Brennerraum

Die anfallende Asche fällt in einen Aschekasten. Vor allem bei der Verwendung aschereicher Brennstoffe wie Hackschnitzel mit hohem Rindenanteil werden auch Ascheaustragssysteme eingesetzt, bei denen die Brennrückstände mittels Förderschnecken in Sammelbehälter transportiert werden.

Wärmeübertragung und -speicherung

Ebenso wie bei der Verwendung anderer Brennstoffe erhitzt die Verbrennung des Energieträgers im Kessel das Wasser, das als Wärmeüberträger eines Heiz- und/oder Warmwassersystems dient und die Wärmeenergie über Pumpen und Rohrleitungen an den Ort des Verbrauchs transportiert. Da eine weitestgehend vollständige Verbrennung der Hackschnitzel nur im Regelbetrieb möglich ist und während der Aufwärm- und der Ausbrandphase bei Kesseln mit Stahlbrennkammern größere Verluste und höhere Emissionen entstehen, wird das erwärmte Wasser wie bei Scheitholzheizungen in der Regel zunächst in einen Wärmespeicher geleitet, von wo es von den Verbrauchern je nach Bedarf abgerufen wird. Bei Kesseln mit vollschamottierter Brennkammer und Lambdasondenregelung ist ein Wärmespeicher nicht zwingend erforderlich, da dieser auch im langfristigen Teillastbetrieb bei gleichzeitig niedrigen Emissionen betrieben werden kann.

Messung, Steuerung und Regelung

Die Mess-, Steuer- und Regeltechnik der Hackschnitzelheizung ist in der Regel aufwändiger als die vergleichbarer Heizsysteme mit fossilen Brennstoffen. Zum einen erfordert die Einbindung eines oder mehrerer Wärmespeicher eine Regelung der Warmwasserspeicherung, -abgabe und -nachlieferung, zum Anderen ist die Regelung von Brennstoffzufuhr, Brennluftzufuhr und Feuerung aufwändiger, unter anderem da der Brennstoff weniger einheitlich ist als Erdöl oder Erdgas.

Sicherheitseinrichtungen

Wegen der Besonderheiten des Brennstoffs verfügen Hackschnitzelheizungen über andere Sicherheitseinrichtungen als Öl- oder Gasbrenner. So ist die Brennstoffzuführung mit einer Rückbrandzuführung ausgestattet. Über Löschwassersysteme oder Systeme der Trennung des Stoffflusses wie Absperrschieber oder Zellradschleusen wird verhindert, dass Feuer sich aus dem Brennraum über die Zuführung bis in das Brennstofflager ausbreitet. Unterdruckregelungen im Feuerraum verhindern das Austreten giftiger oder brennbarer Gase in den Heizungsraum. Ein Überhitzungsschutz wird durch Sicherheitswärmetauscher gewährleistet, der bei Überhitzung automatisch kaltes Wasser durch eine Wärmetauscher leitet.

Automatisierungsgrad, Betreuung und Wartung

Moderne Hackschnitzelanlagen arbeiten weitgehend vollautomatisch. Die regelmäßigen Arbeiten an der Heizung beschränken sich auf die Befüllung des Lagers, die Entnahme der Asche und bei einfacheren Modellen die Reinigung der Rauchzüge. Wegen der geringen Uniformität des Brennstoffs ist jedoch die Störanfälligkeit höher als bei vergleichbaren Pelletfeuerungen, weshalb eine regelmäßige Kontrolle des Anlagenbetriebs vorteilhaft ist. Ebenso wie andere Anlagen werden Hackschnitzelheizungen im jährlichen Turnus gewartet.

Leistungsbereich und Wirkungsgrad

Hackschnitzelheizungen sind in allen Leistungsbereichen ab ca. 10 kW verfügbar. Die meisten heute verfügbaren Anlagen verfügen über eine Leistungsregelung über die Brennstoff- und Verbrennungsluftzufuhr, so dass sie sowohl bei Volllast als auch bei Teillast betrieben weden können. Derzeit erreichen Hackschnitzellkessel bei Volllastbetrieb (Nennwärmeleistung) einen feuerungstechnischen Wirkungsgrad von rund 80-93%, das ist geringfügig weniger als die Werte für Pelletkessel (85-96%).

Brennstoff

Hackschnitzelheizungen sind auf die Verwendung von Holzhackschnitzeln als Brennstoff ausgelegt. Je nach Anlagentechnik variieren die Anforderungen an die Brennstoffqualität. Teilweise können auch andere biogene Brennstoffe eingesetztn werden.

Hackschnitzelqualitäten

Vor allem kleinere Anlagen benötigen für einen störungsfreien Betrieb trockene, gesiebte Ware mit definierten Größen der einzelnen Schnitzel, üblich sind hierfür Brennstoffe mit einer Teilchenlänge de Hauptfraktion von 3,15 bis 30 mm und einer Restfeuchte von weniger als 30 % (Klasse G30 S30 der europäischen Norm nach CEN/TS 14961). Größere Anlagen können häufig auch gröbere Ware mit größeren Abweichungen der Kantenlängen nutzen. Die Anlagen sind in der Regel auf bestimmte Feuchtebereiche des Brennstoffs ausgelegt. So sollten z.B. Anlagen zur Verfeuerung frischer Hackschnitzel mit höheren Feuchtegehalten nicht mit trockenem Material in Volllast betrieben werden, da es bei den dann herrschenden höheren Brennraumtemperaturen zu Schäden kommen kann.

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal für die Verbrennung ist der Aschegehalt der Hackschnitzel, der maßgeblich durch den Rindenanteil beeinflusst wird. Bei hohen Aschegehalten, wie z.B. bei Material von Kurzumtriebsplantagen oder

aus der Landschaftspflege (Hecke- und Strauchschnitt), erfordert der höhere Ascheanfall eine häufige Leerung des Aschekastens oder eine automatische Ascheaustragung. Mit höherem Aschegehalt einher gehen auch höhere Anforderungen an die Ausführung der Brennkammer, um Verschlackungen und eine Korrosion der Materialien zu vermeiden. Zudem steigen die Emissionen an Schadstoffen, vor allem an Feinstaub, an. Die ab 2015 geltenden Grenzwerte für Kleinfeuerungsanlagen können heute marktübliche Hackschnitzelheizungen erfüllen, wenn hochwertige, aschearme Brennstoffqualitäten verwendet werden. Andernfalls wird eine Rauchgasreinigung erforderlich.

Brennstoffalternativen und Ergänzung

Als förder- und verbrennungstechnisch einfachere, jedoch deutlich teurere Brennstoffalternative können in Hackschnitzelanlagen auch Holzpellets eingesetzt werden, umgekehrt können Hackschnitzel jedoch in der Regel nicht für Pelletheizungen verwendet werden. Anlagen, die auf die Verwendung verbrennungs- förder- und emissionstechnisch anspruchsvoller fester Biobrennstoffe wie Getreideverbrennung oder Halmgütern wie Stroh, Heu oder Miscanthus ausgelegt sind, können in der Regel auch mit Hackschnitzeln betrieben werden.

Die Kombination von Hackschnitzelheizungen mit der Brauchwassererwärmung und Heizunmgsunterstützung durch Sonnenkollektoren (Solarthermie) ist aus zwei Gründen vorteilhaft: Zum Einen können die Anlagen, die bei Teillastbetrieb und kurzen Betriebszeiten oft weniger effizient arbeiten, so in Zeiten geringer Wärmeanforderung über Monate hinweg außer Betrieb genommen werden. Zum anderen ist mit dem für Hackschnitzelheizungen teilweise nötigen Pufferspeicher (vereinzelte Hersteller benötigen nicht zwingend einen Pufferspeicher wie z.B.: Hargassner) bereits ein wesentlicher Anteil der für eine Wärmeversorgung über Solarthermie nötigen Anlagen bereits vorhanden.

Verbreitung und Entwicklung

Vor allem wegen des hohen Lagerraumbedarfs von Hackschnitzeln, aber auch während der im Vergleich zu anderen Brennstoffen geringen Transportwürdigkeit auf dem Landweg sind Hackschnitzelheizungen vor allem in ländlichen Regionen verbreitet. Besonders häufig sind diese Heizanlagen in Regionen mit einem hohen Waldanteil. In Bayern sind pro tausend Einwohner Hackschnitzelheizungen mit einer Leistung von 23 kW installiert, während im waldärmsten Flächenbundesland Schleswig-Holstein pro 1000 Einwohner lediglich 2 kW liefen (Stand: 2009).

In den letzten Jahren hat sich er Anteil an Hackschnitzelheizungen erhöht. Die Marktentwicklung bleibt jedoch deutlich hinter den starken Zuwächsen bei den Pelletheizungen zurück. Der größte Mengenanteil der produzierten Hackschnitzel zur energetischen Verwertung wird derzeit von Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken verbraucht.

Wirtschaftlichkeit

Hackschnitzelheizungen sind im Vergleich zu Öl- oder Gasheizungen häufig wirtschaftlich sinnvoll ab einem Leistungsbedarf von 20 kW oder mehr und eignen sich deshalb vorzugsweise für größere Altbauten, Mehrfamilienhäuser oder Gebäudekomplexe. Die Anfangsinvestittionen sind deutlich höher als bei den fossilen Alternativen, die Betriebskosten jedoch erheblich niedriger.

Hackschnitzelheizungen sind in der Anschaffung deutlich teurer als herkömmliche Öl-, Pellet-, oder Gasheizanlagen. Die Brennstoffkosten dagegen liegen sehr viel geringer als bei Öl- ,Gas- oder auch Pelletheizanlagen. Der Zeitraum, nach der sich die Investition in eine Hackschnitzelheizung finanziell auszahlt, hängt daher wesentlich ab von der Preisrelation von Heizöl gegenüber Hackschnitzeln.

Im Vergleich zu Öl- oder Gasheizanlagen wird für den Betrieb mehr elektrische Energie benötigt, z.B. für den Antrieb des Rührwerkes, die Förderschnecke und die automatische Aschenaustragung.

Förderung

Die Investititon in automatisch beschickte Hackschnitzelheizungen wird von der Bundesregierung erheblich gefördert. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gewährt Investititonszuschüsse von 1.000 € pro Anlage zwischen 8 und 100 kW Leistung. Größere Heizungen werden über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) mit Investitionszuschüssen gefördert. Zusätzliche Förderungen gewähren die Programme, wenn die Anlagen in energieeffizienten Gebäuden errichtet werden oder gleichzeitig eine Solaranlage zur Warmwassererwärung errichtet wird.

Nachhaltigkeit

Hackschnitzelheizanlagen gelten im Verglich zu Heizanlagen für fossile Brennstoffe als umweltverträglich. Die Menge an CO_2, die bei der Verbrennung von Hackschnitzeln freigesetzt wird, entspricht genau der Menge CO_2, die beim Wachstum der Hölzer in diese eingebunden wurde. Auch bei Einberechnung der CO_2-Freisetzung durch Waldbewirtschaftung, Transporte, Aufbereitung, Stromverbrauch der Heizung usw. ("graue Energie") erzeugen Hackschnitzel bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung deutlich weniger klimarelevante Emissionen als fossile Energieträger. Der CO2-Ausstoß von Holzhackschnitzel beträgt etwa 35 g/kWh, bei Heizöl liegt der Wert bei 303 g/kWh.

Durch den Einsatz des biogenen Energieträgers Holzhackschnitzel wird die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduziert. Zudem kann im Unterschied zu fossilen Brennstoffen bei der Nutzung von Holzhackschnitzeln auf regional erzeugte Brennstoffe zurückgegriffen werden. Die Ausgaben für den Brennstoff bleiben dann weitgehend in der eigenen Region und erhöhen dort die Wertschöpfung.

Emissionen

Die Emissionen von Kohlenmonoxid, flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Staub in den Rauchgasen liegen, über denen von Heizöl- oder Gaskesseln, jedoch z.B. weit unter denen von Kaminöfen alter Bauart[1] . Die Schadstoffemissionen moderner Hackschnitzelheizungen liegen weit unter den aktuellen Grenzwerten, auch nach der vorgesehenen Absenkung der Abgaswerte im Jahr 2015 gemäß 4. BImschV können die Anlagen die Grenzwerte einhalten. Bei schlechter Brennstoffqualität oder mangelhafter Wartung allerdings können die Abgasemissionen stark ansteigen.

Durch Systeme zur Rauchgasreinigung können die Emissionen weiter reduziert werden. In größeren Heizanlagen für Hackschnitzel, die den schärferen Abgasbestimmungen der TA Luft unterliegen, kommen Filtersysteme für Feinstaub und Stickoxide zum Einsatz. Für Hackschnitzelheizungen unter 100 kW sind erste Systeme zur Abgasreinigung für Feinstaub auf dem Markt.

Literatur

- Informationsbroschüre des schweizerischen Bundesamtes für Energie [2] (PDF-Datei; 251 kB)
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2007: Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen. PDF [9]
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2007: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen.ISBN 3-00-011041-0 (pdf [3])

Referenzen

[1] (http://www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/pb_pdf/Voss_Stuttgart_2009_06.pdf)Kumulierte Emissionen

[2] http://www.holzenergie.ch/uploads/tx_ttproducts/datasheet/304automatisch_heizen.pdf

[3] http://www.google.de/url?q=http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf&ei=YmhbS_6NEsvdsAayl7jMAw&sa=X&oi=spellmeleon_result&resnum=2&ct=result&ved=0CAoQhgIwAQ&usg=AFQjCNE66oVbYHlV9cVL1z-JBD07F4SUjQ

Hainbuche

Hainbuche

A Zweig mit Blütenständen, B Zweig mit Laubblättern und Fruchtständen.
Systematik
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae) *Ordnung:* Buchenartige (Fagales) *Familie:* Birkengewächse (Betulaceae) *Unterfamilie:* Haselnussgewächse (Coryloideae) *Gattung:* Hainbuchen (*Carpinus*) *Art:* Hainbuche
Wissenschaftlicher Name
Carpinus betulus
L.

Die **Hainbuche** (*Carpinus betulus*), auch **Weißbuche** oder **Hagebuche** genannt, gehört zur Gattung der Hainbuchen aus der Familie der Birkengewächse (Betulaceae). Sie wächst als mittelgroßer, laubabwerfender Baum in Europa und Westasien. Sie ist nicht näher mit der Rotbuche aus der Familie der Buchengewächse (Fagaceae) verwandt.

Name

Die Namen *Hainbuche* wie auch *Hagebuche* leiten sich vom althochdeutschen „haganbuoche“ ab, wobei *hag* „Einzäunung“, „Hecke“ bedeutet, und sich auf die Schnittfähigkeit der Pflanze bezieht. Ersterer, jüngerer Name steht ab dem Mittelalter zu Hain „kleiner Wald“ als Wortbildung zu *Hag*, da Hainbuchen klimatolerant sind und auch auf dem freien Feld gut gedeihen und daher Haine bilden können. Der zweite Namensteil „Buche“ rührt von der äußerlichen Ähnlichkeit mit der Rotbuche (Größe, Form und Nervenmuster der Blätter, glatte Rinde) her; in anderen Merkmalen (Habitus, Früchte) sind Hainbuchen und Buchen jedoch völlig verschieden. Von Hagebuche kommt das Adjektiv *hanebüchen* für derb, grob (hartes, zähes Holz).

Der Name *Weißbuche* beruht auf der im Gegensatz zur Rotbuche hellen Holzfarbe der Hainbuche.

Merkmale

Habitus und Alter



freistehendes Exemplar im Winter

Die Hainbuche ist ein sommergrüner Laubbaum, der Wuchshöhen bis 25 Meter und Stammdurchmesser von bis zu einem Meter erreicht. Im Kaukasus wird der Baum bis 35 Meter hoch. Das Höchstalter beträgt etwa 150 Jahre. Die Stämme bilden in geschlossenen Beständen acht bis zehn Meter lange Schäfte aus, im Extremfall auch bis 18 Meter lange. Der Stamm hat meist einen unregelmäßigen Querschnitt (spannrückig). Häufig ist der Stamm krumm.

Die Äste sind bei jungen Bäumen senkrecht orientiert und biegen im Alter in die Horizontale um. Die Kronen sind dicht und setzen sich aus weit ausladenden Ästen der unteren Bereiche und senkrecht orientierten Ästen der oberen Bereiche zusammen. Freistehende Bäume bilden mächtige, breit-ovale Kronen.



freistehendes Exemplar im Sommer

Knospen, Blätter, junge Triebe

Die Winterknospen sind spindelförmig und fünf bis acht Millimeter lang. Sie liegen dem Trieb dicht an. Die Knospenschuppen sind braun bis rotbraun und am Rand bewimpert. Die Blütenknospen sind etwas größer und weniger spitz als vegetative Knospen.

Die wechselständigen Blätter sind vier bis zehn Zentimeter lang, zwei bis vier Zentimeter breit, eiförmig und am Ende zugespitzt. Der Blattrand ist doppelt gesägt. Es gibt 10 bis 15 parallel stehende Blattadern-Paare. Die Unterseite der Blätter ist anfangs behaart (zumindest in den Winkeln der Blattadern), später jedoch kahl. Die Herbstfärbung ist leuchtend gelb, die Blätter haften teilweise in braunem Zustand bis zum Frühjahr an den Zweigen.

Die jungen Triebe sind glänzend braun (bis grünlich braun) und schwach behaart. Später werden sie bräunlich-grau und kahl. Sie besitzen zahlreiche weiße, elliptische Lentizellen.



Doppelt gesägtes Blatt der Hainbuche

Blüten und Früchte

Hainbuchen sind monözisch, d. h. sie besitzen männliche und weibliche Blüten, die jedoch auf einem Individuum vorkommen. Den Blüten fehlen die Kronblätter. Die Blütenstände sind reduzierte Zymen. Blüten werden an den jungen Trieben angelegt, überwintern als Knospe und erscheinen kurz vor und zeitgleich mit den Blättern. Die Bestäubung erfolgt durch Wind. Blütezeit ist im Mai.

Die männlichen Blüten stehen einzeln in den Zymen an vielblütigen Kätzchen. Diese sind hängend, vier bis sechs Zentimeter lang und gelbgrün. Eine Blüte besteht aus acht gespaltenen Staubblättern, eine Blütenhülle fehlt. Jede Blüte steht in der Achsel eines Deckblattes, Vorblätter fehlen.



Fruchtstand

Die weiblichen Blüten stehen zu zweit in Zymen. Jede Zyme steht in der Achsel eines Deckblattes. Alle Zymen zusammen bilden einen vielblütigen, zwei bis vier Zentimeter langen Blütenstand. Jede Blüte hat ein kleines, gewelltes Perianth und ist zudem von einem Deckblatt und zwei Vorblättern umgeben. Die Samenanlagen besitzen zwei Integumente, der Embryosack entwickelt sich nach dem Polygonum-Typ. Die Befruchtung verläuft chalazogam, die Entwicklung des Endosperms nucleär.

Die Frucht ist eine kleine, einsamige Nuss, die in der Achsel eines dreilappigen, drei bis fünf Zentimeter langen Blattorgans steht, welches aus den Deck- und Vorblättern der Blüte entsteht. Dieses Blattorgan ist zunächst grün und dient der Versorgung der sich entwickelnden Frucht mit Assimilaten. Zur Fruchtreife vertrocknet es und dient als Flügel bei der Windausbreitung der Früchte. Zur Reifezeit (August/September) sind die Fruchtstände bis 17 Zentimeter lang. Die Früchte lösen sich aber erst im Oktober/November ab.

Wurzeln und Mykorrhizen

Hainbuchen bilden in tiefgründigen Böden tiefreichende Herzwurzeln aus. In feuchten Böden konzentrieren sich die Wurzeln in den obersten 35 Zentimetern, weshalb die Bäume solcher Standorte anfällig gegen Windwurf sind.

Die Art geht mehrere Formen von Ektomykorrhiza-Symbiosen ein, bevorzugt aber keinen spezifischen Partner. Als Symbionten sind rund 25 Arten von Ständerpilzen bekannt, aber nur wenige Schlauchpilze und Deuteromyceten.

Holz und Rinde

Technische Holzdaten[1]	
Rohdichte (r_{11})	0,69–0,95 g cm^{-3}
Druckfestigkeit	64,7 MPa
Zugfestigkeit	104,9 MPa
Biegefestigkeit	105,0 MPa
Scherfestigkeit	8,33 MPa

Das Holz der Hainbuche ist weiß bis gräulich-weiß, was ihr den Namen Weißbuche im Gegensatz zum rötlichen Holz der Rotbuche einbrachte. Es gibt keine Farbunterschiede zwischen Splint- und Kernholz. Das Holz ist gleichmäßig aufgebaut, Jahresringe sind nur schwer erkennbar. Das Holz ist hart und schwer. Unter den in Mitteleuropa heimischen Bäumen besitzt die Hainbuche das schwerste Holz. Diese Eigenschaft hat der Hainbuche – wie einigen anderen Baumarten – den Namen *Eisenbaum* eingebracht.[2] Die Rohdichte beträgt zwischen 0,69 und 0,95 Gramm pro Kubikzentimeter.[1] Das Holz hat im Mittel folgende Zusammensetzung: 18 bis 28 % Lignin, 43 bis 49 % Zellulose, 19 bis 27 % Pentosane.



Rinde eines alten Baumes

Die Rinde ist grau, dünn und glatt. Sie kann bei alten Bäumen in Längsrichtung aufreißen. Auch die Rinde bildet ca. 0,12 Millimeter breite Jahresringe.

Vorkommen

Obwohl die Gattung *Carpinus* fossil bereits aus dem Tertiär bekannt ist, lässt sich die Hainbuche erst in Sedimenten aus dem Quartär nachweisen.[3] Die eiszeitlichen Refugien der Hainbuche lagen in Südeuropa und im Kaukasus. Ab ca. 7000 v. Chr. wanderte sie nach Mitteleuropa ein. 5000 bis 4000 v. Chr. war sie bereits weit verbreitet. Etwa 2000 v. Chr. hatte sie ihre heutige Ausdehnung erreicht.

Areal

Das Areal der Hainbuche umschließt Mitteleuropa, Nord-Anatolien, den Kaukasus und das Elbrus-Gebirge. Die Nordgrenze in Europa verläuft von Südwest-England über Nordbelgien nach Nord-Dänemark, wo die Hainbuche bei 57° 30' nördlicher Breite ihren nördlichsten Punkt erreicht. Weiter führt die Grenze über Süd-Schweden durch Lettland, Litauen, Weißrussland durch die Ukraine, wo sie nahe der Mündung des Dnepr an das Schwarze Meer stößt. Sie kommt im gesamten Kaukasus und in Küstennähe des Kaspischen Meeres auch im Elburs-Gebirge vor. Südlich der Pyrenäen, auf Korsika, Sardinien und Sizilien kommt die Hainbuche nicht mehr vor, wohl aber auf der Apennin- und der Balkan-Halbinsel. Auch in Anatolien kommt sie nur in einem schmalen Streifen entlang der Küste des Schwarzen Meeres vor.

Nahe ihrer Nordgrenze wächst die Hainbuche in Meereshöhen, in den Gebirgen steigt sie in folgende Höhen:

- Mitteleuropa: 700 bis 1000 m
- Seealpen: 1300 m
- Kaukasus: 2000 m
- Elbrus-Gebirge: 2300 m

Standorte

Die Hainbuche ist im subozeanischen Klima verbreitet. Sie verträgt warme Sommer, an ihrer östlichen und nördlichen Verbreitungsgrenze erträgt sie Temperaturen bis -30° C.

Im Süden des Areals wächst sie bevorzugt in feuchten, schattigen Tallagen bzw. in regenreichen Gebieten wie Nordanatolien, Colchis und an den Nordhängen von Kaukasus und Elbrus. Im Norden des Areals ist die Hainbuche relativ wärmebedürftig und meidet exponierte Lagen.



ca. 200 Jahre alte Schneitelbuchen im Urwald Sababurg

Optimale Wuchsleistungen erbringt die Hainbuche auf nährstoffreichen, mesotrophen bis eutrophen Böden, die frisch bis periodisch nass sind.

In Mitteleuropa wächst sie meist auf Braunerde und Pseudogley, die aus diluvialen Ton- bzw. Ton-Sand-Ablagerungen hervorgegangen sind. In Südeuropa und in den Gebirgen wächst sie auf Rendzinen, in Südost-Europa auf Lößböden.

Nach Heinz Ellenberg hat die Hainbuche folgende Zeigerwerte: Halbschatten bis Schattenpflanze, Mäßigwärme- bis Wärmezeiger, subozeanisch, mit Schwergewicht in Mitteleuropa, nach Osten ausgreifend. Bezüglich Feuchte, Reaktionszahl und Stickstoff ist die Art indifferent.

Die Hainbuche ist die Charakterart der Eichen-Hainbuchen-Wälder (Carpinion betuli).

Systematik

Innerhalb der Gattung *Carpinus* gehört die Hainbuche zur Sektion Carpinus. Schon 1753 wurde sie von Carl von Linné unter dem heute noch gültigen Namen *Carpinus betulus* beschrieben.[4]

Es werden mehrere Varietäten unterschieden, die vor allem im Gartenbau Verwendung finden:[5] :

- var. *angustifolia* (Medwed.) O. Radde mit länglichen Blättern und konischen, stark gerippten Früchten, aus der Ukraine.
- var. *carpinizza* (Host) Neilr. mit kleinen, am Grunde herzförmigen Blätter mit sieben bis neuen Adernpaaren, aus Rumänien.
- var. *parva* O. Radde mit kleinen, stark behaarten Blättern und aufgetriebenen Früchten, aus der Ukraine.

Des Weiteren sind auch mehrere Zierformen entstanden[6] :

- 'Columnaris' – anfangs mit säulenförmiger Krone, später eiförmig bis fast rund, dicht verzweigt, langsamwüchsig.
- 'Fastigiata' – raschwüchsig, mit regelmäßiger Krone, anfangs säulenförmig, im Alter breit eiförmig.
- 'Fastigiata Monument' – kompakt und säulenförmig wachsend, sehr langsamwüchsig.
- 'Frans Fontaine' – säulen- bis eiförmige Krone, langsam wachsend und im Alter schmal bleibend.
- 'Incisa' – mit schmalen, tief gelappten Blättern.
- 'Quercifolia' – mit schmalen, rund gelappten Blättern.
- 'Variegata' – mit gelb gefleckten Blättern.

Wie die meisten *Carpinus*-Arten besitzt die Hainbuche in ihrem südlichen Verbreitungsgebiet einen diploiden Chromosomensatz von 2n=16. Im Norden kommen jedoch überwiegend oktoploide Individuen vor.

Krankheiten und Fraßfeinde

Es sind mehr als 200 Pilzarten bekannt, die die Hainbuche befallen können, darunter etliche Mehltau- und Rostpilze. Von den holzzerstörenden Pilzen sind besonders die Weißfäule-Erreger wichtig, unter denen es jedoch keine Hainbuchen-spezifischen Arten gibt. Unter den über 70 Insekten- und Milbenarten, die die Hainbuche befallen, sind nur wenige auf die Hainbuche spezialisiert, zum Beispiel die Schildlaus *Parthenolecanium rufulum* Cockerell und der Borkenkäfer *Scolytus carpini* Ratz.

Junge Pflanzen können durch Rothirsch und Reh verbissen werden, Sämlinge und Früchte werden von verschiedenen Nagetieren gefressen.

Nutzung



Holzquerschnitt mit Falschkern

Die wirtschaftliche Bedeutung der Hainbuche ist heute eher gering. Das Holz wird wegen seiner Dichte und Härte zur Herstellung von Parkett und bestimmten Werkzeugen, zum Beispiel Hobelsohlen, für Werkzeugstiele und Hackblöcke verwendet. Im Klavierbau verwendet man das Holz für die Hämmer. Die früheren Einsatzbereiche waren weit umfangreicher: Webstühle, Zahnräder, Schuhleisten, Stellmacherei, landwirtschaftliche Geräte und vieles mehr.

Die Hainbuche liefert hervorragendes Brennholz, welches sich von Hand jedoch nur außerordentlich schwer spalten lässt. In dieser Anwendung lag früher die Hauptnutzung der Hainbuchen. In Mitteleuropa wurde die Hainbuche durch den Menschen früher indirekt stark gefördert, da sie in den der Brennholzgewinnung dienenden Niederwäldern durch ihr hohes Stockausschlagvermögen gegenüber der Rotbuche einen eindeutigen Konkurrenzvorteil hatte.

Bereits in römischer Zeit, aber auch noch im 30-jährigen Krieg, wurden Wehrhecken (Landwehren) in Mitteleuropa zu einem großen Teil aus Hainbuchen angepflanzt. Die Hagebüsche wurden mit Äxten angehauen und umgeknickt. So wuchsen sie – zusammen mit Brombeeren, Heckenrosen und anderen Dornensträuchern – zu undurchdringlichen Gebilden, die „Knickicht“, „Wehrholz“, „Landheeg“ oder „Gebück“ genannt wurden. Im 11. Jahrhundert etwa legte Kurmainz eine Landwehr, das Rheingauer Gebück, an, das den ganzen Rheingau zwischen Nieder-Walluf und Lorchhausen gegen den Taunus hin abgrenzte. Die Landwehr war 50 bis 100 Schritt breit und nur an wenigen Stellen mit Durchlässen versehen. Für die Instandhaltung sorgte ein eigenes Haingericht. Viele Ortsnamen mit den Endungen -hagen und -hain weisen auf solche Landwehren hin.[7]

Hainbuchen wurden früher oft regelmäßig geschneitelt, um Futter für das Vieh zu gewinnen. Es entstanden dadurch bizarre, knorrige und oft hohle Baumgestalten, die man in manchen Wäldern heute noch vorfindet.

Es gibt keine Hinweise darauf, dass die Hainbuche als Heilpflanze Verwendung fand. Lediglich in der Bach-Blütentherapie wird *Hornbeam* (englische Bezeichnung für die Hainbuche) gegen Übermüdung und Erschöpfung eingesetzt.[8]

In Gärten werden Hainbuchen wegen ihres guten Ausschlagvermögens und ihrer dichten Belaubung gern als geschnittene Hecke gepflanzt. Auch als Alleebäume werden sie verwendet, hierfür gibt es schmalkronige Sorten. Die Hainbuche war Baum des Jahres im Jahr 1996 in Deutschland und im Jahr 2007 in Österreich[9] .

Quellen

Literatur

- Horst Bartels: *Gehölzkunde: Einführung in die Dendrologie.* UTB Eugen Ulmer, Stuttgart 1993. ISBN 3-8252-1720-5
- Adam Boratyński: *Carpinus betulus.* In: P. Schütt et al. (Hg.): *Enzyklopädie der Laubbäume*. Nikol, Hamburg 2006, S. 165-176. ISBN 978-3-937872-39-1
- Doris Laudert: *Mythos Baum. Geschichte, Brauchtum. 40 Porträits*. blv, München 2004, S. 129-131. ISBN 3-405-16640-3
- Peter Kiermeier: *Handbuch Wildgehölze*. Verlag Grün ist Leben, Pinneberg 2000, S. 30-31. ISBN 3-934480-09-8
- Heinrich Rubner: *Die Hainbuche in Mittel- und Westeuropa. Untersuchungen über ihre ursprünglichen Standorte und ihre Förderung durch die Mittelwaldwirtschaft*. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 121. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg 1960.

Weblinks

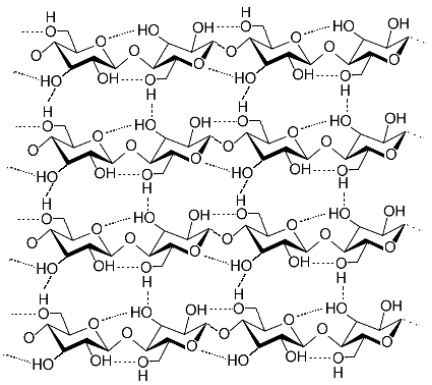
- Fotos und Infos zur Hainbuche bei baumkunde.de [10]
- Verbreitungskarte [11] für Deutschland bei Floraweb [6]

Referenzen

[1] Boratyński: Carpinus betulus, 2006, S. 170.
[2] Laudert: *Mythos Baum*, 2006, S. 131.
[3] Adam Boratyński: *Carpinus betulus.* 2006, S. 167.
[4] Carl von Linné (1753): *Species Plantarum*. 2:998. (http://www.botanicus.org/page/359019)
[5] Boratyński: Carpinus betulus, 2006, S. 167.
[6] Boratyński: Carpinus betulus, 2006, S. 171.
[7] Laudert: *Mythos Baum*, 2006, S. 130f.
[8] Laudert: *Mythos Baum*, 2006, S. 131.
[9] (http://www.wald.or.at/) Kuratorium Wald
[10] http://www.baumkunde.de/baumdetails.php?baumID=0072
[11] http://www.floraweb.de/MAP/scripts/esrimap.dll?name=florkart&cmd=mapflor&app=distflor&ly=gw&taxnr=1318

Halbzellstoff

Halbzellstoff ist ein Rohstoff für die Papierherstellung, der aus Holz hergestellt wird und vor allem aus Cellulose und Anteilen von Lignin besteht. Er stellt eine Zwischenstufe zwischen Zellstoff und Holzstoff dar.

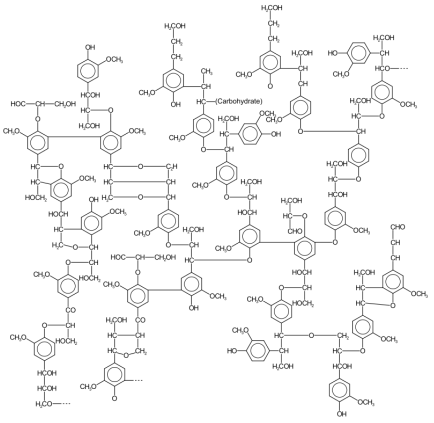


Ausschnitt aus Cellulosemolekülen, über mehrere Organisationsebenen entstehen Celluosefasern

Hintergrund

Hochwertiges Papier wird meist aus Zellstoff hergestellt, welcher vor allem aus Cellulose besteht. Zellstoff wird vor allem mittels chemischer Verfahren (vor allem Sulfat- und Sulfitverfahren) aus Holz (Lignocellulose) gewonnen. Dabei geht rund 50 % der Substanz verloren, da das Lignin in Lösung (Schwarzlauge) geht.

Weniger hochwertiges und beständiges Papier (z. B. Zeitungs- und Magazinpapier) dagegen wird aus Holzstoff hergestellt. Bei der Gewinnung aus Holz wird das Lignin nicht entfernt, so dass die Ausbeute auf über 90 % der eingesetzten Holzmasse gesteigert werden kann. Die gewünschten Eigenschaften bestimmter Papiersorten könne auch durch den Ligninanteil verbessert werden. Problematisch kann die mit der Zeit stattfindende Vergilbung durch das Lignin sein.



In Lignocellulose durchwirkt Lignin die Cellulose

Halbzellstoff ist eine Zwischenvariante zwischen Zellstoff und Holzstoff. Der Verfahrensschritt zur Entfernung des Lignins wird zum gewünschten Zeitpunkt unterbrochen, um einerseits die Ausbeute pro Holzmasse zu steigern oder durch das Lignin bestimmte Eigenschaften des daraus hergestellten Papiers zu beeinflussen. Auf der anderen Seite werden negative Effekte durch den Ligninanteil zwar nicht vollständig aber zumindest teilweise vermieden.

Verwendung

Halbzellstoff wird vor allem für die Herstellung von Wellenpapieren für Wellpappe verwendet.[1]

Literatur

- Jochem Ottersbach *Bedruckstoff und Farbe*, Verlag Beruf + Schule, ISBN 3-88013-412-X

Referenzen

[1] *Papierlexikon* (http://www.papyrus.li/Papierlexikon/Lexikon_H.htm#Halbzellstoff), abgerufen am 09.01.2010

Halmgutartige Biomasse

Unter **halmgutartiger Biomasse**, bzw. bei der rein energetischen Nutzung auch als **halmgutartiger Brennstoff** bezeichnet, werden vor allem organische Aufkommen aus ein- bis mehrjährigen Nicht-Holz-Pflanzen bezeichnet, die in der Landwirtschaft als Nebenprodukte bzw. Erntereste sowie in der Landschaftspflege anfallen. Dies umfasst insbesondere Stroh und Gräseraufkommen, die der energetischen Nutzung zugeführt werden.[1]

Definition

Eine eindeutige Definition der halmgutartigen Biomasse gibt es nicht. In der Regel fallen unter diesen Begriff all jene Fraktionen, die einen eindeutigen halmgutartigen Charakter aufweisen, also vor allem Strohfraktionen und Gräser. Insbesondere im angelsächsischen Sprachraum wird dies jedoch häufig auf sämtliche Biomasseanteile ausgedehnt, die nicht zu den Hölzern zu zählen sind, wodurch auch Olivenkerne, Nussschalen und Hülsen von Gemüsen in diese Definition fallen. Vergleicht man diese Charakterisierung mit der europäischen Brennstoff-Klassifizierung nach CEN/TS 14961, entspricht sie im Wesentlichen der als „Halmgut und krautartige Brennstoffe“ klassifizierten Gruppe 2, während andere Biomassefraktionen auf die „holzartige Biomasse“, die „Biomasse von Früchten“ und „Definierte und undefinierte Mischungen“ aufzuteilen sind.[2]

Zusammensetzung



Zu Rundballen zusammengepresstes Stroh

Die halmgutartige Biomasse setzt sich vor allem aus Ernterückständen bei der Ernte von Getreide, Ölsaaten, Leguminosen und Körnermais zusammen. Diese Rückstände werden zu einem großen Anteil als humusbildendes Substrat nach der Ernte wieder in den Boden eingearbeitet.

Das größte Aufkommen stellt dabei das Getreidestroh dar, das aus dem Anbau und der Nutzung verschiedener Getreidearten stammt (vor allem Weizen, Gerste, Roggen und Triticale). So werden in Europa auf etwa 70 % der Ackerfläche Getreide angebaut, in Deutschland sind es etwa 57 %.[1] Weit weniger als die Hälfte des theoretisch nutzbaren Getreidestrohs steht jedoch für weitere Nutzungen zur Verfügung, während der überwiegende Teil auf dem Feld verbleibt und untergepflügt wird. Dem Getreide folgen die Ölsaaten mit etwa 16 % der Anbaufläche, vor allem Raps. Durchschnittlich fallen bei einer Produktion von etwa 3,5 t Rapssaat etwa 10 t Rapsstroh an. Bei der Nutzung von Sonnenblumen fallen bei der Ernte etwa 10 t pro 2,5 t Ölsaat an.[1] Maisstroh beim Anbau von Körnermais (nicht beim Energiemais, bei dem die gesamte Pflanze genutzt wird) fällt in einem Verhältnis von 1:1,3 a, auf durchschnittlich 6,8 t pro ha und Jahr Maiskörner kommen also 9 t Maisstroh. Leguminosenstroh fällt in relativ geringen Mengen an, in Deutschland vor allem durch den Anbau der Ackerbohne. Neben diesen Strohaufkommen fallen in der Landwirtschaft zudem Erntereste beim Anbau von Kartoffeln, Gemüse und beim Hopfen in teilweise recht großen Mengen an. Nutzbare Mengen aus diesen Fraktionen fallen allerdings kaum an, die meisten Reste verbleiben auf dem Feld als humusbildende Biomasse.

Abseits der Landwirtschaft fällt halmgutartige Biomasse vor allem im Bereich der Landschaftspflege in Form von Straßengrasschnitt von der Pflege von Straßenrändern und Bahntrassen, Grasschnitt aus Parks, Anlagen und Friedhöfen sowie aus der Mahd in Naturschutzflächen an. Privat anfallende Biomasse durch Rasenschnitt spielt dagegen keine nennenswerte Rolle.

Nutzung

Halmgutartige Biomasse wird sowohl energetisch als auch stofflich genutzt. Eine Reihe von stofflichen Anwendungen finden dabei direkt in der Landwirtschaft statt. Dazu gehört insbesondere die Nutzung von Getreidestroh als Tiereinstreu, wobei es nach der Nutzung in Form von Mist zur Düngung eingesetzt wird, oder die Abdeckung für Pflanzungen (vor allem Erdbeerpflanzungen). Als Zukunftsoption vor allem für Getreidestroh ist die biotechnologische Nutzung in der Bioraffinerie potenziell von Interesse, die Grüne Bioraffinerie baut explizit auf die Nutzung von Frisch-Biomasse wie Gräser auf.

Die energetische Nutzung erfolgt sowohl als Biogassubstrat (vor allem bei Grünschnitt) sowie durch Verbrennen der trockenen Halmgüter in entsprechenden Verfeuerungsanlagen (Strohverbrennung). So erfolgt die energetische Nutzung von Getreidestroh in Heiz- und Kraftwerken nur in einigen europäischen Ländern, vor allem in Dänemark, Spanien und Großbritannien; insgesamt werden nur etwa 1 % des Gesamtaufkommens auf diese Weise genutzt.[1] Das erste Strohkraftwerk Deutschlands mit einer Feuerungsleistung von 50 MW soll ab 2010 in Emlichheim im Emsland in Betrieb gehen.[3]

Probleme bei der Verbrennung sind in der Regel sehr hohe Aschegehalte bei gleichzeitig sehr niedrigen Ascheerweichungstemperaturen und daher starke Verschlackung der Feuerung sowie die aufwendige Bereitstellung und Trocknung der Biomasse.

Literatur

- *Halmgutartige Biomasse.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 148-157. ISBN 978-3-540-85094-6.

Referenzen

[1] *Halmgutartige Biomasse.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 148-157. ISBN 978-3-540-85094-6.

[2] CEN/TS 14961:2005: *Feste Biobrennstoffe - Brennstoffspezifikationen und -klassen.* Deutsche Fassung 2005.

[3] *BEKW Emlichheim* - Geplantes Strohkraftwerk in Deutschland (http://www.bioenergie-emsland.de/bekw_emlichheim.htm)

Hanf (Art)

Hanf

Cannabis sativa Illustration
Systematik
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae) *Ordnung:* Rosenartige (Rosales) *Familie:* Hanfgewächse (Cannabaceae) *Gattung:* Hanf (*Cannabis*) *Art:* Hanf
Wissenschaftlicher Name
Cannabis sativa
L.

Der **Hanf** (*Cannabis sativa*), selten auch **Echter Hanf**, ist eine Pflanzenart aus der Familie der Hanfgewächse (Cannabaceae).

Hanf ist zu unterscheiden von der zweiten Art der Gattung, dem Indischen Hanf (*Cannabis indica*). Beide Arten dienen gleichermaßen zur Gewinnung von Rauschmitteln, jedoch weist *Cannabis sativa* bessere Voraussetzungen für den Anbau als Faserhanf auf als *C. indica* und wird wegen dieser vielseitig verwendbaren Fasern auch als Nutzhanf landwirtschaftlich angebaut. Daneben ist er auch ein Lieferant von als Lebensmittel interessanten Samen sowie Ölen, wobei letztere auch als Rohstoffe Verwendung finden können [1] .

Beschreibung

Der Hanf ist eine einjährige, krautige Pflanze (Therophyt) und erreicht eine Wuchshöhe von maximal einem bis drei Meter, abhängig von der Region und der Sorte.

Die Hanfpflanze besitzt eine gut entwickelte Pfahlwurzel mit zahlreichen Seitenwurzeln. Die Hauptwurzel kann, abhängig von der Bodenbeschaffenheit, eine Länge von bis zu 2,0 bis 2,5 Meter erreichen, die Nebenwurzeln werden maximal 60 bis 80 Zentimeter lang. Dabei entwickelt sie sich vor allem in lockerem Mineralboden zu größerer Durchwurzelungstiefe und -dichte, während sie sich in festerem Boden deutlich weniger stark entwickelt und vor allem im oberen Bereich die größte Wurzeldichte und -masse ausbilden. Weitere Einflüsse auf die Wurzeltiefe stellen der Grundwasserspiegel, die Bewuchsdichte und andere Kultivierungsparameter sowie die Hanfrasse dar. Zudem bilden männliche Pflanzen aufgrund der kürzeren Vegetationsphase eine weniger starke Bewurzelung aus wie weibliche Pflanzen. Insgesamt stellt die Wurzelmasse bei Faserhanfsorten etwa 8 bis 9% der Gesamtmasse der Pflanze dar.

Die Stängel stehen meist einzeln und aufrecht, im Bereich des Blütenstandes sind sie verzweigt. Die Seitentriebe sind dicht weiß behaart.

Die Laubblätter sind wechselständig, der Blattstiel ist 2 bis 7 Zentimeter lang. Die Spreite auf der Unterseite ist weißlich grün und mit bräunlichen Harzdrüsen besetzt, auf der Oberseite dunkelgrün und behaart. Die einzelnen Blättchen sind lanzettlich bis linealisch und 7 bis 15 (selten 3 bis 15) Zentimeter lang und 0,5 bis 1,5 cm (selten 0,2 bis 2) Zentimeter breit und laufen spitz zu, der Rand ist fein gesägt. Die Nebenblätter sind linealisch.

Blütezeit ist von Mai bis Juni. Die männlichen Blütenstände sind rund 25 Zentimeter lang, die an einem 2 bis 4 Millimeter langen Blütenstiel hängenden, nickenden Blüten sind gelblich grün, die eiförmigen bis lanzettlichen Kelchblätter 2,5 bis 4 Millimeter lang, häutig und schwach behaart. Die Kronblätter fehlen. Die Staubfäden sind zwischen 0,5 und 1 Millimeter lang, die Staubbeutel länglich-rund.

Die weiblichen Blütenstände sind blattachselbürtig und stehen dicht beieinander zwischen den blattartigen, gelben Tragblättern und Vorblättern. Die Blüten sind ungestielt und von grüner Farbe, der Kelch ist schwach behaart und liegt eng um den runden Fruchtknoten. Die Reifezeit der Früchte fällt in den Juli. Die Frucht ist eine flach eiförmige Achäne und erreicht Längen von 2 bis 5 Millimeter.

Verbreitung

Ursprünglich vermutlich aus Zentralasien stammend, ist Hanf heute fast weltweit in den gemäßigten Zonen verbreitet.

Systematik

Die Art wird in zwei Varietäten gegliedert:

- Kultur-Hanf *Cannabis sativa var. sativa*
- Wild-Hanf *Cannabis sativa var. spontanea* Vav.

Verwendung

Hauptartikel: Nutzhanf und Cannabis als Rauschmittel

Hanf gilt als eine der ältesten Nutzpflanzen der Welt, seine Geschichte reicht bis zu 8000 Jahre zurück. Die Hanffaser wird verwendet zur Herstellung von Seilen, Textilien und Spezialpapier, aber auch zahlreichen anderen Produkten wie Dämmstoffe oder Naturfaser-Verbundwerkstoffe. Als Nebenprodukt der Produktion entstehen Schäben. Die Samen finden Verwendung als Lebens- und Futtermittel, die aus ihnen gewonnenen Öle werden ebenfalls als Lebensmittel, aber auch als Kosmetika sowie als medizinische oder technische Öle verwendet (Hanföl, Ätherisches Hanföl).[1]

Daneben wird Cannabis sativa ebenso wie die andere Art Cannabis indica als Rauschmittel verwendet. Cannabis sativa hat dabei eine mehr psychedelische und anregende Wirkung als Cannabis indica, welches eine mehr sedative bis einschläfernde Wirkung hat. Dies ist vermutlich durch den höheren Cannabidiol (CBD)-Gehalt des C. indica bedingt.

Nachweise

- Zhengyi Wu, Zhe-Kun Zhou & Bruce Bartholomew: *Cannabaceae* In: Flora Of China, Bd. 5, S. 75, Online [2]

Einzelnachweise

Die Informationen dieses Artikels entstammen zum größten Teil den unter Nachweise angegebenen Quellen, darüber hinaus werden folgende Quellen zitiert:

[1] Ivan Bócsa, Michael Karus, Daike Lohmeyer: *Der Hanfanbau – Botanik, Sorten, Anbau und Ernte, Märkte und Produktlinien*. Landwirtschaftsverlag, 2000, S. 178-179, ISBN 3-7843-3066-5

[2] http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=105522

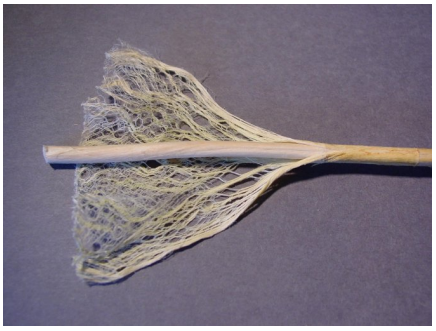
Hanffaser

Hanffaser	
	
Fasertyp	Naturfaser
Herkunft	Nutzhanf
Farbe	grau, braun
Eigenschaften	
Faserlänge	Einzelfaser 5-55, durchschn. 25 mm; Faserbündel 1-3 m[1]
Faserdurchmesser	10-50 µm, durchschn. 25 µm[1]
Dichte	1,48 g/cm^3[1]
Zugfestigkeit	0,31-0,39 GPa[1]
Elastizitätsmodul	69 GPa[1]
Bruchdehnung	1,6-2,7%[1]

Wasseraufnahme	8%[1] bzw. 8,5-10%[2]
Chemische Beständigkeit	beständig gegen Basen, unbeständig gegen starke Säuren[3]

Hanffasern sind die Fasern aus dem Bast der Hanfpflanzen. Die Fasern der Nutzhanfsorten werden als Faserwerkstoff für unterschiedliche Anwendungen genutzt. Die ältesten Nachweise für eine Verwendung der Hanffasern reichen dabei bis in das Jahr 2800 v. Chr. zurück und aufgrund ihrer Eigenschaften, vor allem der Festigkeit, wurden sie zur Herstellung von Segeltuch, Tauen und Seilen bis weit in das 19. Jahrhundert genutzt. Heute finden sie außerdem Verwendung in Textilien, Zellstoffen, Papieren sowie naturfaserverstärkten Kunststoffen.

Faseraufbau, Inhaltsstoffe und Eigenschaften



Hanfstängel mit Fasern und holzigen Innenbereich

Hanffasern sind im Stängel in mehreren Lagen und als Faserbündel parallel zur Stängelachse und ringförmig im Phloem angeordnet. Sie bestehen aus langen Bastfaserzellen (Elementarfasern), die übereinander und nebeneinander angeordnet sind. Die Bündel bestehen aus 2 bis 40 Zelleinheiten, die als Primärfasern bezeichnet werden. Dabei sind die Fasern in den inneren Bündeln im Regelfall kürzer und feiner als die der äußeren Faserbündel. Die Einzelzellen haben einen Durchmesser von 10 µm bis 50 µm und haben Längen von 5 Millimeter bis 55 Millimeter mit einem Durchschnitt von etwa 25 Millimeter. Sie sind durch Pektinsubstanzen mehr oder weniger stark verbunden, wodurch ein Faserbündel eine Gesamtlänge von einem bis drei Meter erreichen kann.

In ihrer Fasermorphologie und -qualität unterscheiden sich männliche und weibliche Hanfpflanzen. Die weiblichen Pflanzen haben eine längere Vegetationszeit und bilden dickere und festere Faserzellen, während der Anteil der Primärfasern in den männlichen Pflanzen höher ist. Entsprechend sind die Fasern der männlichen Hanfpflanzen feiner und können zu feineren Stoffen verwebt werden, die der weiblichen Pflanzen sind dagegen deutlich fester und können eher für gröbere Gewebe und Seile verwendet werden. Heute werden beide Geschlechter gemeinsam verarbeitet, um eine mittlere Faserqualität zu erreichen.[2]

Inhaltsstoffe der Fasern[4]	
Inhaltsstoff	**Prozent**
Pektin, Lignin	9,5
Wasserlösliche Substanzen	2,1
Pflanzenöl und -wachs	0,6
Mineralische Substanz	0,8
Hygroskopisches Wasser	10,0
Cellulose	75,0
Andere Bestandteile	2,0

Im weiteren Wachstum der Pflanze bilden sich vor allem im unteren Stängelbereich Sekundärfasern, die die Stabilität des Stängels erhöhen und mit durchschnittlich zwei Millimetern Länge deutlich kürzer als die Primärfasern sind. Moderne Nutzhanfsorten beinhalten zwischen 30 und 40 % Faseranteile, wodurch Erträge von 1,5 bis 2 Tonnen

pro Hektar Anbaufläche erreicht werden.

Je nach Reifezustand der Pflanze bestehen die Fasern aus 60-70 % Cellulose und 10-20 % Hemicellulosen. Diese Anteile können durch Ernteverfahren und spätere Produktionsschritte wie das Rösten und den Faseraufschluss bis zum Endprodukt variieren. Weitere Substanzen der Fasern sind Pektine, Lignin (2 bis 5%), Mineralien, Fette und Wachse.[5] Dabei enthält die Faser mehr Lignin als eine Flachsfaser und entsprechend weniger Cellulose. Sie ist vergleichsweise unempfindlich gegen Chemikalien: Gegen Basen ist sie vollständig unempfindlich und nur starke Säuren können die Faser beschädigen.

Die mechanischen Eigenschaften der Hanffaser können je nach Ausgangsmaterial wie bei allen Naturprodukten relativ stark variieren und nur als Durchschnittswerte angegeben werden. Die Bruchfestigkeit der Hanffaser ist mit 23 % ein wenig höher als die der vergleichbaren Flachsfaser und die spezifische Reißfestigkeit beträgt etwa 30 Reißkilometer (Rkm).[3] Die Dehnbarkeit liegt dagegen nur bei zwei bis drei Prozent und die Flexibilität ist abhängig von Bündelaufbau und der Feinheit der Fasern. In Garnen werden Festigkeit und Flexibilität erhöht, indem man Hanf- und Flachsfasern gemeinsam verspinnt und so die Eigenschaften beider Fasern nutzt.[4] Die Wasseraufnahmefähigkeit der Hanffaser liegt bei etwa 8 % des Eigengewichtes, ohne dass Wasser austritt und sich das Material nass anfühlt; dieser Eigenschaft verdankte Hanf vor allem seine Bedeutung als Material für Seile, Taue, Netze und Segeltuch in der Schifffahrt.[3]

Faseraufschluss

→ *Hauptartikel* Faseraufschluss



Hanfernte

Die Hanfernte zur Fasergewinnung erfolgt im Regelfall zur Blütezeit der männlichen Pflanzen.[6] Die Hanffasern werden durch Brechen und Walzen der Stängel vom Rest der Pflanze getrennt, dieser Prozess wird als Faseraufschluss bezeichnet. Dabei wird das Hanfstroh in Fasern und Schäben getrennt. Je nach Länge der so gewonnenen Fasern unterscheidet man zwischen dem Langfaseraufschluss und der Kurzfaser- und Gesamtfaserlinie. Bei der Herstellung von Langfasern handelt es sich um das aufwändigere traditionelle Aufschlussverfahren, während die Kurzfaserlinie vor allem aufgrund des Verzichts auf die Wasserröste und die Parallellage des Strohs sowie durch die weitgehende Automatisierung die kostengünstigere Alternative zur Gewinnung von Fasern für technische Anwendungen ist.

Langfaseraufschluss

Der traditionelle Langfaseraufschluss wird heute nur selten und vor allem in Osteuropa, in China und Indien betrieben. Das Hanfstroh wird dabei nach der Ernte zur Fasergewinnung parallel ausgelegt (Längsfaser) und getrocknet. Der Trocknung folgt eine Wasserröste und eine erneute Trocknung auf dem Feld. Das immer noch parallel liegende Stroh wird anschließend gebrochen und über das Schwingen und Hecheln des Strohs werden die Langfasern gewonnen, die als spinnbare Fasern eine Länge von 15 Zentimeter bis 1,5 Meter haben sollten.[1] Als Nebenprodukte der Langfasern fallen Schäben aus dem gebrochenen Holzkern sowie Werg und Superkurzfasern bzw. Staub an. Die Langfaseraufbereitung verursacht hohe Kosten über die gesamte Wertschöpfungskette. Vor allem der hohe Arbeitsaufwand und der teure Maschineneinsatz machen diese Aufbereitung in Ländern mit hohen Personalkosten unrentabel. Hinzu kommen die ökologische Belastung durch die Wasserröste und die sehr hohe Ausfallrate der Fasern.

Kurzfaser- und Gesamtfaserlinie

Kurzfasern werden in modernen Aufschlussanlagen produziert und für die technische Nutzung optimiert. Als Vorbehandlung für den Faseraufschluss der Kurzfaser- und Gesamtfaserlinie wird das Hanfstroh auf dem Feld gekürzt und geröstet und danach in Rund- und Quaderballen gepresst; eine Wasserröste wie bei der traditionellen Langfaseraufbereitung entfällt. Die Ballen werden in Wirrlage (Wirrfaser) einer Faserauschlussanlage zugeführt und geöffnet. Das Stroh wird anschließend in den aus unterschiedlich großen Zahnwalzen bestehenden Brecheinheiten gebrochen, um eine Trennung von Fasern und Holzkern zu ermöglichen. In mehreren Schritten werden die Holzbestandteile als Schäben von den Fasern getrennt, wobei das teilentholzte Stroh durch Voröffner, Reiniger, Vorauflöser und schließlich Schüttel- und Nadelöffenungseinheiten geführt und damit in kleinere Faserbündel aufgelöst wird. Eine weitere Auflösung und Verfeinerung der Faserbündel zu Einzelfasern erfolgt über weitere Stufenreinigungen, Walzen, Kardiereinrichtungen und Auflöseeinheiten.

Durch die sehr starken mechanischen Beanspruchungen während der Auflösung kommt es zwangsläufig zu Schädigungen der Hanffasern, die je nach Reife- und Röstgrad unterschiedlich stark ausfallen können. Im Durchschnitt liegen die Faserverluste als Superkurzfasern oder Staub bei 20 % bis 25 %. Werg fällt als Nebenprodukt nicht an, da alle Fasern zu Kurzfasern verarbeitet werden.

Verwendung und Anbau

Historische Verwendung



Hanfpflanzen

Die Verwendung von Hanffasern lässt sich über mehrere Jahrtausende zurückverfolgen. Die ältesten Funde stammen aus China um 2800 v. Chr., wo Seile aus Hanffasern erzeugt wurden. Verwendung fand die Pflanze aber wohl schon seit der Yangshao-Kultur im 4. Jahrtausend v. Chr. Seit etwa 900 v. Chr. fand der Hanf auch in Westasien und Indien Verbreitung. Das älteste Textilfragment aus Hanffasern stammt aus einem Grab der Zhou-Dynastie (1122–770 v. Chr.), nahe Ankara wurden Hanftextilien aus dem 8. Jahrhundert v. Chr. gefunden.[7] Um 500 v. Chr. ist der Hanfanbau für den Raum zwischen China und dem Kaspischen Meer anzunehmen. In Europa wurde die Hanftextilherstellung ebenfalls durch Grabfunde nachgewiesen; hier stammt das älteste gewebte Fragment aus einem keltischen Grabhügel in der Nähe von Stuttgart aus einer Zeit etwa 500 v. Chr. und ein weiteres mit aufbereiteten Hanffasern aus einer Zeit um das Jahr 570 fand sich nahe Paris. Bis ins 3. Jahrhundert v. Chr. fand Hanf, vor allem in Form von Tauen und ähnlichen Produkten, den Weg bis nach Italien.[8] Für das Spätmittelalter ist eine besondere Konzentration des Hanfanbaus im Baltikum und den angrenzenden Gebieten Rußlands, Polen, Norddeutschland und den Niederlanden, der Bretagne und Burgund zu beobachten. Zu dieser Zeit war er neben dem Flachs die wichtigste Industriepflanze. Er wurde auch meist mit Flachs auf kleineren, gartenähnlichen Flächen angebaut. Hanf war jedoch leichter zu verarbeiten als Flachs. Wegen der großen Reißfestigkeit wurden daraus vor allem Segeltuche, Seile und Säcke gefertigt, zu Tuch wurde er hingegen aufgrund der Grobheit nur selten verarbeitet.[9]

Der älteste Nachweis von Papier aus Hanffasern stammt ebenfalls aus China von 140–87 v. Chr. und stellt damit den ältesten Papierfund Chinas dar. Hanfpapier wurde etwa ab dem Jahr 105 in China populär, gelangte aber erst im 13. Jahrhundert über den Vorderen Orient nach Europa. In Deutschland wurde es im 14. Jahrhundert erstmals

nachgewiesen.



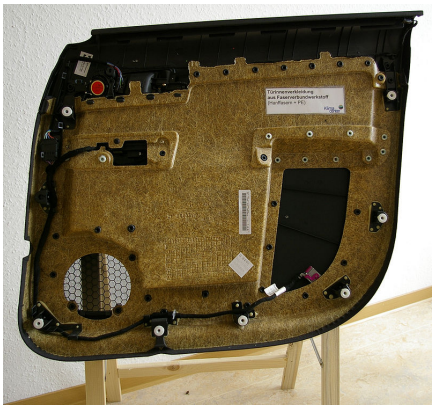
Hanfseil

Den Höhepunkt der Nutzung erfuhren Hanffasern im 17. Jahrhundert, wo sie vor allem zur Produktion von Seilen und Segeltuch für die Schifffahrt verwendet wurden; für ein normales Segelschiff wurden etwa 50 bis 100 Tonnen Hanffasern benötigt und die Materialien wurden durchschnittlich alle zwei Jahre ersetzt. Bis in das 18. Jahrhundert waren zudem Hanffasern neben Flachs, Nessel und Wolle die wichtigsten Rohstoffe für die europäische Textilindustrie, wobei Hanf aufgrund der gröberen Faserbündel vor allem zur Herstellung von Ober- und Arbeitskleidung diente. Die Hanfverarbeitung nahm vor der Einführung der Baumwolle und anderer exotischer Fasern wie Jute, Sisal und Ramie eine Schlüsselrolle in der Textilverarbeitung ein.[10]

Vor allem die Entwicklung von Baumwoll-Spinnmaschinen im 19. Jahrhundert sowie die billigen Importe von Baumwolle und Jute vor allem aus Russland und Asien beendeten die Nutzung von Hanf und Flachs als Textilfaser. Zugleich ging auch der Bedarf in der Schifffahrt zurück, da viele Schiffe auf Dampfkraft umgestellt wurden und Segeltuch nicht mehr benötigt wurde. Auch in der Papierherstellung entwickelte sich eine günstigere Alternative durch die Herstellung von Papier aus Holz.[2] Der Hanfanbau ging im 19. Jahrhundert stark zurück und konnte nur durch die Handelsembargos für exotische Fasern während der Weltkriege in Deutschland kurzzeitig wieder an Bedeutung gewinnen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde Nutzhanf nur noch auf Kleinstflächen angebaut. Zwischen 1982 und 1995 wurde der Hanfanbau durch das Betäubungsmittelgesetz in Deutschland vollständig verboten, um die illegale Nutzung von Cannabis als Rauschmittel zu unterbinden. Obwohl der in den 1950er und 1960er Jahren gezüchtete Nutzhanf wegen des beinahe vollständig fehlenden THC unbedenklich ist, wurde der Anbau in Deutschland und vielen anderen Ländern verboten. In Frankreich wurden die Nutzhanfsorten für die Herstellung von Zigarettenpapier weiterhin verwendet und auch in mehreren osteuropäischen Ländern wurde Hanf weiterhin in kleinem Maßstab angebaut. Der wichtigste Produzent von Hanffasern wurde in dieser Zeit die Sowjetunion mit 140.000 Hektar Hanfanbaufläche, die sich bis 1990 allerdings bis auf 40.000 Hektar reduzierte. Ebenfalls bedeutend war der Anbau in Rumänien, Polen, Ungarn und im ehemaligen Jugoslawien.[2]

In den 1990er Jahren wurden die Verbote aufgrund des wieder wachsenden Interesses der Landwirtschaft und der Industrie an dem Rohstoff zurückgezogen und 1996 durfte auch in Deutschland wieder Hanf angebaut werden. Heute ist der Anbau von THC-armen Nutzhanfsorten in allen Ländern Europas sowie in Ländern wie Kanada und Australien legalisiert, nur in den USA ist der Anbau weiterhin vollständig untersagt.[11]

Heutige Verwendung



Türinnenverkleidung aus hanffaserverstärktem Kunststoff (Matrix Polyethylen PE)

Die weltweiten Anbauflächen für Nutzhanf betragen heute etwa 60.000 bis 100.000 Hektar und schwanken stark von Jahr zu Jahr. Für 2005 wurde die weltweite Anbaufläche auf etwa 115.000 Hektar geschätzt, von denen etwa 80.000 Hektar auf Asien (vor allem China und Nordkorea), 14.000 Hektar auf EU-Länder, 5.700 Hektar auf andere europäische Länder, 10.000 Hektar auf Nordamerika (ausschließlich Kanada), 4.300 Hektar auf Südamerika und 250 Hektar auf Australien entfallen.[12] Die führenden Anbauländer sind China, Russland, Kanada und Frankreich, während in anderen Ländern der Anbau eher gering ist.

In Europa wurde bis Anfang der 1990er Jahre fast ausschließlich in Frankreich Hanf angebaut (etwa 6.000 Hektar) und zur Produktion von Zigarettenpapier genutzt, geringe Exportmengen kamen aus Spanien nach Frankreich. Vor allem auf der Suche nach Alternativen zum stagnierenden und teilweise rückläufigen Lebensmittelanbau auf zunehmenden landwirtschaftlichen Brachflächen wurde Hanf wie andere nachwachsende Rohstoffe nach dem Wegfall des Anbauverbotes europaweit gefördert, zugleich gewann Hanf als Nutzpflanze zunehmend auch wissenschaftlich und wirtschaftlich Rückhalt, unter anderem durch verschiedene Bucherscheinungen zum Nutzen der Hanfpflanze.[13] Bis 1998 vervierfachte sich der Anbau von Nutzhanf in Europa (ohne Spanien) auf fast 40.000 Hektar. In Spanien wurden von 1997 bis 1999 hohe Anbauzahlen bis zu 20.000 Hektar durch Prämienzahlungen erreicht, der größte Teil der subventionierten Ernte wurde allerdings nicht verarbeitet.[14] [2] Im Jahr 2006 wurden in den Ländern der Europäischen Union auf etwa 14.000 Hektar Nutzhanf angebaut, davon allein 8.000 in Frankreich und jeweils über 1.000 in Deutschland, Großbritannien, und der Tschechischen Republik.[14] Prognosen gehen davon aus, dass sich der Hanfanbau durch die zunehmende Nachfrage nach hanffaserverstärkten Werkstoffen und Dämmmaterial sowie durch die Preissteigerungen bei exotischen Fasern auf etwa 20.000 Hektar europaweit erhöhen werden.[14]

Hanflangfasern finden heute fast ausschließlich Verwendung bei der Produktion von Textilien. Sie sind sehr reißfest und eignen sich besonders gut für die Bekleidungsindustrie. Eine klassische Anwendung für das Werg als loses Langfasermaterial ist die Abdichtung beim Verschrauben von Rohrgewinden.

Aufgrund ihrer geringen Verrottungstendenz, gesundheitlichen Unbedenklichkeit und Schädlingsresistenz sind Hanffasern als Dämmstoff, z. B. für den Hausbau, gut geeignet und beliebt. Heute finden Kurzfasern außerdem Verwendung in Zellstoffen, Vliesen, wie etwa Aufzuchtvliesen für Kressesamen, Spezialpapieren sowie naturfaserverstärkten Kunststoffen. Ein Schwerpunkt ist die Verwendung von Hanffasern im Automobilbau, wo sie als Verstärkung für Kunststoffe der Türinnen- und Kofferraumverkleidung genutzt werden. Vor allem die weitere Ausdehnung des Dämmstoffmarktes und die Nutzung von naturfaserverstärkten Kunststoffen auch außerhalb der Automobilindustrie bestimmt aktuell das Wachstum des europäischen Hanfmarktes.[15] So finden sie beispielsweise bei der Produktion von Koffern, Laptopgehäusen und Schleifscheiben Verwendung. Dabei werden diese Kunststoffe heute nicht mehr allein für ihre mechanischen Eigenschaften genutzt, sondern werden auch als Designelemente eingesetzt, wie beispielsweise bei dem im Juli 2008 vorgestellten Eco Elise von Lotus Cars.[16]



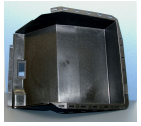
Dämmstoffblock aus Hanffasern



Sack aus Hanfgewebe, Japan



B-Säule aus hanffaserverstärktem Kunststoff (Matrix Polypropylen PP)



Handschuhfach aus hanffaserverstärktem Kunststoff (Matrix Polypropylen PP)

Nebenprodukte

→ *Hauptartikel* Schäbe



Schäben

Bei der Produktion von Hanffasern fallen als Nebenprodukt Schäben an. Sie sind die Reste der verholzten Pflanzenteile, die sich nicht zur Fasergewinnung verwenden lassen. Sie fallen in großer Menge an und haben dadurch erheblichen Anteil an der Wertschöpfung bei der Hanffaserverarbeitung. Die 31.000 t Hanfschäben, die 2003 von europäischen Hanfbauern produziert wurden, finden vor allem als Einstreu Verwendung. Pferdebesitzer schätzen besonders die Absorptionsfähigkeit und leichte Kompostierbarkeit der Einstreu aus Hanf. Auch als Baustoff lassen sich die Schäben einsetzen, gemischt mit Branntkalk und Sand.

Auch die Superkurzfasern, die eine Länge von wenigen Millimetern bis zu einem Zentimeter aufweisen, stellen Nebenprodukte bzw. Verluste des Hanffaseraufschlusses dar. Sie können in der Regel nicht wie Kurzfasern verwendet werden. Superkurzfasern werden vor allem als Ballaststoffe dem Viehfutter beigemischt, eine alternative Verwendung stellt die Nutzung als Verstärkungsfasern in Spritzgußkunststoffen dar.

Vollprodukte des Nutzhanfs neben der Faser sind Hanfsamen, Hanföl sowie Ätherisches Hanföl.

Literatur

- Ivan Bócsa, Michael Karus, Daike Lohmeyer: *Der Hanfanbau. Botanik, Sorten, Anbau und Ernte, Märkte und Produktlinien.* 2 Auflage, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2000.
- Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008 Download [2]
- Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4. Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2006; Seiten 290–307. ISBN 978-3-8001-3203-4
- nova-Institut (Hrsg.): *Das kleine Hanf-Lexikon.* Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seiten 63–64. ISBN 3-89533-271-2
- Robert R. Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres.* Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005.

Referenzen

[1] *Comparative physical, chemical and morphological characteristics of certain fibres.* In: Franck 2005; Seiten 4–23.

[2] nach Heyland et al. 2006

[3] Peter Schütt: *Weltwirtschaftspflanzen.* Verlag Paul Parey, , Berlin und Hamburg 1972; Seite 156.

[4] nach J. Sponner, L. Toth, S. Cziger, R.R. Franck: *Hemp.* In: Franck 2005; Seiten 176–206.

[5] nach nova-Institut 2003

[6] Stichwort *Hemp* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 137. ISBN 3-527-30114-3.

[7] zur Frühzeit siehe Jürgen Schultze-Motel: *Hanf*, In: *Lexikon früher Kulturen* Bd. 1 (1984), S. 344

[8] zur Antike siehe Christian Hünemörder: *Hanf*, In: *Der Neue Pauly Bd. 5 (1998), Sp. 151f.*

[9] zum Mittelalter siehe Christian Reinicke: *Hanf*, In: *Lexikon des Mittelalters* Bd. 4 (1999), Sp. 1918f.

[10] W. Hingst, H. Mackwitz: *Reiz-Wäsche.* Unsere Kleidung: Mode, Gifte, Öko-Look. *Campus-Verlag, Frankfurt 1996*

[11] Geschichte nach Bócsa et al 2000, Seiten 11-20, und Carus et al. 2008, Seiten 17-21.

[12] nach Carus et al. 2008: *Weltweite Anbauflächen für Hanf im Jahr 2005 (Schätzung).* Seite 34.

[13] vor allem Jack Herer: *The Emperor Wears no Clothes. The Authoritative Historical Record of Cannabis and the Conspiracy Against Marijuana.* Ah Ha Publishing, Van Nuys 1985; 1 Auflage in Deutschland 1993 als *Hemp & The Marijuana Conspiracy: The Emperor Wears no Clothes* und deutsche, erweiterte Übersetzung *Hanf - Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf, Cannabis, Marihuana.* Heyne 1996

[14] nach Carus et al. 2008: *Hanfanbau in der EU.* Seiten 25–28.

[15] nach Carus et al. 2008: *Hanf - Eine historische Betrachtung* Seiten 17–21.

[16] Lotus Eco Elise: Leichtgewicht mit Naturmaterialien (http://www.auto-news.de/auto/news/anzeige_Lotus-Elise-Eco-Gruener-Oeko-Roadster-mit-Materialien-aus-der-Natur_id_22050) in Auto-News.de

Hanfpapier

Als **Hanfpapier** werden Papiersorten bezeichnet, die ausschließlich oder zu einem großen Anteil aus Zellstoff bestehen, der aus den Fasern des Nutzhanfs gewonnen wird. Es handelt sich bei den Produkten vor allem um Spezialpapiere wie Zigarettenpapier, Banknoten und technischen Filterpapieren. Gegenüber Holzzellstoff bietet Hanfzellstoff eine vier bis fünf mal längere Faser, einen deutlich geringeren Ligninanteil sowie eine höhere Zug-, Reiß- und Nassfestigkeit. Die Herstellungskosten sind allerdings um etwa den Faktor Vier höher als bei Papier aus Holzstoff, so dass sich Hanfpapier für Massenanwendungen als Druck,- Schreib- und Verpackungspapier nicht durchsetzen kann.

Geschichte

Der älteste Nachweis von Papier aus Hanffasern von 140–87 v. Chr. stammt aus China und stellt damit den ältesten Papierfund Chinas dar. Hanfpapier wurde etwa ab dem Jahr 105 in China populär, gelangte aber erst im 13. Jahrhundert über den Vorderen Orient nach Europa. In Deutschland ist es für das 14. Jahrhundert erstmals nachgewiesen. Erst im 19. Jahrhundert wurden Verfahren zur Herstellung von Papieren aus Holz-Zellstoff etabliert, die preislich günstiger waren als die Hanfpapierherstellung und diese vor allem im Bereich der Schreib- und Druckpapiere verdrängten.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde Nutzhanf nur noch auf Kleinstflächen angebaut. Obwohl der in den 1950er und 1960er Jahren gezüchtete Nutzhanf wegen des beinahe vollständig fehlenden THC unbedenklich ist, wurde der Anbau in den vergangenen Jahrzehnten in vielen Ländern verboten. In Deutschland war der Hanfanbau Zwischen 1982 und 1995 durch das Betäubungsmittelgesetz vollständig verboten, um die illegale Nutzung von Cannabis als Rauschmittel zu unterbinden. Vor allem in Frankreich wurden die Nutzhanfsorten für die Herstellung von Zigarettenpapier weiterhin verwendet und angebaut.

Marktanteile

Die Verwendung von Hanffaser für die Papierherstellung stellte zum Ende der 1990er Jahre 90% der Hanfnutzung in Europa dar, mit der Freigabe des Anbaus von Nutzhanf in weiteren Teilen Europas in den letzten Jahren ging der Anteil durch die Zunahme anderer Verwendungsarten (Textilien, Naturfaserverstärkte Kunststoffe) auf aktuell etwa 70 bis 80% zurück und ist damit in Europa noch immer die wichtigste Hanfproduktlinie. Heute wird Hanf für Zigarettenpapier unter anderem in Spanien und in Großbritannien produziert.

Um das Jahr 2000 betrug die Produktionsmenge für Flachs- und Hanfzellstoff insgesamt 25.000 bis 30.000 t pro Jahr, die aus etwa 37.000 bis 45.000 t Fasern hergestellt wurden. Bis zu 80% des so hergestellten Zellstoffs werden für Spezialpapiere verwendet (darunter 95% Zigarettenpapier), nur etwa 20% gehen in den Standardzellstoffbereich und werden hier in meist geringerer Qualität (ungereinigtes Werg mit hohem Schäbengehalt) Holzzellstoffen beigemischt. Bei Hanfzellstoff allein liegt der Anteil der Spezialpapiere wahrscheinlich bei etwa 99%. Der Markt wird als gesättigt betrachtet, entsprechend ist kein oder nur geringes Wachstum in diesem Bereich zu erwarten.

Literatur

- Ivan Bócsa, Michael Karus, Daike Lohmeyer: *Der Hanfanbau. Botanik, Sorten, Anbau und Ernte, Märkte und Produktlinien.* 2 Auflage, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2000.
- Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008 Download [2]
- nova-Institut (Hrsg.): *Das kleine Hanf-Lexikon.* Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seite 79. ISBN 3-89533-271-2

Hanftextilie

Als **Hanftextilien** werden alle Textilien bezeichnet, die aus Hanffasern bestehen. Dabei handelt es sich neben Bekleidungstextilien auch um Heimtextilien und Technische Textilien wie Geo- und Agrartextilien. Nach dem Hanfpapier bzw. Hanfzellstoff stellen Hanftextilien das wichtigste Produkt aus Hanffasern dar.



Sack aus Hanfgewebe, Japan

Einsatzbereiche

Für die historische Verwendung von Hanffasern im Allgemeinen siehe Hauptartikel Hanffaser und Nutzhanf

Die ältesten Funde zur Verwendung von Hanffasern für die Fertigung von Textilien stammen aus China um 2800 v. Chr., wo Seile aus Hanffasern erzeugt wurden. Verwendung fand die Pflanze aber wohl schon seit der Yangshao-Kultur im 4. Jahrtausend v. Chr. Seit etwa 900 v. Chr. fand der Hanf auch in Westasien und Indien Verbreitung. Das älteste Textilfragment aus Hanffasern stammt aus einem Grab der Zhou-Dynastie (1122–770 v. Chr.), nahe Ankara wurden Hanftextilien aus dem 8. Jahrhundert v. Chr. gefunden.[1] Um 500 v. Chr. ist der Hanfanbau für den Raum zwischen China und dem Kaspischen Meer anzunehmen. In Europa wurde die Hanftextilherstellung ebenfalls durch Grabfunde

nachgewiesen; hier stammt das älteste gewebte Fragment aus einem keltischen Grabhügel in der Nähe von Stuttgart aus einer Zeit etwa 500 v. Chr. und ein weiteres mit aufbereiteten Hanffasern aus einer Zeit um das Jahr 570 fand sich nahe Paris. Bis ins 3. Jahrhundert v. Chr. fand Hanf, vor allem in Form von Tauen und ähnlichen Produkten, den Weg bis nach Italien.[2]

Bekleidungs- und Heimtextilien



Hanfpflanzen

Vor allem für die Herstellung von Bekleidung wurde Hanf seit jeher sehr häufig genutzt. Bis in das 19. Jahrhundert waren Hanffasern neben Flachs, Nessel und Wolle die wichtigsten Rohstoffe für die europäische Textilindustrie, wobei Hanf aufgrund der gröberen Faserbündel vor allem zur Herstellung von Ober- und Arbeitskleidung diente. Die Hanfverarbeitung nahm vor der Einführung der Baumwolle und anderer exotischer Fasern wie Jute, Sisal und Ramie eine Schlüsselrolle in der Textilverarbeitung ein.[3] Mit der zunehmenden Nutzung von Baumwolle als Kleidungsstoff ging die Nutzung von Hanf und anderen Naturfasern jedoch sehr stark zurück, nur die Wolle konnte sich behaupten. Vor allem die Entwicklung von Baumwoll-Spinnmaschinen im 19. Jahrhundert sowie die billigen Importe von Baumwolle und Jute vor allem aus Russland und Asien beendeten die Nutzung von Hanf und Flachs als Textilfaser.

In der Mitte des 20. Jahrhundert waren Hanftextilien auf dem Markt der Industrieländer selten geworden, erst in den 1990er Jahre wurden sie wiederentdeckt. Auch heute stellt Hanfbekleidung nur ein Nischenprodukt dar, obwohl über die so genannte Kotonisierung ein Prozess entwickelt wurde, der den Hanffasern ähnliche Eigenschaften wie der Baumwolle verleiht. Hanflangfasern stammen heute vor allem aus China und finden fast ausschließlich Verwendung bei der Produktion von Textilien. Sie sind sehr reißfest und eignen sich besonders gut für die Bekleidungsindustrie.

Technische Textilien



Dämmstoffvlies aus Hanffasern

Im Spätmittelalter war Hanf neben dem Flachs die wichtigste Industriepflanze. Wegen der großen Reißfestigkeit wurden daraus vor allem Segeltuche, Seile und Säcke gefertigt, zu Tuch wurde er hingegen aufgrund der Grobheit nur selten verarbeitet.[4] Den Höhepunkt der Nutzung erfuhren Hanffasern im 17. Jahrhundert, wo sie vor allem zur Produktion von Seilen und Segeltuch für die Schifffahrt verwendet wurden; für ein normales Segelschiff wurden etwa 50 bis 100 Tonnen Hanffasern benötigt und die Materialien wurden durchschnittlich alle zwei Jahre ersetzt. Im 19. Jahrhundert ging der Bedarf in der Schifffahrt zurück, da viele Schiffe auf Dampfkraft umgestellt wurden und Segeltuch nicht mehr benötigt wurde.

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde der Hanfanbau international sehr stark reduziert, teilweise durch Verbote aufgrund der Nutzung von Cannabis als Rauschmittel. Hanf wurde vor allem für die Zellstoffindustrie verwendet, die auch heute noch den größten Teil der Hanffasern verwendet. Eine zunehmende Bedeutung erhalten technische Textilien aus Hanffasern vor allem in den letzten Jahren in Form von Filzen und Vliesen, die als Naturdämmstoff sowie bei der Produktion von naturfaserverstärkten Kunststoffen genutzt werden. Ein erfolgreiches Nischenprodukt

sind Agrartextilien in Form von Anbauvliesen für Gartenkresse, bei denen Hanffasern zum Einsatz kommen. Geotextilien wie bsp. schnell verrottende Begrünungsmatten aus Hanffasern sind ebenfalls möglich, werden jedoch aufgrund der höheren Kosten gegenüber anderen Naturfasern wie etwa den Kokosfasern bislang nicht eingesetzt.

Literatur

- Ivan Bócsa, Michael Karus, Daike Lohmeyer: *Der Hanfanbau. Botanik, Sorten, Anbau und Ernte, Märkte und Produktlinien.* 2 Auflage, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2000.
- Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008 Download [2]
- Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4. Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2006; Seiten 290–307. ISBN 978-3-8001-3203-4
- nova-Institut (Hrsg.): *Das kleine Hanf-Lexikon.* Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seiten 63–64. ISBN 3-89533-271-2
- Robert R. Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres.* Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005.

Referenzen

[1] zur Frühzeit siehe Jürgen Schultze-Motel: *Hanf*, In: *Lexikon früher Kulturen* Bd. 1 (1984), S. 344

[2] zur Antike siehe Christian Hünemörder: *Hanf*, In: *Der Neue Pauly Bd. 5 (1998), Sp. 151f.*

[3] W. Hingst, H. Mackwitz: *Reiz-Wäsche.* Unsere Kleidung: Mode, Gifte, Öko-Look. *Campus-Verlag, Frankfurt 1996*

[4] zum Mittelalter siehe Christian Reinicke: *Hanf*, In: *Lexikon des Mittelalters* Bd. 4 (1999), Sp. 1918f.

Harte Faserplatte

Eine **Harte Faserplatte** (HB; von engl. *hard board*) (auch „Hartfaserplatte“) ist eine Faserplatte mit einer Dichte über 800 kg/m³ und Dicken von bis zu 8 mm. Hergestellt wird die Platte aus Lignozellulosefasern wie Holz, Stroh oder Bagasse. Sie findet Verwendung für Schalungen, Innenausbau, Türen, Möbel, Verpackungen. Aufgrund ihres Materials können die Platten zur Verarbeitung gebogen werden.

Ihre Herstellung erfolgt im Regelfall aus nassen Fasern mit mehr als 20% Faserfeuchte oder alternativ im Trockenverfahren mit Bindemittelzuschlag. Die Plattenformung erfolgt unter hohen Druck bei sehr hohen Temperaturen. Nassgepresste Platten weisen eine Siebmarkierung an der Rückseite auf, verursacht durch das Sieb, durch welches das Wasser abgepresst wurde; trockengepresste Platten sind beidseitig glatt. Der Zusammenhalt erfolgt vor allem durch Verfilzung der Fasern untereinander und durch geringe Zugaben von Bindemitteln. Weitere Zusatzstoffe können die Materialeigenschaften verbessern und die Platten etwa unempfindlich gegen Pilze, Feuer oder Wasser machen.

Weblinks

- Datenblatt für Harte Holzfaserplatte [1] bei dataholz
- Porträts zu Faserplatte [2] bei proHolz

Referenzen

[1] http://www.dataholz.com/cgi-bin/WebObjects/dataholz.woa/wa/baustoff?baustoff=Harte+Holzfaserplatte&language=de
[2] http://www.proholz.at/forschung_technik/portraits02.htm

Harz (Material)

Harze sind, je nach Temperatur und Alter, mehr oder weniger flüssige Produkte, die sich aus verschiedenen chemischen Substanzen zusammensetzen und zum Beispiel zur Herstellung von Lacken, Seifen, Arzneistoffen und Terpentin dienen. In natürlicher Form werden *Harze* als *Naturharz* von Tieren und Pflanzen, insbesondere Bäumen abgesondert und dienen in erster Linie zum Verschließen von Wunden an der Pflanze. Im süddeutschen Raum und in Österreich wird Naturharz auch als (Baum)pech bezeichnet. Im industriellen Bereich werden heute mengenmäßig vorwiegend *Kunstharze* verwendet, Naturharze sind von Bedeutung für Naturfarben und Spezialanwendungen.

Definition

Die Begriffsbestimmung ist unscharf. Die DIN-Norm beschreibt „Harz“ als Sammelbegriff für feste bis flüssige organische Stoffe. In der Regel wird der Begriff verstanden für gelbliche bis bräunliche, klare bis trübe, klebrige und nichtkristalline Materialien, die in den gängigen organischen Lösungsmitteln löslich sind, jedoch unlöslich in Wasser. Daneben wird der Begriff auch benutzt für synthetische Materialien, die als Ersatz für natürliche Harze verwendet werden. In der Kunststoffindustrie bezeichnet „Harz“ generell Polymere als Grundstoff für Kunststoffe.[1]

Verwendung

Entsprechend der Vielzahl unterschiedlicher Harztypen existiert ein ebenso breites Anwendungsspektrum. Typisch sind Anwendungen, welche die festigkeitsgebenden, adhäsiven Eigenschaften nutzen, wie für Leime und Klebstoffe. Weiter typisch ist der Einsatz zur Oberflächenveredlung und Oberflächenversiegelung, aber auch zur Formherstellung.

Harze werden unter anderem in folgenden Anwendungsbereichen verwendet:

- als Ionenaustauscher
- als Bestandteil von Vergussmassen/Gießharzen
- zur Herstellung von Klebstoffen
- zur Herstellung von Schaumstoffen
- als Imprägnierharze (zum Beispiel für Elektromotoren)
- zur Herstellung von Faser-Kunststoff-Verbunden (Glasfaserverstärkter Kunststoff GfK, Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff CFK,..)
- zur Herstellung von Holzfaserwerkstoffen
- zum Umpressen von integrierten Schaltkreisen durch härtbare Formmassen
- in Lacken und Beschichtungen; siehe auch Acrylharz
- als Bestandteil von Polymerbeton
- zur Gebäude- und Fußbodenanhebung durch Injektion in den Baugrund, z. B. nach Setzungen
- zur Sicherung geologischer Strukturen durch Lackabzüge
- zur Herstellung von Zahnprothesen

- zur Herstellung von Injektionspräparaten
- zur Verbesserung der Ballhandhabung z.B. bei Handball
- als Lampen- oder Kerzenbrennstoff[2]

Naturharz

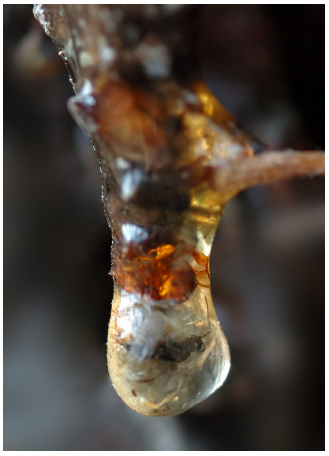
Natürliches Harz oder **Naturharz** ist eine Sammelbezeichnung für eine von Pflanzen oder Tieren abgesonderte zähe nicht wasserlösliche Flüssigkeit. Pflanzen, vor allem Bäume, produzieren diese Ausscheidungen (Exsudaten) unter anderem nach Verletzungen, um mit der meist klebrigen Masse die Wunde zu verschließen. Als einziger tierischer Lieferant gilt die in Süd- und Südostasien beheimatete Lackschildlaus (Kerria laccifera), welche den Schellack liefert. Historisch wurden diese Materialien vielseitig verwendet, u.a. in der Kunst, Medizin und im Schiffbau. Heute werden Naturharze, vor allem in der Industrie, weitestgehend durch Kunstharze ersetzt, die zu den Kunststoffen zählen.



Harz an einem Baumstamm

Zusammensetzung, Eigenschaften und Abgrenzung

Naturharze sind eine Mischung verschiedener chemischer Substanzen. Die mengenmäßig vorherrschenden Verbindungen sind Harzsäuren, die zu den Carbonsäuren zählen. Einige Stoffe sind leicht flüchtig und aromatisch. Wenn diese entwichen sind, wird das verbleibende Harz zäher und härter. Zum Teil verdunsten flüchtige Komponenten, zum anderen Teil können Polymerisations- oder Oxidationsreaktionen zum Erstarren der Ausscheidung führen.



Baumharz mit eingeschlossenem Insekt

Das in den meisten Nutzungen vorherrschende Harz von Nadelbäumen ist eine zähe, klebrige und stark riechende Flüssigkeit. Es ist in Öl leicht und in Alkohol gut, in Benzin teilweise löslich, Edelterpentine auch in Salmiakgeist.

Man unterscheidet rezente, rezentfossile bzw. halbfossile und fossile Harze. Während rezente Harze von noch heute lebenden Bäumen entstammen (Terpentin, Balsame, Gummilack, Kolophonium, Sandarak und Mastix), sind rezentfossile Harze aus früheren Vertretern von Baumarten entstanden, die teilweise aber auch heute noch existieren. Diese bezeichnet man auch als Kopale. Bernstein ist das einzige rein fossile Harz. Man nimmt an, dass es von einer prähistorischen Coniferenart stammt. Fossile Harze sind in Alkohol schlecht löslich.

Pflanzliche Ausscheidungen ohne Harzfraktion setzen sich meist aus Polysacchariden zusammen und sind wasserlöslich. Sie zählen nicht zu den Naturharzen. Mischformen aus wasserlöslichen und harzhaltigen Komponenten stellen die Gummiharze dar.

Bildung und Gewinnung

Baumharze sind Stoffwechselprodukte der Pflanzen, die über Harzkanäle an die Pflanzenoberfläche geleitet werden. Im normalen Lebenszyklus bilden harzerzeugende Bäume „physiologisches Harz“. Nach Verletzungen steigt die gebildete Menge, das „pathologische Harz“ dient dem Wundverschluss.



Gewinnung von Baumharz

Die systematische Gewinnung von Baumharz geschieht durch das Harzen. Dabei werden künstliche Verletzungen durch Anritzen der Rinde herbeigeführt und der austretende Harz wird in einem Behälter gesammelt. Verwendete Bäume sind unter anderem Kiefer, Lärche und Sandarak. Fossile Bumharze wie Bernstein werden durch Absuchen Vorkommenreicher Flächen (z.B: Strände), durch Prospektion oder Bergbau gewonnen.

Verarbeitung und Verwendung

Das wohl bekannteste natürliche Harz ist Kolophonium, das vorwiegend aus Kiefern und Fichten gewonnen wird und in vielen Produkten Verwendung findet, z.B. als Klebstoff für Heftpflaster, in Kaugummi und zur Behandlung der Bogenhaare bei Streichinstrumenten. Kolophonium ist der feste Rückstand, der beim Erhitzen von Nadelbaumharz nach Erhitzen in Terpentinöl anfällt.

In der europäischen Ölmalerei spielten Harze sowohl von Nadelbäumen (Terpentine, Mastix) als auch die von Laubbäumen (Dammar) eine große Rolle. Sie dienten seit dem 15. Jahrhundert in Kombination mit anderen Substanzen als Bindemittel der Farbpigmente. Die Qualität der Öl-Harz-Farben hatte mehrere Vorteile gegenüber den davor üblichen Malfarben, vor allem ermöglichte sie aufgrund besserer Mischbarkeit einen größeren Nuancenreichtum durch weichere Farbübergänge. Die Temperamalerei, deren Bindemittel Emulsionen sind, und die noch frühere Wachsmalerei wurden somit verdrängt. Außerdem werden Harze schon seit der Antike für die Herstellung von Lacken verwendet.

In Griechenland wird das Harz der Aleppo-Kiefer zum Wein gegeben, was ihm ein besonderes Aroma verleiht. Dieser Wein wird Retsina genannt. Einige tropische Harze wie Elemi und Copal sowie vor allem Myrrhe und Weihrauch werden bis heute als Räucherwerk verwendet.

Als Resine werden Extraktstoffe aus dehydrierten Naturharzen bezeichnet. Sie werden als Zwischenprodukte in der chemischen Industrie eingesetzt, z. B. als Synthesekautschuk, für Schiffsfarben oder zur Pigmentherstellung. Seifen aus Resinen, ebenfalls zur industriellen Verwendung, heißen Dresinate. Resorcin, ein Destillat aus Naturharzen, wird als Haftvermittler im Reifenbau verwendet, daneben auch zur Herstellung von Farbstoffen, Kunststoffen, Klebstoffen und Flammschutzmittel sowie in Pharmazeutika.

Markt

Der jährliche Bedarf der chemischen Industrie in Deutschland an Naturharzen wird auf 31.000 t geschätzt (einschließlich Naturwachse). Jährlich werden 5.000 bis 16.000t dehydrierte Naturharze nach Deutschland importiert[3] . Die mengenmäßig vorherrschende Verwendung von Naturharzen ist die Herstellung von Farben, Lacken und Klebstoffen.

Kunstharz

Nach DIN 55958 (Dezember 1988) werden *Kunstharze* (auch *Reaktionsharz* genannt) durch Polymerisations-, Polyadditions- oder Polykondensationsreaktionen synthetisch hergestellt. Sie können durch Naturstoffe, zum Beispiel pflanzliche oder tierische Öle beziehungsweise natürliche Harze, modifiziert sein oder durch Veresterung oder Verseifung natürlicher Harze hergestellt sein.

Kunstharze bestehen in der Regel aus zwei Hauptkomponenten. Die Vermischung beider Teile (Harz und Härter) ergibt die reaktionsfähige Harzmasse. Bei der Härtung steigt die Viskosität an und nach abgeschlossener Härtung erhält man einen unschmelzbaren (duroplastischen) Kunststoff.

Die Verarbeitung von Kunstharz (kurz Harz) erfolgt häufig im Gussverfahren. Hierbei wird das Gießharz in eine wiederverwendbare oder eine verlorene Form gegossen.

Als härtbare Formmassen bezeichnet man meist rieselfähige Massen, die in einem Warmformungsvorgang mit unmittelbar anschließender irreversibler Aushärtung bei erhöhter Temperatur zu Formteilen und Halbzeugen verarbeitet werden. Hierbei sind häufig hohe Drücke zur kompletten Füllung der Form notwendig.

Eigenschaften

Synthetische Harze sind in der Regel flüssige oder feste amorphe Produkte ohne scharfen Erweichungs- oder Schmelzpunkt. Für die technische Anwendung sind die Harze oft in Form einer Emulsion oder Suspension erhältlich bzw. werden auch in dieser Form hergestellt.

Viele dieser Harze sind prinzipiell auch als echte Lösungen einsetzbar, da es jedoch bei den dafür meist notwendigen Lösungsmittel um Flüchtige organische Verbindungen handelt, wird dieser Anteil immer geringer.

Geschichte

- 1902: Entwicklung des ersten technisch brauchbaren Kunstharzes (Carl Heinrich Meyer): Phenol-Formaldehydharz („Laccaïn“), Ersatz für Schellack
- 1907: „Hitze und Druckpatent“ von Leo Hendrik Baekeland → Aushärtung von Phenolharzen: erste duroplastische Kunststoffe (Bakelit)
- 1910: Patent für Dr. Kurt Albert und Dr. Ludwig Berend für das erste öllösliche Lackkunstharz aus Phenolen und Formaldehyd („Albertole“), vgl. auch Autolack
- bis heute: Entstehung vieler Typen von Kunstharzen und Modifizierung der Eigenschaften

Reaktionsharze

Wichtig für Industrie (Rohprodukte für die Kunststofferstellung): flüssige oder verflüssigbare Harze, die für sich allein oder mit Reaktionsmitteln (z.B. Härter oder Beschleuniger) ohne Abspaltung flüchtiger Komponenten durch Polymerisation oder Polyaddition aushärten (Duroplast). Ein Beispiel hierfür sind Photoinitiiert härtende Acrylate, wobei die radikalische Polymerisation durch UV- oder sichtbares Licht erfolgt.

Chemische Unterteilungen

- Phenol-Formaldehydharz (PF- Harze, Bakelit)
  - Verwendung: Gehäuse von elektrischen Geräten (zwischen beiden Weltkriegen); guter Isolator für elektrischen Strom; heute immer noch vielseitige Verwendung (Ionenaustauscher)
  - Herstellung: Polykondensation von Formaldehyd und Phenol:
- Aminoplast: Harnstoff-Formaldehyd (UF-Harz), Melamin- Formaldehyd- Harze (MF-Harze)
  - Herstellung: Polykondensation von Formaldehyd mit Harnstoff (unter Zugabe von Salzsäure) oder Melamin:
- Epoxidharz:
  - härtbares Kunstharz (mit Zusatz von Härter von zähflüssig zu hart)
  - Verwendung als Gießharz; Verbundwerkstoff; Klebstoff
  - wichtigste Herstellung: Polyaddition und -kondesation aus mehrwertigen Phenolen und Epichlorhydrin (mit Alkalilauge)
- Polyester-Harze (UP-Harze)
  - Herstellung auf Basis von ungesättigten Polyestern (mit weiteren Kunststoffkomponenten, wie Styrol)
  - Verwendung: Lacke, Gießharze; Verstärkung der Festigkeit durch Glasfaserzusätze, Schlauchliningverfahren (Kanalsanierung)
- ABS-Harze
  - Mischung von Harz und Elastomer
- Grundmonomere: Acrylnitril, Butadien, Styrol
  - wichtige Eigenschaften: Festigkeit, Schlagfestigkeit und Oberfächenhärte

Beispiele

- Harnstoffharz
- Alkydharze
- Epoxidharz
- Melaminharz
- Phenolharz
- Polyesterharz bzw. Ungesättigtes Polyesterharz (UP)
- Polyurethanharz
- Polyamidharz
- Vinylesterharz

Quellen

- Karl Hasel, Ekkehard Schwartz: *Forstgeschichte. Ein Grundriss für Studium und Praxis*. 2., aktualisierte Auflage. Kessel, Remagen 2002, ISBN 3-935638-26-4
- Egon von Vietinghoff: *Handbuch zur Technik der Malerei*, DuMont Verlag, Köln 1983 (1991)
- CD Römpp Chemie Lexikon – Version 1.0, Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag, 1995.
- Dominighaus, Hans. Kunststoffe. Ravensburg: Otto Maier Verlag.1974.
- Schwenk, Ernst. 80 Jahre Kunstharze- Fast vergessene Erfinder. Frankfurt am Main: Hoechst Aktiengesellschaft, 1982.
- Klemens Fiebach: Resins, Natural. S. 1-2. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005, Wiley-VCH, Weinheim. doi:10.1002/14356007.a23_073 [4].

Weblinks

- Thomas Seilnacht, *Lexikon der Polymere und Kunststoffe* [5]
- Kern GmbH - Technische Kunststoffteile, *Phenolharz (PF)* [6] (12-03-06)
- Didaktik der Chemie FU Berlin, *Kunststoffe zum Kennenlernen: Epoxidharze* [7] (13-03-06)

Referenzen

[1] Gerd Collin, Rolf Mildenberg und Mechthild Zander: Resins, Synthetic. S. 1-2 ,in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005, Wiley-VCH, Weinheim. doi: 10.1002/14356007.a23 089 (http://dx.doi.org/10.1002/14356007.a23+089).

[2] (http://gutenberg.spiegel.de/?id=5&xid=4054&kapitel=19&cHash=cbb32d774c2#gb_found) (http://gutenberg.spiegel.de/?id=5&xid=3893&kapitel=21&cHash=72e0933f4f2#gb_found) (http://www.bautz.de/bbkl/s/soubirous_b.shtml) (http://www.trekkingland.ch/ausbildung.htm) (http://www.goldkanal.de/html/news_nlarchiv/ausgabe39.html)

[3] Statistisches Bundesamt, 2008: Daten zu Importen und Exporten von Rohstoffen und ausgewählten Produkten. Datenstand Sept. 2008

[4] http://dx.doi.org/10.1002%2F14356007.a23_073

[5] http://www.seilnacht.com/Lexikon/polymere.html

[6] http://www.kern-gmbh.de/index_glossar.html?http://www.kern-gmbh.de/kunststoff/service/glossar/phenolharz.htm

[7] http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/epoxidharze.htm

Hauptbaumart

Der Begriff **Hauptbaumart** (forstlich auch **Hauptholzart** oder **Hauptwirtschaftsbaumart** genannt) wird sowohl in der Vegetationskunde als auch in der Forstwirtschaft verwendet. Allgemein wird damit die dominierende Baumart in der Oberschicht der verschiedenen Waldgesellschaften oder Waldbestände bezeichnet.

Forstlich betrachtet ist die vorherrschende oder in einem Bestand am meisten vorhandene Baumart die Hauptbaumart. Durch diese wird in der Regel das Betriebsziel bestimmt. So ist das Wuchsverhalten der Hauptbaumart für die Ermittlung der Umtriebszeit von Mischbeständen im Forstbetrieb ausschlaggebend.

Beim Ersatz von Wildschäden spielt die Definition der Hauptbaumart (im Gesetz als Hauptholzart bezeichnet) ebenfalls eine Rolle. Nach § 32 (2) des Bundesjagdgesetzes werden Wildschäden bei Nichtvorhandensein von Schutzeinrichtungen nur an den im Revier vorkommenden Hauptbaumarten ersetzt. Eine verbindliche Definition gibt es hier nicht und die Benennung der anerkannten Hauptbaumarten muss im Einzelfall erfolgen. Als wichtige Kriterien können hierbei die Häufigkeit des Vorkommens einer Baumart oder ihr Verjüngungspotential dienen.

Hechel

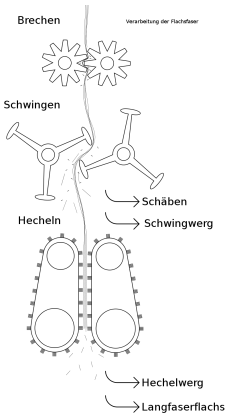
Die **Hechel** ist ein kammartiges, aus spitzen Drähten gefertigtes landwirtschaftliches Gerät, durch welches Flachs- und Hanffasern zum Reinigen (Hecheln) gezogen werden. Das Wort leitet sich vom selben Wortstamm wie der *Haken* ab, was auf die zum Kämmen der Fasern angebrachten Haken hindeutet[1] . Moderne Faseraufschlussmaschinen bauen ebenfalls auf den traditionellen Prozessen auf, verwenden jedoch mechanische Aufschlußstrecken, in denen die Brechen, Schwingen und Hecheln in entsprechenden Arbeitsschritten mechanisch umgesetzt werden.



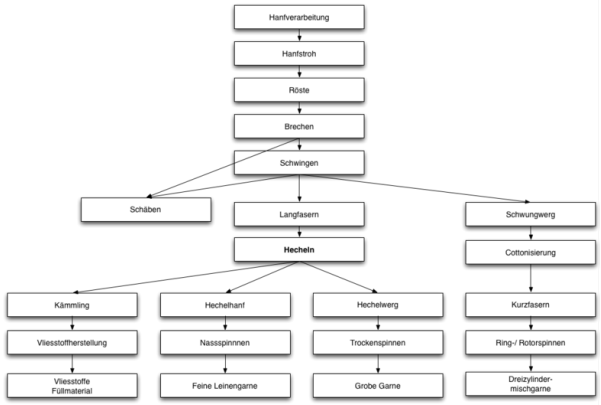
Historische Hechel

Hecheln

Die Fasern werden nach dem Riffeln, Brechen (mit einer Breche) und dem Schwingen, bei dem bereits zerkleinerte Holzteile von den Fasern getrennt werden, gereinigt und für das Verspinnen vorbereitet.[2] Beim Hecheln werden sie parallelisiert und weiter gereinigt, die beim Hecheln anfallenden groben Faserreste bezeichnet man als Werg.



Moderne Verarbeitung der Flachsfaser schematisch: Brechen, Schwingen, Hecheln



Hecheln als Schritt bei der textilen Aufbereitung von Hanffasern

Folterwerkzeug

Die Hechel wurde auch als Marterinstrument zum Foltern verwendet. Unter anderem soll der heilige Blasius von Sebaste durch die Hechel das Martyrium erlitten haben. Er wird teilweise mit einer Hechel oder einem Eisenkamm dargestellt.

Referenzen

[1] F. Schmitthenner: *Kurzes Deutsches Wörterbuch für Etymologie, Synonymik und Orthographie*, Verlag von Friedrich Metz, Darmstadt, 1834, S. 121

[2] G. Holzmann, M. Wangelin: *Natürliche und pflanzliche Baustoffe - Rohstoff, Bauphysik, Konstruktion*, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2009, S. 52, ISBN 978-3-8351-0153-1

Heilpflanze

Eine **Heilpflanze** (oder **Drogenpflanze**, **Giftpflanze**, **Arzneipflanze** und **Heilkraut**) ist eine Pflanze, die in der Pflanzenheilkunde wegen ihres Gehalts an Wirkstoffen zu Heilzwecken oder zur Linderung von Krankheiten verwendet werden kann. Sie werden als Rohstoffe für Phytopharmaka in unterschiedlichen Formen, aber auch für Teezubereitungen, Badezusätze und Kosmetika verwendet.



Eine auch heute verbreitet angewendete Heilpflanze ist Salbei (z. B. *Salvia officinalis*)

Begriffsklärung

In der Heilpflanzenkunde (Phytopharmakognosie) unterscheidet man folgende Begriffe:

- eine *Heilpflanze* ist eine Pflanze, die für medizinische Zwecke verwendet werden kann
- eine *Pflanzliche Droge* ist eine Arznei aus rohen oder zubereiteten Pflanzenteilen
- ein *Phytopharmakon* ist ein Arzneimittel, das aus einer Heilpflanze gewonnen wird
- ein *Phytogener Arzneistoff* ist ein Stoff als medizinisch wirksame Substanz einer Heilpflanze



Kräutergarten mit Heilpflanzen, Nawa Public hospital, Provinz Nakhon Phanom, Thailand

Heilpflanze ist dabei ein relativer Begriff, der nur nach der Verwendung, ungeachtet der botanischen Zugehörigkeit oder der Wuchsform, verwendet wird. Jede Pflanze, für die der pharmazeutischen Biologie eine entsprechende Anwendung als Medikament bekannt ist, kann als Heilpflanze bezeichnet werden. Dabei kann es sich bei Drogen aus Heilpflanzen auch um deren Teile frisch oder getrocknet, in Form von Extrakten (mit Lösungsmittel), Dekokten (durch Kochen), Mazerationen (durch Kaltauszug) usw. handeln. Heilpflanzen sind im ursprünglichen Sinne *Drogenpflanzen*.

> „Alle Dinge sind Gift und nichts ohne Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.“
>
> – Paracelsus

Manche Pflanzen, die ursprünglich wichtige Heilkräuter waren, werden heute zu den *Genussmitteln* (etwa Tee, Kaffee oder Tabak), als *Gewürzkräuter* zu den *Küchenkräutern* (Pfeffer, Zimt, Basilikum, u. v. a.) gezählt oder schlicht als *Nahrungsmittel* (Apfel, Zitrusfrüchte) verwendet.

Geschichte



Garten des Klosters Murbach, Frankreich



Laden mit Produkten für die traditionelle chinesische Medizin (Hongkong), überwiegend werden Heilpflanzen verwendet

Der Erfahrungsschatz über den Umgang mit Drogenpflanzen dürfte mit zu den frühesten Erkenntnissen oraler Tradition (mündliche Überlieferung) gehören. Alle in den letzten 200 Jahren aufgefundenen und erforschten oder wenigstens beschriebenen Stämme von Jägern und Sammlern wenden bei medizinischen Problemen auch Pflanzen zur Heilung an.

Der *Mann vom Hauslabjoch*[1] , allgemein bekannt als Ötzi, eine etwa 5300 Jahre alte Gletschermumie aus der ausgehenden Jungsteinzeit (Neolithikum) bzw. der Kupferzeit (Eneolithikum, Chalkolithikum), führte Birkenporlinge vermutlich als Heilmittel mit sich.

Die Nutzung von Pflanzen mit der Absicht der Heilung lässt sich bereits in frühesten Schichten babylonischer, altägyptischer, indischer (Hymnen des Rig Veda) oder chinesischer Texte nachweisen, aber auch der ausdrückliche Anbau von Heilkräutern. Das bekannteste Zeugnis dieser ältesten Aufzeichnungen medizinischer Bemühungen mit zahlreichen Beispielen für Heilpflanzen und deren Anwendung ist das Papyrus Ebers das im letzten Viertel des sechzehnten Jahrhunderts vor Christus des alten Ägypten verfasst wurde.

Der Grieche Dioskurides beschrieb im 1. Jahrhundert zahlreiche Heilpflanzen und deren Anwendungen. Der Zusammenhang zwischen Nahrung und Arznei wurde insbesondere in der orientalischen Heilkunst schon früh erkannt, und dementsprechend finden sich zahlreiche Hinweise in den Medizinbüchern des Orients, etwa bei Ibn Sina (Avicenna) um 1000 n. Chr. Während des Mittelalters erfolgte der Anbau, die Beschreibung[2] und Anwendung von Heilpflanzen vor allem durch Klostermönche. Der spanisch-arabische Arzt und Botaniker Abu Muhammad Ibn al-Baitar beschrieb um 1230 im *Kitab al-gami* über 1400 pflanzliche Heilmittel und ihre Rezepturen. Leonhard Fuchs veröffentlichte 1543 mit dem *New Kreüterbuch* eines der wichtigsten Kräuterbücher in deutscher Sprache, das zahlreiche Arzneipflanzen abbildet und ihre Wirkung beschreibt.

Zu den Wegbereitern der modernen Phytotherapie gehören auch die Bücher des Schweizer Kräuterpfarrers Johann Künzle (1857-1945). Heute werden Heilpflanzen im Rahmen der Phytotherapie verwendet, in manchen europäischen Ländern sowie den USA spielen sie durch das Aufkommen von chemisch synthetisierten und definierten Wirkstoffen nur eine geringe Rolle.

Andererseits ist die pharmazeutische Industrie und die Pharmakologie zu der Erkenntnis gelangt, dass die Vielfalt der sekundären Pflanzenstoffe ein enormes Reservoir für neue, hochpotente Medikamente darstellt. Gerade die kaum erforschte und katalogisierte Flora der tropischen Urwälder und die in der traditionellen chinesischen Medizin (TCM) sowie der indischen Medizin Ayurveda verwendeten Pflanzen bergen in dieser Hinsicht ein sehr großen Potenzial.

Während das Sammeln von Heilkräutern in früheren Zeiten Grundbestandteil einer Subsistenzwirtschaft war, wird weltweit bis heute insbesondere in wirtschaftlich schlechter Lage auf die Verwendung von Heilpflanzen als Arzneimittel zurückgegriffen. Auch die Bewegung des biologischen Landbaus hat Heilkräuter wieder populär gemacht.

Heilpflanzen für den pharmazeutischen Bedarf in Apotheken werden unter möglichst kontrollierten Bedingungen angebaut. Sie werden aber auch wild wachsend gesammelt oder im Hausgarten angepflanzt, um als Hausmittel vorbeugend oder bei Krankheiten zur Verfügung zu stehen. Die gebräuchlichste Verwendungsform ist wohl der Heiltee.

Wirtschaftliche Bedeutung

Auch Heilpflanzen werden zu den nachwachsenden Rohstoffen gezählt, da ihre Verwendung außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelbereichs stattfindet. Der Anbau von Heilpflanzen ist in Deutschland ein landwirtschaftlich weniger bedeutender Bereich. Zusammen mit Färberpflanzen beträgt der Anbau in Deutschland nur rund 10.000 ha (fast 0,1 % der Anbaufläche).[3] Etwa 90 % der in Deutschland verwendeten Heilpflanzen werden importiert. Heilpflanzen stammen allerdings nur zu 30 % aus Anbau und zu etwa 70 % aus Wildsammlungen. Von den etwa 440 heimischen Heilpflanzen werden in Deutschland ca. 75 Arten angebaut, wobei allein 24 Arten 92 % des Angebots ausmachen. Hauptanbaugebiete in Deutschland sind Thüringen (Erfurter Becken), Bayern (Oberbayern, Erdinger Moos, Mittelfranken), Sachsen (Lößgebiete Mittelsachsens), Sachsen-Anhalt (Mitteldeutsches Trockengebiet) und Ostfriesland.[4] [5]

Wirkungen



Aus dem Roten Fingerhut (*Digitalis purpurea*) werden Herzglycoside gewonnen

Eine ganze Reihe von wirksamen Medikamenten stammen aus Pflanzen oder wurden aus pflanzlichen Stoffen weiterentwickelt. Diese genau untersuchten und als reiner Stoff dargestellten Pflanzeninhaltsstoffe werden von der Medizin benutzt, da ihre medizinische Wirksamkeit nachgewiesen ist. Das Pflanzenreich besitzt extrem starke Gifte, die in entsprechenden Verdünnungen und teilweise als chemisch veredelte Stoffe insbesondere bei Herzbeschwerden und als Narkotika in der evidenzbasierten Medizin Verwendung finden. Beispiele sind der Rote Fingerhut mit seinen Herzglykosiden sowie der Schlafmohn beziehungsweise dessen Opiate. Zu großen Teilen werden Pflanzen auch als unterstützende Therapeutika eingesetzt.

Heilpflanzen enthalten zumeist eine Vielzahl von Stoffen, die unterschiedliche, auch entgegengesetzte, Effekte haben können. So kann ein und dieselbe Pflanze durchaus sowohl krebsvorbeugende als auch kanzerogene chemische Verbindungen produzieren.[6] Ein weiterer Nachteil gegenüber synthetisch hergestellten Medikamenten ist, dass der Wirkstoffgehalt aufgrund klimatischer, regionaler und verarbeitungsbedingter Umstände schwer zu standardisieren ist. So gibt es mitunter zwischen verschiedenen Herstellern und auch einzelnen Chargen eines Produktes starke Schwankungen in Dosis und Galenik. Drogen, die in Apotheken erhältlich sind, müssen allerdings den strengen Bestimmungen des jeweiligen staatlichen Arzneibuches (z. B. Deutsches Arzneibuch) entsprechen. Ihr Gehalt an Wirkstoffen ist also sichergestellt.

Dementsprechend bemühen sich die Züchter oft, soweit der oder die Wirkstoffe einer Heilpflanze bekannt sind, auf einen hohen Wirkstoffgehalt hin zu züchten. Für eine Reihe von pflanzlichen Medikamenten sind Mindestwirkstoffgehalte oder Bandbreiten vorgeschrieben oder vom Hersteller garantiert. (Zum Beispiel für ein Kamillekonzentrat: normiert auf 50 mg Levomenol, standardisiert auf 150–300 mg ätherisches Öl und 150–300 mg Apigenin-7-glucosid je 100 g Auszug.)

Einige traditionelle Heilpflanzen sind z. B. wegen erkannter schwerer Nebenwirkungen aus dem Arzneibuch gestrichen worden. Viele sind wirkungslos, andere wirken, sind aber durch besser wirksame synthetische Medikamente überholt. Teilweise kann bei individueller Unverträglichkeit des synthetischen Medikaments auf die pflanzliche Variante zurückgegriffen werden. Bei vielen Heilpflanzen ist die Wirksamkeit noch nicht untersucht, weil kein kommerzielles Interesse besteht bzw. von Staat und/oder Pharmaunternehmen keine entsprechenden Forschunggelder bereitgestellt werden.

Bei einigen Heilpflanzen liegen inzwischen durch einwandfreie wissenschaftliche Studien Nachweise über Heilwirkungen bei guter Verträglichkeit vor.



Echtes Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) wird als leichtes bis mittelstarkes Antidepressivum verwendet

Beispiele für Heilpflanzen

(siehe auch Artikel Nutzpflanze)

Die Beispiele sind sortiert nach den jeweils wirksamen Pflanzenteilen. Die jeweilige Bezeichnung eines Heilmittels wird aus dem botanischen Namen des verwendeten Pflanzenteils und dem botanischen Namen der jeweils verwendeten Pflanzenarte zusammengesetzt.



Echter Beinwell (*Symphytum officinale*) wurde, wie der Name andeutet, früher unter anderem bei Knochenbrüchen angewendet

Cortex (Rinde)

Chinarinde (*Cortex chinae*), Eichenrinde (*Quercus cortex*), Faulbaumrinde (*Cortex frangulae*), Seifenrinde (*Cortex quillaiae*), Weidenrinde (*Salicis cortex*), Zimtrinde (*Cortex Cinnamomi*)

Flos (Blüte)

Lindenblüte (*Flos tiliae*), Kamillenblüte (*Matricariae flos*, *Flos chamomillae*), Heublumen, Grasblüten (*Graminis flos*), Holunderblüte (*Flores sambuci*)

Folium (Blätter)

Erdbeerblatt (*Folium fragariae*), Spitzwegerich (*Folium plantaginis*), Salbeiblatt (*Folium salviae*)

Fructus (Früchte)

Kümmel (*Fructus carvi*), Fenchel (*Fructus foeniculi*), Hagebutte (*Fructus cynosbati*), Wacholderbeere (*Fructus juniperi*)

Herba (Kraut)

Brennnessel (*Herba urticae*), Tausendgüldenkraut (*Herba centauri*), Wermut (*Herba absinthii*), Zinnkraut (Schachtelhalm) (*Herba equiseti*)

Radix (Wurzel)

Baldrianwurzel (*Radix valerianae*), Gelber Enzian (*Radix Gentianae*), Ginseng (*Ginseng radix*)

Rhizoma (Wurzelstock)

Ingwer (*Zingiberis rhizoma*), Nieswurz (*Hellebori rhizoma*), Veilchenwurzel, ungeschält (*Iridis cum cortice rhizoma*)

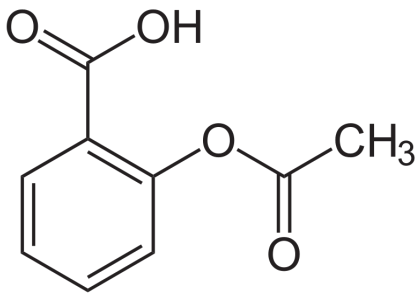
Semen (Samen)

Kürbiskern (*Cucurbitae semen*), Leinsamen (*Semen lini*), Muskatnuss (*Myristicae semen*)

Daneben existieren noch zahlreich andere Begriffe, wie *Stramentum* (Stroh), *Balsamum* (Balsam) usw.. Die pharmazeutischen Bezeichnungen sind pflanzenmorphologisch gesehen manchmal etwas unpräzise, etwa Wurzelstock für Rhizom, oder bei der Hagebutte, wo *Fructus* die Sammelfrucht (die rote Beere) bezeichnet, und *Semen* die eigentliche Frucht (den Kern).

Bekannte Arzneistoffe aus Heilpflanzen

Zahlreiche Arzneistoffe werden auch heute direkt aus Pflanzen hergestellt oder zumindest naturident (mit gleicher chemischer Struktur wie der in Pflanzen vorliegende Wirksstoff) synthetisiert. Teilweise sind dies hochwirksame oder in der nichtmedizinischen Anwendung hochgiftige Substanzen. Zu den Pflanzeninhaltsstoffen, die als isolierte Einzelsubstanz eingesetzt werden, gehören beispielsweise Colchicin, Paclitaxel und Morphin.



Struktur von Acetylsalicylsäure, während sie früher über die Rinde von Weiden bereitgestellt wurde, kann die relativ einfach aufgebaute Verbindung heute chemisch synthetisiert werden

- Acetylsalicylsäure (*Aspirin*®) zur Gerinnungshemmung (ohne Gegenmittel von besonderem Risiko vor Operationen), ursprünglich aus Weidenbaumrinde (*Cortex salicis*) bzw. Echtes Mädesüß (*Flores spiraeae*, *Flos reginae prati*)
- Herzglykoside, etwa Digitalis aus verschiedenen Fingerhüten (*Digitalis purpureae/lanatae folium*) oder ähnliche Glykosoide aus dem Maiglöckchen und verwandten Arten (*Flores/Herba/Radix convallariae*)
- Atropin, z. B. aus Tollkirsche (*Belladonna folii/fructae*) als Antidot (Gegengift) bei Fliegenpilzvergiftung und anderen Anwendungen
- Pyrethrum, ein Insektizid (z. B. gegen Kopfläuse) aus Chrysanthemen der Gattung Tanacetum (*Pyrethri flores*, syn. *Flores chrysanthemi*, *Flores tanaceti*)

Siehe auch

- Liste giftiger Pflanzen
- Medizinalpflanzen nach Wirkstoffgruppen
- Droge (Pharmazie)
- Heilpflanze des Jahres
- Alternativmedizin
- Ethnomedizin
- Ethnobotanik
- Ethnopharmakologie
- Phytotherapie
- Traditionelle Chinesische Medizin
- Alain Touwaide

Literatur

- Barbara Steinhoff, R.A. Marquard, A. Malko: *Arznei- und Gewürzpflanzen.* In: Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4, Eugen Ulmer, Stuttgart 2006, S. 314-525. ISBN 978-3-8001-3203-4
- Heidi Grun: *Geschichte der Kräuter und Heilpflanzenkunde*. Verlag Monsenstein und Vannerdat, Münster 2005, ISBN 3-86582-174-X
- Manfred Bocksch: *Das praktische Buch der Heilpflanzen – Kennzeichen, Heilwirkung, Anwendung, Brauchtum*. BLV, München 1996, ISBN 3-405-14937-1
- Jörg Zittlau, Michael Helfferich: *Heilpflanzen unserer Heimat.* Ludwig, München 1997, ISBN 3-7787-3559-4
- Ursel Bühring, "Praxis-Lehrbuch der modernen Heilpflanzenkunde", 2. überarbeitete Auflage, Sonntag Verlag, Stuttgart 2009, ISBN 978-3-8304-9163-7

Weblinks

- W. Arnold: Heilpflanzen [7]
- Umfangreiches Heilpflanzen-Lexikon [8]
- giftpflanzen.com [9] – Giftpflanzen in der Pharmazie und als Rohstofflieferanten
- Erik Gotfredsen: *Liber herbarum II* [10] – Datenbank, dänisch mit deutschen Übersetzungen

Auszüge aus alten Büchern

- Jacobus Theodorus: *Tabernaemontanus*. Anno 1625 [11]
- *Köhler's Medizinal-Pflanzen* [12]. Fr. Eugen Köhler, Gera 1887

Referenzen

[1] Konrad Spindler: *Der Mann im Eis. Die jungneolithische Gletschermumie vom Hauslabjoch in den Ötztaler Alpen*. in: *Nürnberger Blätter zur Archäologie* 9, 1992/93, S. 27–38.

[2] Hand-Rudolf Fehlmann: *Deutsche Heilpflanzennamen in St. Galler Handschriften (9. bis 11. Jahrhundert)*, in: *Fachprosa-Studien. Beiträge zur mittelalterlichen Wissenschafts- und Geistesgeschichte*, hrsg. von Gundolf Keil u. a., Berlin 1982, S. 469–478

[3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Info-Graphik: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2009) (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads/pics/NR_Anbau_Tabelle_2009_01.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=<body style="margin:0; background:#fff;">&wrap= | &md5=1475c2707454112085ee10e4266ab8fb)

[4] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Pflanzen für die Industrie*, 2005, pdf (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_197industriepfl2005.pdf)

[5] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V: *Daten und Fakten: Entwicklung der Anbaufläche* (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/service/daten-und-fakten/anbau.html)

[6] BC Cancer Agency: *Comfrey* (Beinwell) (http://www.bccancer.bc.ca/PPI/UnconventionalTherapies/Comfrey.htm), abgerufen am 09. Februar 2010

[7] http://www.awl.ch/heilpflanzen/

[8] http://www.heilpflanzen-katalog.de/

[9] http://www.giftpflanzen.com/thema_arznei.html

[10] http://www.liberherbarum.com/Index.htm

[11] http://www.kraeuter.ch/

[12] http://pharm1.pharmazie.uni-greifswald.de/allgemei/koehler/koeh-sta.htm

Heizwert

Physikalische Größe	
Name	**Heizwert**
Größenart	spezifische Energie (2) Energiedichte (3)
Formelzeichen der Größe	H_i (1)

Größen- und Einheiten-system	Einheit	Dimension
SI	$J \cdot kg^{-1}$ (2) $J \cdot m^{-3}$ (3)	L^2T^{-2} (2) $M\,L^{-1}T^{-2}$ (3)

Anmerkungen

(1) EN 437 ersetzt H_u
(2) Feststoffe; (3) Schüttgut, Flüssigkeiten (je Liter), Gase (i.N.)

Siehe auch: Brennwert, Verbrennungsenthalpie

Der **Heizwert** (umgangssprachlich unpräzise „Energiegehalt“ oder „Energiewert“ genannt) ist die bei einer Verbrennung maximal nutzbare Wärmemenge, bei der es *nicht* zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt, bezogen auf die Menge des eingesetzten Brennstoffs (in Unterscheidung zum *Brennwert*, welcher deshalb größer als der Heizwert ist).

Der Heizwert ist also das Maß für die spezifisch je Bemessungseinheit nutzbare Energie. Der Heizwert sagt nichts aus über die Verbrennungsgeschwindigkeit. So beträgt der Heizwert des Sprengstoffs TNT nur ein Viertel des Wertes von Holz.

Die physikalische Größe

Angegeben wird der Heizwert als *massenbezogener Heizwert* z. B. in Kilojoule pro Kilogramm in kJ/kg, Gramm oder Tonne. Mit Hilfe der Dichte des Brennstoffs kann der massenbezogene Heizwert auch in einen *volumenbezogenen Heizwert* umgewandelt werden, also z. B.je Liter in kJ/l oder auch je Kubikmeter in kJ/m³. Üblich sind in der Haustechnik auch Angaben in kWh, für Heizöl also in kWh/l oder für Gas in kWh/m³.

Das Formelzeichen für den Heizwert ist H_i. Das «i» steht dabei für lat. *inferior* („unterer“). H_u wie auch kJ/m_N^3 mit indizierter Maßeinheit für das Normalvolumen bei Gasen sind nicht mehr normgerecht.

technisch/kaufmännische Vereinfachung

In Deutschland wird technisch und kaufmännisch der Heizwert häufig in Steinkohleeinheiten und international über die dimensionslose *Öleinheit* (ÖE) angegeben. In Tabellenwerken werden auch andere masse- und volumenbezogen Vergleichseinheiten benutzt: *Kilogramm Öleinheiten* (kgÖE), *Tonnen Öleinheiten* (tÖE), *Kubikmeter Öleinheiten* (m³ÖE) und *flüssige US-Gallone Öleinheiten* (US.liq.gal.ÖE).

Heizwert und Brennwert

Zur Bestimmung der *Verbrennungswärme* wird ein Stoff unter Sauerstoffüberschuss in einem Kalorimeter verbrannt. Dabei entstehen als Verbrennungsprodukte gasförmiges Kohlendioxid und Wasser als Kondensat. Diese Werte werden standardmäßig in Tabellenwerken auf 25 °C bezogen.

- Der *Heizwert* eines Stoffes kann nicht direkt experimentell ermittelt werden. Der Heizwert bezieht sich auf eine Verbrennung, bei der nur gasförmige Verbrennungsprodukte entstehen. Zur Berechnung wird daher vom Brennwert die Verdampfungsenthalpie des Wassers abgezogen. Daher liegen die Heizwerte üblicher Brennstoffe ca. 10 % unter ihren Brennwerten.
- Der *Brennwert* ist identisch mit der *Standardverbrennungsenthalpie* $\Delta_V H°$ der allgemeinen Thermodynamik. Heiztechnisch gesprochen heißt das, dass der Wassergehalt bei dieser Berechnung nicht dampfförmig sondern vor und nach der Verbrennung in flüssiger Form vorliegt. Darum ist für Heizzwecke der Heizwert der bessere Kennwert, weil dabei der Wasserdampf im Allgemeinen aus der Anlage entweicht, und die Energie, die nötig ist, ihn zu verdampfen, verloren ist. Darauf bezieht sich auch der Ausdruck *Brennwerttechnik* für Heizanlagen: Hierbei wird auch die im Wasserdampf „verschwendete“ Energie zur Wärmeproduktion genutzt.

    Beispiel: Die Verdampfungsenthalpie von Wasser beträgt z. B. 45,1 kJ/mol (0 °C), 44,0 kJ/mol (25 °C) oder 40,7 kJ/mol bei 100 °C (siehe auch Verdampfungswärme).

Bei gasförmigen Stoffen bezieht man den Heizwert auf das Volumen bei 101,325 kPa und 0 °C (Normbedingungen). Die Angabe erfolgt dann in Kilojoule pro Normkubikmeter als kJ/m³ i.N., wobei das «i.N.» „in Normbedingung“ heißt. Der Brennwert ist bei gasförmigen Brennstoffen höher als bei anderen Stoffen, da hier im Gegensatz zu Heizöl oder sogar Holz (nur 4 %), der Wasserstoffgehalt sehr hoch ist.

Der Brennwert wird auch bei der Abrechnung von Heizenergie berücksichtigt. Er wird von Energieversorgern jedoch auf 0 °C bezogen. Dann ist der Brennwert der Gase wegen der höherer Gasdichten (also höherer *Energiedichte*) noch einmal ca. 10 % höher.

Beispiel: Brennwert Methan CH_4

- 50,0 MJ/kg bei 25 °C – 55,5 MJ/kg bei 0 °C (auf Masse bezogen)
- 36,3 MJ/m³ bei 25 °C – 39,9 MJ/m³ bei 0 °C (auf Volumen bezogen)

Berechnung von Heizwert und Brennwert

Gebräuchliche Brennstoffe wie Erdöl oder Kohle sind Gemische aus Stoffen, deren elementare Zusammensetzung meist aus Analysen bekannt ist. Mit Näherungsformeln kann der Heizwert solcher Stoffgemische für technische Anwendungen hinreichend genau aus der Zusammensetzung berechnet werden. [1] [2]

Weiterhin existiert noch eine Heizwertbestimmung nach Dulong.

Feste und flüssige Brennstoffe

Bei festen und flüssigen Brennstoffen gehen die Formeln auf die üblichen Anteile brennbarer Stoffe ein, die Formel für den Brennwert berücksichtigt nur den Wasserstoff, die des Heizwerts auch den Wasseranteil. Dabei sind $m(\mathrm{C}), m(\mathrm{H}), m(\mathrm{N}), m(\mathrm{S}), m(\mathrm{O}), m(\mathrm{H_2O})$ die durch 100 dividierten prozentualen Massenanteile von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Sauerstoff und Wasser.

Brennwert:

$$H_s = (34{,}0 \cdot m(\mathrm{C}) + 124{,}3 \cdot m(\mathrm{H}) + 6{,}3 \cdot m(\mathrm{N}) + 19{,}1 \cdot m(\mathrm{S}) - 9{,}8 \cdot m(\mathrm{O}))\,\mathrm{MJ/kg}$$

Heizwert:

$$H_i = (34{,}0 \cdot m(\mathrm{C}) + 101{,}6 \cdot m(\mathrm{H}) + 6{,}3 \cdot m(\mathrm{N}) + 19{,}1 \cdot m(\mathrm{S}) - 9{,}8 \cdot m(\mathrm{O}) - 2{,}5 \cdot m(\mathrm{H_2O}))\,\mathrm{MJ/kg}$$

Gasgemische

Bei Gasgemischen geht die Berechnung auf Wasserstoffgas und die wichtigsten Kohlenwasserstoffe ein. Die $n(\mathrm{CO})$ usw. sind die Molenbrüche der Komponenten mit den in Klammern angegebenen Summenformeln.

Brennwert:

$$H_s = (282{,}98 \cdot n(\mathrm{CO}) + 285{,}83 \cdot n(\mathrm{H_2}) + 890{,}63 \cdot n(\mathrm{CH_4}) + 1411{,}18 \cdot n(\mathrm{C_2H_4}) + 1560{,}69 \cdot n(\mathrm{C_2H_6}) + 2058{,}02 \cdot n(\mathrm{C_3H_6}) + 2219{,}17 \cdot n(\mathrm{C_3H_8}) + 2877{,}40 \cdot n(\mathrm{C_4H_{10}}))\,\mathrm{kJ/mol}$$

Heizwert:

$$H_i = (282{,}98 \cdot n(\mathrm{CO}) + 241{,}81 \cdot n(\mathrm{H_2}) + 802{,}60 \cdot n(\mathrm{CH_4}) + 1323{,}15 \cdot n(\mathrm{C_2H_4}) + 1428{,}64 \cdot n(\mathrm{C_2H_6}) + 1925{,}97 \cdot n(\mathrm{C_3H_6}) + 2043{,}11 \cdot n(\mathrm{C_3H_8}) + 2657{,}32 \cdot n(\mathrm{C_4H_{10}}))\,\mathrm{kJ/mol}$$

Heizwert und Verbrennungstemperatur

Die Verbrennungstemperatur ist abhängig vom Brennwert einerseits und von der Wärmekapazität sowohl der Ausgangsstoffe als auch der Endprodukte der Verbrennungsreaktion, nach der Energie-Bilanz-Formel:

> Ausgangs-Temperatur × Wärmekapazität der Ausgangsstoffe + Brennwert = End-(oder Verbrennungs-)Temperatur × Wärmekapazität der Endprodukte.

Dabei wird die Wärmeabgabe an die Umgebung vernachlässigt (adiabate Betrachtung). Unbeteiligte, aber anwesende Stoffe sind unbedingt mit zu berücksichtigen: Es ist beispielsweise ein Unterschied, ob Magnesium in Luft verbrennt, wobei Brenntemperaturen von rund 2.000 °C erreicht werden, oder in reinem Sauerstoff. Bei einer Verbrennung in reinem Sauerstoff müssen keine unbeteiligten Stoffe, wie zum Beispiel Stickstoff, mit erhitzt werden.

Aus demselben Grund verwendet man zum Autogenschweißen Acetylen und reinen Sauerstoff, weil sonst nicht Temperaturen von etwa 3.000 °C erreicht werden könnten.

Meist ist eine adiabatische Betrachtung ungeeignet, die die Reaktionsgeschwindigkeit unberücksichtigt lässt. So verbrennt ein Holzblock nur an der Oberfläche und die Wärme wird über die Zeit an die Umgebung abgeben. Hingegen reagiert Holzmehl mit Luft explosionsartig (Staubexplosion).

Heizwert und Nennwärmebelastung / Kesselwirkungsgrad

Der Heizwert der einem Wärmeerzeuger zugeführten Menge Brennstoffes in kW (kJ/s) ist dessen *Wärmebelastung*.

- Die *größte Wärmebelastung*, auf die ein Wärmeerzeuger eingestellt werden darf, und die nicht überschritten werden darf, wird auf dem Typenschild angegeben.
- Ebenso die *kleinste Wärmebelastung*, die Brennstoffmenge, die entsprechend ihrem Heizwert mindestens zugeführt werden muss und nicht unterschritten werden darf.
- Die *Nennwärmebelastung* liegt dazwischen und ist die bei einer Messung im konstanten Dauerbetrieb mit Nennwärmeleistung zugeführte Brennstoffmenge.
- Das Verhältnis von Nennwärmeleistung zur Nennwärmebelastung ist der Kesselwirkungsgrad η_K .

Tabellen

1 MJ/kg = 1000 kJ/kg; 1 MJ = 0,27778 kWh bzw. 1kWh = 3,6MJ

Feste Brennstoffe

Brennstoff	Brennwert (in MJ/kg)	Heizwert (in MJ/kg)	Heizwert (in kWh/kg)
waldfrisches Holz	*	6,8	1,9
Hausmüll	*	9-11	
lufttrockenes Holz	19	14,4-15,8	4-4,4
Papier	*	15	4,2
Stroh	*	17	4,8 [3]
Holzbrikett	18,7	17,6	4,8-5,0
Holzpellets	*	18	4,9
Hanfbriketts	*	16,7	4,7
Torf	23	15	4,2
Olivenkerne	*	20	5,6
Rohbraunkohle	10	8	2,2
Braunkohlebriketts	21	19,6	5,6
Braunkohlekoks	*	29,9	8,3
Braunkohlestaub	*	22,0	6,1
Steinkohle, div. Typen	29–32,7	27–32,7	7,5-9
Steinkohlekoks	*	28,7	7,97
Petrolkoks	*	31,5	8,8
Altreifen	*	32	9
Kohlenstoff (Graphit)	32,8	ident. Brennwert	9,1
Altgummi	*	35	9,7
Paraffin	49	45	12,5
Phosphor	25,2	ident. Brennwert	7
Schwefel	9,3	ident. Brennwert	2,6
Magnesium	25,2	ident. Brennwert	7
Trockenschlempe (DDGS)	ca. 20,5	ca. 19	ca. 5,3

(*) zur Zeit nicht bekannt

Flüssige Brennstoffe (bei 25 °C)

Brennstoff	Brennwert (in MJ/kg)	Heizwert (in MJ/kg)	Heizwert (in kWh/kg)	Dichte (in kg/dm³ (Liter))
Benzin	47	43,6	12,1	0,72 - 0,80
Ethanol	29,7	26,8	7,4	0,7894
Methanol	22,7	19,9	5,5	0,7869
Diesel, Heizöl EL	45,4	42,6	11,8	0,845
Biodiesel	40 (Rapsöl-Methylester)[2]	37	10,2	0,86 - 0,9
Heizöl S (schwer)	42,5	39,5	10,0	0,96 - 0,99
Erdöl	*	42,8	11,9	0,78 - 1,00
Isopropanol	33,6	30,7	8,5	0,785
Benzol	41,8	40,1	11,1	0,879
Bibo[3]	*	41,8	11,6	0,796
Paraffinöl	49	45	12,5	*
Altfett[1]	*	36	10	*

(*) zur Zeit nicht bekannt

(1) *Altfett* sind Ester von langkettigen Fettsäuren (meist C18) mit Glycerin (z. B. Rapsöl).

(2) *Biodiesel* ist ein Ester von langkettigen Fettsäuren (meist C18) mit Methanol (z. B. Rapsöl-Methylester).

(3) Benzin-Benzol-Gemisch (Ottokraftstoff) in der meistens verwendeten Mischung "aus 6 Teilen Benzin und 4 Teilen Benzol"

Gasförmige Brennstoffe (bei 25 °C)

Brennstoff	Brennwert (in MJ/kg)	Heizwert (in MJ/kg)	Brennwert (in MJ/m³)[4]	Heizwert (in MJ/m³)[4]	Heizwert (in kWh/m³)[4]
Wasserstoff	143	120	11,7	9,9	2,75
Kohlenmonoxid	10,1	10,1	11,5	11,5	3,24
Gichtgas[1]	1,5 – 2,1	1,5 – 2,1	2,5 – 3,4	2,5 – 3,3	
Stadtgas[2]			19 – 20	17 – 18	5,2 - 5,36
Erdgas[3]	36 – 50	38	35 – 45	32 – 42	9,7 - 12,5
Methan	55,5	50,0	36,3	32,7	
Ethan	51,9	47,5	63,6	58,2	
Ethylen (Ethen)	50,3	47,1	57,8	54,2	
Acetylen (Ethin)	49,9	48,2	53,4	51,6	
Propan	50,3	46,3	90,4	83,2	25
Butan	49,5	45,7	117	108	32,5

(1) Gichtgas besteht aus ca. 2-4 % Wasserstoff, 20-25 % Kohlenmonoxid und 70-80 % Inertgasen (Kohlendioxid, Stickstoff).

(2) Stadtgas besteht aus ca. 19-21 % Methan, 51 % Wasserstoff, 9-18 % Kohlenmonoxid und 10-15 % Inertgasen.

(3) Sorten von Erdgas:

- Erdgas „L“ besteht aus ca. 85 % Methan, 4 % (Ethan, Propan, Butan, Pentan) und 11 % Inertgasen.
- Erdgas „H“ (Nordsee) besteht aus ca. 89 % Methan, 8 % (Ethan, Propan, Butan, Pentan) und 3 % Inertgasen.
- Erdgas „H“ (GUS-Staaten) besteht aus ca. 98 % Methan, 1 % (Ethan, Propan, Butan, Pentan) und 1 % Inertgasen.

(4) Die Brenn- und Heizwerte können nicht absolut miteinander verglichen werden, wenn sie auf das Volumen bei 25°C bezogen sind. Ein m³ Butan oder Propan enthält bei 25°C mehr Masse an Brennstoff als beispielsweise ein m³ Stadt- oder Erdgas.

Umrechnungsfaktoren Heizwert nach Brennwert und umgekehrt nach deutscher EnEV

Brennstoff	Heizwert -> Brennwert	Brennwert -> Heizwert
Heizöl	1,06	0,943
Erdgas	1,11	0,901
Flüssiggas	1,09	0,917
Steinkohle	1,04	0,962
Braunkohle	1,07	0,935
Holz	1,08	0,926
KWK	1,00	1,00
Fernwärme	1,00	1,00
Strom	1,00	1,00

Quelle: DIN 18599, EnEV

Normen und Standards

- EN 437:2003 *Test gases - Test pressures - Appliances categories*; deutsch: DIN EN 437:2003-09 *Prüfgase - Prüfdrücke - Gerätekategorien* und ÖNORM EN 437:1994-05-01 *Geräte für den Betrieb mit Brenngasen – Prüfgase – Prüfdrucke und Gerätekategorien*

  Diese Euronorm führt auch in Sinne der internationalen Harmonisierung die Formelzeichen H_i für den Heizwert und H_s für den Brennwert ein
- DIN 5499 *Brennwert und Heizwert, Begriffe* (Januar 1972)
- DIN 51900 *Bestimmung des Brennwertes mit dem Bombenkalorimeter und Berechnung des Heizwertes*
  - Teil 1 *Allgemeine Angaben, Grundgeräte, Grundverfahren* (April 2000)
  - Teil 2 *Verfahren mit isoperibolem oder static-jacket Kalorimeter* (Mai 2003)
  - Teil 3 *Verfahren mit adiabatischem Mantel* (Juli 2004)
- DIN 1340 *Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase, Arten, Bestandteile, Verwendung* (Dezember 1990)
- DIN 1871 *Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase - Dichte und andere volumetrische Größen* (Mai 1999)
- DIN 51857 *Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase - Berechnung von Brennwert, Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex von Gasen und Gasgemischen* (März 1997)

- DIN 51612 *Prüfung von Flüssiggas; Berechnung des Heizwertes* (Juni 1980)
- DIN 51854 *Prüfung von gasförmigen Brennstoffen und sonstigen Gasen; Bestimmung des Ammoniakgehaltes* (September 1993)
- DIN V 18599 *Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung*

Siehe auch

- Wobbewert, Zustandszahl, Gasenergie, Kenngrößen der Wirkung eines Heizstoffs
- Abgasverlust, ein Maß für die Effizienz einer Heizanlage

Literatur

Brandt, F.: Brennstoffe und Verbrennungsrechnung, Vulkan Verlag Essen, 3. Auflage 2004, ISBN 3-8027-5801-3

Referenzen

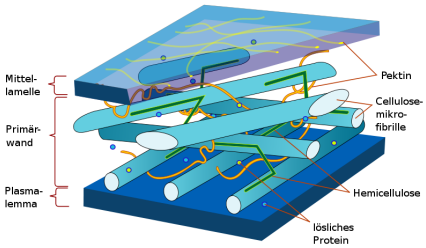
[1] Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau, 14. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1981, ISBN 3-540-09422-9

[2] *Boie, W:* Vom Brennstoff zum Rauchgas. Feuerungstechnisches Rechnen mit Brennstoffgrössen und seine Vereinfachung mit Mitteln der Statistik. Teubner Verlag, Stuttgart 1957

[3] Brennstoffdaten und Infos für Getreidekorn und Halmgut. Energiegetreide, Stroh, Strohpellets Miscanthus etc. Heizwert, Schüttgewicht, Aschegehalt, Schmelzpunkt, chemische Zusammensetzung, Brennstoff- und Energiekosten (http://energieberatung.ibs-hlk.de/plangetrei_dat.htm)

Hemicellulose

Hemicellulose ist ein in pflanzlicher Biomasse vorkommendes, nicht exakt definierbares Gemisch von Polysacchariden (Vielfachzuckern). Die am häufigsten vorkommenden Monomere (Monosaccharide = Einfachzucker) sind Pentosen, wie D-Xylose und L-Arabinose.



Aufbau einer nicht verholzten pflanzlichen Zellwand: Hemicellulose grün

Hemicellulose ist ein Bestandteil pflanzlicher Zellwände, deren Matrix aus fibrillärer, teilweise kristalliner Cellulose besteht. Bei Verholzung ist diese Matrix zusätzlich von dem Makromolekül Lignin (Lignocellulose) durchdrungen und bildet so Lignocellulose. Die Hemicellulose bildet somit einen Teil der Stütz- und Gerüstsubstanz von Zellwänden und macht 1/3 bis 1/4 der Pflanzenmasse aus. Sie ist amorph und bildet keine höheren Strukturen aus.[1]

Der Name Hemicellulose beruht auf der ursprünglichen Annahme, dass sie eine Vorstufe (*hemi-* = griech. für *halb-*) der Cellulose sei, welche jedoch ein Homopolymer aus der Hexose Glucose ist.

Definition

(siehe Artikel Kohlenhydrate, Monosaccharide und Polysaccharide)

Die Vielfalt der Kohlenhydrate bzw. Monosaccharide in der Natur ist sehr groß. Zudem können sie auf unterschiedliche Weise (über glycosidische Bindungen) zu Polymeren (Polysacchariden) verknüpft werden, welche sich zudem noch in der Anzahl der Monomere unterscheiden können. Auch bei Hemicellulose findet sich diese große Vielfalt, so dass eine allgemeine Definition anhand des chemischen Aufbaus nur vage möglich ist.[2]

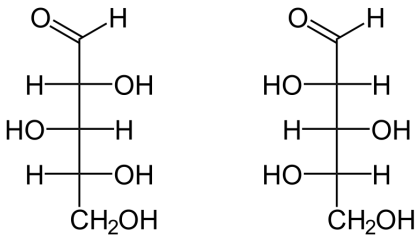
Alternativ wird Hemicellulose daher auch als der Bestandteil der Zellwand bezeichnet, der sich durch Alkalibehandlung oder kurzzeitige Extraktion mit verdünnter, heißer Säure lösen läßt. Andere Bestandteile, wie Lignin und die durch ihre hochgeordnete Struktur schwer zugängliche Cellulose, gehen dabei nicht in Lösung.[2] Diese Methoden werden z. B. auch in der Futtermittelanalytik zur Ermittlung der Anteile bestimmter Fraktionen (Cellulose, andere Kohlenhydrate) verwendet.

Chemie

Monosaccharide und Derivate

(siehe auch Artikel Monosaccharide)

Die Polysaccharide der Hemicellulose bestehen aus verschiedenen Monosacchariden. Häufig vertreten sind die Pentosen (Zucker mit 5 Kohlenstoffatomen) Xylose und Arabinose. Auch Hexosen (Zucker mit 6 Kohlenstoffatomen), wie Glucose, Mannose und Galactose, finden sich. Mit Zuckern verwandte Verbindungen, wie Uronsäure (bestimmte Zuckersäuren), z. B. aus der Gruppe der Hexuronsäuren (Glucuronsäure, Methylglucuronsäure, Galacturonsäure) und spezielle Zucker wie Desoxyhexosen (Hexosen, bei denen eine Alkohol-Gruppe (-OH) durch ein Wasserstoffatom (-H) ersetzt ist), z. B. (Rhamnose), kommen vor.[1]

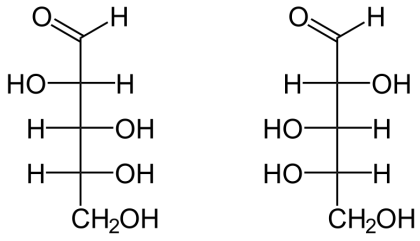


Strukturen von D- und L-Xylose in gestreckter Form

Polymere

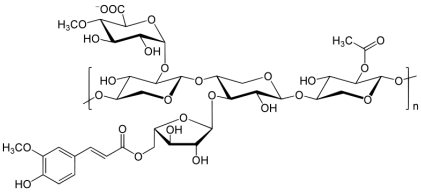
(siehe Artikel Polysaccharide)

Die Monosaccharide sind zu Polymeren (genauer: Polysacchariden) verknüpft. Bei Homopolymeren kommt nur ein Monosaccharid im jeweiligen Polymer vor, bei Heteropolymeren (Heteroglykanen) finden sich zwei oder mehr verschiedene Monosaccharide. Teilweise wird dies im Namen des Polymers verdeutlicht, das den Namen des einzigen oder eines häufigen Monosaccharids, versehen mit der Endung *ane*, trägt. Beispiele sind Xylan, Mannan und Galactan, bzw. die übergeordneten Bezeichnungen, wie etwa Pentosane und Hexosane.[1]



Struktur von D- und L-Arabinose in gestreckter Form

Meist stellt die Hauptkette ein Homopolymere, bei Xylan beispielsweise aus Xylose, oder ein Heteropolymere aus zwei oder mehr Bausteinen dar. Daran sind verzweigend weitere Zucker gebunden und bilden so ein unregelmäßiges Makromolekül.


Strukturformel einer möglichen Xylaneinheit

Vorkommen

Weizen und Gerste enthalten überwiegend Hexosane, Roggen und Hafer Pentosane. Die quellfähigen, schleimigen Pentosane in Roggenmehl verhindern beim Anteigen die Ausbildung eines Klebergerüstes wie beim Weizenteig. Bei diesem Polysaccharid handelt es sich vor allem um Arabinoxylan, dessen Hauptkette aus Xylose durch Verzweigungen in Form von Arabinose ergänzt ist.[3] Kleie enthält bis zu 40 % Hemicellulose.

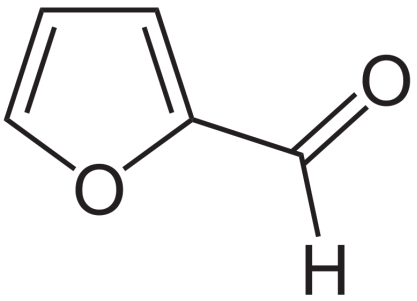
Nadelholz enthält überwiegend Mannane, während sich in Laubholz vor allem Xylane finden.

Zusammensetzung der Polyosen in Nadel- und Laubholz:

Polyosen	Nadelholz (Gehalt in %)	Laubholz (Gehalt in %)
Mannane	15–25	3–5
Xylane	5–10	20–30
Galactane	0,5–3	0,5–2
Gesamtgehalt	**20–30**	**25–35**

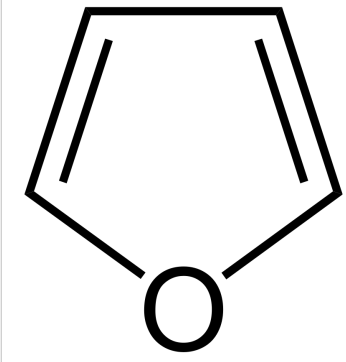
Verwendung und Bedeutung

Hemicellulose kann ein wichtiger Bestandteil von Chemiezellstoff für die Papierherstellung sein und ist relevant für Eigenschaften des Papiers, wie Reiß- und Zugfestigkeit, Opazität, etc..[2]



Furfural kann aus Pentosen, wie sie in Hemicellulose vorkommen, abgeleitet werden.

Mit der zunehmenden Bedeutung von nachwachsenden Rohstoffen wird auch zunehmend die Erschließung von Hemicellulose, z. B. in Bioraffinerien, diskutiert. Holz und Getreide könnten die Rohstoffquelle sein, die Verbindungen wie Furfural aus Pentosen, z. B. zur Herstellung von Nylon, liefert. Aus Furfural wird auch Furan abgeleitet, das z. B. zur Herstellung von Lösungsmitteln verwendet wird. Eine Reihe weiterer Plattformchemikalien können aus Hemicellulose bzw. bestimmten Monomeren abgeleitet werden.[4]



Furan kann aus Furfural gewonnen werden. Die Grundstruktur vieler Zucker (Furanosen) ist in Form des Furanrings noch vorhanden.

Mit speziellen Hefen, die auch Pentosen verwerten können, könnte zukünftig eine Erzeugung von Bioethanol aus Hemicellulose, z. B. zur Verwendung als Biokraftstoff oder Grundchemikalie, wirtschaftlich sein.[5]

In der menschlichen Ernährung stellt Hemicellulose, neben den Polysacchariden Cellulose und Pektin, einen wichtigen Ballaststoff dar, da sie nicht verdaut werden kann.

Weblinks

- *Ethanol from lignocellulose - overview* [6], Vortrag auf der Tagung *Neue Kraftstoffe* am 6. Mai 2008, Berlin, Informationen zur Vorbehandlung, enzymatischen Hydrolyse und Fermentation

Siehe auch

- Cellulose-Ethanol

Referenzen

[1] Elmar Weiler, Lutz Nover: *Allgemeine und molekulare Botanik.* Thieme, Stuttgart 2008, ISBN 978-3131476616.
[2] McGraw-Hill: *Hemicellulose* (http://www.answers.com/topic/hemicellulose), Encyclopedia of Science and Technology, 5th edition, 2005, abgerufen auf www.answers.com am 3. März 2010
[3] www.scientificpsychic.com: *Carbohydrates - Chemical Structure* (http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html), abgerufen am 3. März 2010
[4] Hirth, T. et al.: *Die Natur als chemische Fabrik - Herstellung von Plattformchemikalien, Monomeren und Polymeren aus nachwachsenden Rohstoffen* (http://www.gdch.de/strukturen/fg/hirth.pdf), Vortrag einer Arbeitsgruppe des Fraunhoferinstituts für chemische Technologie (ICT) auf einem Workshop der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) zum Thema *Nachhaltige Chemie* am 20. März 2007, abgerufen am 3. März 2010
[5] www.chemiereport.at: *Schwedische Forscher treiben Cellulose-Ethanol voran* (http://www.chemiereport.at/chemiereport/stories/9139/), Bericht auf der Internetseite der Zeitschrift *Chemiereport*, vom 24. November 2008, abgerufen am 3. März 2010
[6] http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/NeueBiokraftstoffe/3_Nedalco.pdf

Heu

Als **Heu** bezeichnet man die getrocknete oberirdische Biomasse von Grünlandpflanzen (Gräser, Kräuter, Leguminosen). Es dient in der Regel als Futter für Nutz- und Haustiere. Abzugrenzen ist Heu von Stroh, einem ebenfalls halmgutartigen Koppelprodukt der Nutzung von Druschfrüchten (Getreide, Ölsaaten) nach Entnahme der Samen.



Heufuhr im Engadin um 1900

Gewinnung

Geschichte

Bevor von Traktoren gezogene Ladewagen verbreitet waren, wurde das Heu meistens auf Wagen, die von Pferden und anderen Zugtieren gezogen wurden, zum Bauern transportiert. In unwegsameren Gelände (z.B. beim Wildheuen) musste das Heu oft auf dem Rücken in die Scheune getragen werden. Auch Holzschlitten fanden Verwendung.



Heu als Rindernahrung



Heuernte im Saarland nach 1920



Heuernte im Schwarzwald um 1942



Heuwenden



Heuernte, Mitte zwanzigstes Jahrhundert, Haselbach/Thüringen

Ernte



Heuernte 2006

Um eine Konservierung des auf Wiesen aufgewachsenen Mähguts zu gewährleisten, wird der Aufwuchs (meistens von hochwüchsigem Extensivgrünland) nach dem Mähen mehrere Tage auf dem Feld zur Lufttrocknung liegen gelassen. Während dieser Zeit wird es heute zumeist mit Kreiselwendern mehrmals gewendet, um dann mit Kreiselschwadern zu Schwaden gerecht zu werden. In der modernen Landwirtschaft wird das Heu heute meistens mit Ballenpressen gepresst. Üblich sind kleine Eckballen (etwa 35×25×100 cm) oder große, bis zu mehrere hundert Kilo schwere Rund- oder Quaderballen. Bei einer angemessenen Lagerung kann das Heu auf diese Weise über ein Jahre lang als Futtermittel für Nutztiere verwendet werden.

Um qualitativ hochwertiges Heu zu erhalten, wird das Mähgut schnell und gründlich getrocknen und möglichst staubarm gepresst bzw. eingefahren. Der Anteil an Trockensubstanz in hochwertigem Heu liegt bei etwa 86 %. Heu muss vor der Fütterung rund zwei Monate lagern, da es sonst zu Versauungsstörungen kommen kann.

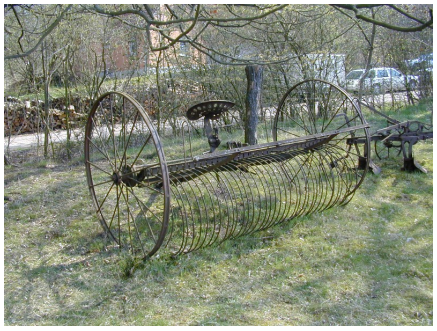
Ernte und Konservierung



Heuhaufen

Die einzelnen Schnitte zeigen deutliche Qualitätsunterschiede: Das Heu umfasst die faser- und kohlehydratreichen Gräser bis zur ersten Blüte, und die typischen Frühlings-Wiesenblumen (Hahnefuße, Schafgarben, uä.). Grummet ist kürzer und enthält mehr Kräuter. Es ist aufgrund eines relativ zum 1. Schnitt früheren Schnittzeitpunkts nährstoffreicher bzw. hat einen niedrigeren Anteil an Strukturkohlenhydraten als Heu. Grummet ist wegen seines hohen Eiweißgehalts besonders für Milchvieh als Futter geeignet. Aufgrund der Kolikgefahr kann es für Pferde dagegen sogar gefährlich sein. Die weiteren Schnitte sind minderwertig, und weitverbreitet ist stattdessen das Nachgrasen.

Der erste Schnitt wird in heutigen Produktionsverfahren nicht als Heu, sondern weit überwiegend zu Silage konserviert, um den Gesamtertrag des Grünlandes zu erhöhen sowie um Verdaulichkeit und Nährstoffgehalt des Futtermittels zu erhöhen. Zudem wird so der Blattanteil (Kräuter, Blumen) minimiert. Dieser neigt in der Silage zum


Heurechen, zum zusammenrechen des Restheus

Schimmeln und führt bei der Ernte zu erhöhten Verlusten. Aufwüchse für Silage werden meistens kurz vor dem Schossen gemäht, Aufwüchse für Heu zwei bis vier Wochen später. Durch den späteren Schnittzeitpunkt erhöht sich der Anteil der Strukturkohlenhydrate (siehe auch Rohfaser) in der Pflanze, was einerseits die Trocknung verkürzt und andererseits zu weniger Verlusten auf dem Feld führt (weniger Bergeverluste durch höheren Stängelanteil). Die Anzahl möglicher Nutzungen der Aufwüchse richtet sich sehr nach der Intensität der Bewirtschaftung. Bei extensiver Flächennutzung werden die Flächen zum Teil nur ein bis zweimal pro Jahr gemäht (plus Nachweide), bei intensiver Landbewirtschaftung drei bis fünf mal pro Jahr (eventuell anschließend Nachweide oder Mulch-/Pflegeschnitt). Die Stärke der Bewirtschaftung ist auch vom Standort (Klima, Boden, etc.) abhängig.

Bei Heu als Konservierungsform ist das Witterungsrisiko deutlich höher als bei Silage: Während Silage optimalerweise bei einem Wassergehalt von 65 % eingefahren wird, sollte Heu nicht mehr als 15 % Wasser enthalten. Daher muss es zur Trocknung wesentlich länger auf dem Feld verbleiben (bis zu mehrere Tage, Silage zum Teil nur einen Tag). Um ein Verderben des Heus bei ungünstiger Witterung zu vermeiden, wurde es früher (per Hand) auf Heureiter gehängt. Wird das Heu zu feucht gepresst, führt dieses vor allem durch Pilze (Hefen) zu einer Nacherwärmung des Materials. Damit verbunden sind Nährstoffverluste und eine Verunreinigung mit Gärschädlingen. Zu feuchtes Heu erzeugt aufgrund des schnell ablaufenden Gärvorgangs so hohe Temperaturen, dass sich Heuballen oder das gesamte Heulager selbst entzünden können (Heuselbstentzündung).

Wegen des sommerfeuchteren Klimas in Norddeutschland ist Heu als Konservierungsform dort deutlich weniger verbreitet als in Süddeutschland. Daneben haben aber auch die niedrigeren Verluste und die einfachere Handhabung weitgehend dafür gesorgt, dass die Silierung heute die überwiegende Konservierungsform in der Landwirtschaft ist.

Nutzung

Aufgrund seiner für Pferde günstigen Zusammensetzung hat Heu eine sehr hohe Bedeutung in der Pferdefütterung, der Einsatz in der Rinderfütterung nimmt durch die Vorzüglichkeit der Silagefütterung ab. Heu mit erhöhter Restfeuchte, das unter Luftabschluss konserviert wird, gilt als Heulage und kommt als staubfriees Futtermittel in der Pferdehaltung zur Verwendung. Trotz der teils vielfältigen Zusammensetzung aus mehreren Pflanzenarten gilt Heu rechtlich als Einzelfuttermittel.

Bedeutung hat die Heufütterung in der Milchviehhaltung für die Rohmilchkäseerzeugung (Emmentaler, Gruyere, Sbrinz etc.). Da Silagefütterung in der Milchviehhaltung zu Problemen bei der Herstellung von Rohmilchkäse führen kann, ist für die Lieferanten von Rohmilchkäsereien Silagefütterung z.T. untersagt und wird durch Heuf- und Grünmehl-Fütterung ersetzt. Regional wird Milch aus silagefreier Fütterung in Österreich unter dem Markennamen Heumilch vertrieben.

Zur energetischen Nutzung ist Heu bedingt geeignet. Seine Verwendung als halmgutartiger Brennstoff ist in dafür geeigneten Heizungsanlagen zulässig. Aufgrund der Brennstoffeigenschaften von Heu ist die Anlagentechnik anspruchsvoller als beispielsweise bei Verbrennung von Holz, zudem ist auch bei Kleinanlagen eine nachgeschaltete Abgasreiningung nötig, um geltende Emissionsgrenzwerte einzuhalten.[1]

Das bei der Heulagerung verblieben Feinmaterial, hauptsächlich Blattbruch, Spelzen und Samen und sonste Kleinteile, wird *Heublumen (Graminis flos)* genannt und ist ein traditionelles Heilmittel.

Differenzierung und Benennung nach Erntezeitpunkt

Je nach Region, aber auch regionaler Höhenlage (klimatische Umstände), werden Wiesen in Mitteleuropa ein bis zu bis sechs mal im Jahr geschnitten (*Schnitte oder Mahden*).

Erster Schnitt: Heumahd

Dabei heisst der erste Schnitt, der im Frühsommer stattfindet, speziell *Heumahd* (*die* f., regional auch *das* n.)[2] , sodaß man in Fachkreisen mit ‚Heu' nur das Futter der Frühsommerernte meint. Diese Spezialisierung ist im Süden ausgeprägter als im Norden.



Grasmahd mit Sense, bei Haselbach, Thüringer Wald, Anfang der 1940er Jahre

Zweiter Schnitt: Grummet, Emde, Ettgrön, Nachmahd

Der zweite Schnitt, der meist im Hochsommer erfolgt, und auch dessen Ernte, heisst allgemeindeutsch *Grummet* (n.).[3] [4]

Das Wort entstammt mittelhochdeutsch *gruonmât* und ist seit dem 13. Jh. nachzuweisen, nach Grimm „offenbar wesentlich älter"[3] , nach modernerer Ansicht aber tatsächlich Kompositumbildung als Ersatz zu *Heu*, dass sich auf den ersten Schnitt einengt.[4] Etymologisch wurde es auf *grün* bezogen[3] , vielleicht weil zeitgenössisch zunehmend auch anderes Grünfutter wie Nachsaaten gemäht wurden, geht aber direkt auf einen gemeingermanschen Stamm **grō-* ‚wachsen' zurück[4] , der sowohl *grün* und gras zugrundeliegt, wie auch engl. *grain* ‚Getreide', ein Wort, das als *bair. Grõā* für das jeweilige Hauptgetreide dialektal auch im Deutschen erhalten ist. Es fand sich in der heute hochdeutschen Form nur in den Vogesen *(Grummat)* und den Sudeten (*Grummet*) erhalten, verbreiteter heute oberbayer.-österr. *Groamat/d*, tir. *Gruamat*, niederbayer. *Gram(m)at, Groamet*, im Taunus-Rhön-Raum *Grommet*, im Schiefergeb. *Graumet*, mittelrhein. *Gro(o)m, Grommet, Gromisch* (mit Lautung bis *J-*), im ndsächs. *Gramme(t), Grammer*, ostmitteldt. *Grum(m)t, Gru(h)nd*, ostpreuß. *Gromme(l)t*.[4]



Heuernte im Schwarzwald vor 1915 (Krätzen)

Als zweite Form steht alemann. *Emde* (n.),[5] aus mittelhochdeutsch *âmât* ‚Abmahd' (*ā-* ‚fort, weg') in derselben Bildung wie *Grummet*. Heute am verbreitetsten ist allgemeinschwyzerdütsch und schwäb. *Ö(h)md, E(h)mt*, am Rhein auch *Amat*, nördlich *O(h)m(e)t*, vorarlbg. *O(h)mad*, zwischen Donau und Lech *Aumat*. Daneben findet es sich in einer Insel im Harz auf *Ommeten*.[4]

Dritte Hauptform ist *Ettgrön*, *ett-* zu althochdeutsch *ita-* ‚wieder' (wie in *itaruchen* ‚wiederkäuen', *itakummen* ‚wiederkehren'). Dieses Wort hat sich nur in Schleswigischen und Ostfriesischen erhalten, *Ettgroahr* fand sich an der Ems, *Ettgrau* im Weserbergland. Das Wort dürfte aber früher verbreiteter gewesen sein.[4] Eine verwandte Form, *Ettwort* (zu asächs. *wurt* ‚Wurzel') ist oldenburgisch.

Eine weitere, wohl jüngere[4] Form ist *Nachmahd* (f.), sie findet sich nur im niederdt. Sprachraum, allgemein *Na(h)mad/t*, holst. *Na/ohmeid*, niederfränk./westfäl. *N(a)ohmatt*. Sie bildet Nebenformen, *Nohheu* ‚Nachheu' im Limburgischen, und ostpomm. *No(h)schnitt*, *Nachgras* fand sich nur kleinräumig bei Lüneburg und im Oldenburgischen (*Nohgrus*).[4]

Weitere Schnitte

Das Fehlen eines eigenen Wortes für den zweiten Schnitt ist für des frühe 20. Jh. nur für zwei größere Inseln, im Südmärkischen bei Berlin *(Zweiter Schnitt)*, und Erzgebirgischen *(Zweite Schur)* belegt.[4] Der dritte Schnitt hat nur regional ein eigens Wort, etwa tir. *Pofel*, ahrntal. *Böüfel*, dessen Wortherkunft unbekannt ist, sonst werden die weiteren Schnitte nur durchgezählt. Vor der Heumahd ausgeführten Schnitte im Frühjahr heißen regional *Vor-* oder *Frühschnitt*.

Literatur

zu Grünlandwirtschaft i.a.:

- Gottfried Briemle u.a.: *Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung in Baden-Württemberg*. In: Günther Linckh u.a.: *Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Voraussetzungen, Möglichkeiten, Maßnahmen*. Springer Verlag, Berlin 1996 ISBN 3-540-61090-1, S. 125-256
- Ernst L. Klapp: *Grünlandvegetation und Standort. Nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland*. Parey Verlag, Berlin 1965
- Ernst L. Klapp: *Wiesen und Weiden. Eine Grünlandlehre*. Parey Verlag, Berlin 1971, ISBN 3-489-72510-7
- Gerhard Voigtländer (Hrsg.): *Gründlandwirtschaft und Futterbau*. Ulmer, Stuttgart 1987, ISBN 3-8001-3071-8

zu Heu und seinen Qualitäten:

- K. Buchgraber, L. Gruber, A. Pöllinger, E.M. Pötsch, R. Resch, W. Starz, A. Steinwidder: *Futterqualität aus dem Grünland ist wieder mehr wert.* In: *Der fortschrittliche Landwirt* 86, (6), 2008, S. 16-19.
- W.L. Greenhill, J.F. Couchman, J. De Freitas: *Storage of hay.* In: *Journal of the Science of Food and Agriculture* 12, 1961, S. 293-297.
- R. Resch, , T. Guggenberger, G. Wiedner, A. Kasal, K. Wurm, L. Gruber, F. Ring-Dorfer und K. Buchgraber: *Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum.* In: *Der fortschrittliche Landwirt* (24), 2006, Sonderbeilage

Referenzen

[1] Dr. Hans Oechsner: Besichtigung der Pilotanlage zur Heuverbrennung. In: ALB-Fachgespräch Holz, Geteide & Co., abgerufen am 10.3.2010 (pdf (http://www.alb-bw.uni-hohenheim.de/2teOrdnung/pdf-Praesentationen/Oechsner.pdf))

[2] *MAHD, n. und fem. mähen und gemähtes* (http://germazope.uni-trier.de/Projects/WBB/WBB/woerterbuecher/dwb/wbgui?lemid=GM00357&mode=linking). In: Jacob Grimm, Wilhelm Grimm: *Deutsches Wörterbuch.* Leipzig 1854ff (germazope.uni-trier.de)

[3] *GRUMMET, n., foenum secundum* (http://germazope.uni-trier.de/Projects/WBB/WBB/woerterbuecher/dwb/wbgui?lemid=GG26324&mode=linking). In: Grimm: *Deutsches Wörterbuch.*

[4] Werner König: *dtv-Atlas Deutsche Sprache.* 1 Auflage. dtv-Band 3025, dtv, München 1978, ISBN 3-423-03025-9, *Grummet*, S. 215 Sp. 1 (Karte S. 214).

[5] *EMDE, n. chordum, grummet* (http://germazope.uni-trier.de/Projects/WBB/WBB/woerterbuecher/dwb/wbgui?lemid=GG26324&mode=linking). In: Grimm: *Deutsches Wörterbuch.*

Hirse

Hirse ist eine Sammelbezeichnung für kleinfrüchtiges Spelzgetreide mit 10–12 Gattungen. Alle gehören zur Familie der Süßgräser (Poaceae). Der Name Hirse stammt aus dem Altgermanischen *(hirsi)* und steht für „Sättigung, Nahrhaftigkeit“. Hirse ist das älteste Getreide, das bereits vor 8000 Jahren dazu diente, ungesäuertes Fladenbrot herzustellen. In China wird Rispenhirse seit mindestens 4000 Jahren landwirtschaftlich genutzt. Die Rispenhirse oder Echte Hirse (Panicum miliaceum) wurde früher auch in Europa als Nahrungsmittel angebaut.



Hirsepflanzen


Coix lacryma-jobi (Hiobs-Träne)

Genutzte Arten

Zu den kultivierten Hirsen zählen folgende Arten:

- *Sorghum*
  - Mohrenhirse (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
- *Panicum*
  - Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.)
  - Sowihirse (*Panicum hirticaule* J.Presl)
  - Kutkihirse (*Panicum sumatrense* Roth)
  - Gabelblütige Hirse (*Panicum dichotomiflorum* A. Michaux),
  - Rutenhirse (*Panicum virgatum* L.)
- *Setaria*
  - Kolbenhirse (*Setaria italica* (L.) P.Beauv.)
- *Pennisetum*
  - Perlhirse (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.)
- *Paspalum*
  - Kodohirse (*Paspalum scrobiculatum* L.)
- *Echinochloa*
  - Japanhirse (*Echinochloa esculenta* (A.Braun) H.Scholz)
- *Eleusine*
  - Fingerhirse (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.)
- *Digitaria*
  - Foniohirse (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf)
- *Coix*
  - Hiobsträne (*Coix lacryma-jobi* L.)
- *Urochloa*
  - Guinea-Hirse (*Urochloa deflexa* (Schumach.) H.Scholz)
  - Braune Hirse (*Urochloa ramosa* (L.) R.D.Webster)
- *Eragrostis*
  - Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter)

Nutzung

Die wirtschaftlich wichtigsten Hirsen sind die Perlhirse, die Mohrenhirse (auch Zuckerhirse), die Fingerhirse, die Rispenhirse, die Kolbenhirse und der Teff, auch Zwerghirse genannt.



Hirsekörner

Nahrungs- und Futtermittel

(in g/100g) [1]

Bestandteile	Millethirsen	Sorghumhirsen
Wasser	14 g	14 g
Protein, gesamt	11,2 g	12,0 g
Fett, gesamt	5,1 g	3,0 g
Kohlenhydrate	70 g	81 g
Mineralstoffe	3,8 g	3,8 g

Hirse ist das mineralstoffreichste Getreide. In Hirse sind Fluor, Schwefel, Phosphor, Magnesium, Kalium und besonders viel Silizium (Kieselsäure) und Eisen enthalten. Im Handel üblich ist die von Schalen befreite Goldhirse, es gibt daneben die ungeschälte Braunhirse, in der die meisten an den Schalen haftenden Mineralstoffe und Spurenelemente erhalten sind. Möglicherweise ist jedoch der Blausäuregehalt besonders bei roher Hirse nicht ganz unbedenklich [2] . Hirse kann zur Herstellung glutenfreier Backwaren verwendet werden. In vielen Gebieten Afrikas und Asiens sind die unterschiedlichen Hirsearten Hauptnahrungsmittel, werden allerdings zunehmend durch Mais verdrängt. Kolbenhirse dient als Nahrung und in Osteuropa als Viehfutter, in Europa und Nordameriak zudem als Vogelfutter für die Ziervogelhaltung.

Hirse ist darüber hinaus die Grundlage einiger traditioneller Biere, zum Beispiel *Dolo* in Westafrika, *Pombe* in Ostafrika und *Merisa* im Sudan. In *Äthiopien* ist die Hirseart "Teff" (Eragrostis tef) die wichtigste Nahrungspflanze der Menschen. Industriell wird Hirse von einigen spezialisierten Brauereien zur Herstellung von glutenfreiem Bier für Menschen mit Glutenunverträglichkeit (Zöliakie) genutzt.

Industrielle Nutzung

Für die industrielle Nutzung ist vor allem die Mohrenhirse von Interesse. Neben den Samen wird bei ihr auch der Halm zur Herstellung von Naturfasern genutzt (Faserhirse).

In den USA werden große Hoffnungen in die Rutenhirse als Lieferant von Cellulose-Ethanol gesetzt, die Mohrenhirse gilt aufgrund der großen und kohlenhydratreichen Biomasse als aussichtsreiche Energiepflanze zur Biogaserzeugung, vor allem in trockenen Lagen [3] .



Zuckerhirse (*Sorghum bicolor*), im Feld.

Nutzungsgeschichte

Die beiden ältesten Funde von Rispenhirse in Deutschland (Nähe Leipzig und Kreis Hadersleben) stammen aus der Zeit der Linienbandkeramik (Altneolithikum 5500–4900 v. Chr.). [4] Im Altertum und Mittelalter zählten die unterschiedlichen Hirsearten zum meistangebauten Getreide. Durch Ausgrabungen in Mittel- und Norddeutschland ist ebenso der Hirseanbau in der vorrömischen Eisenzeit (Hallstatt- und Latènezeit) sowie der römischen Zeit (1.–3. Jhd. n. Chr.) belegt. [5] In der frühen Neuzeit wurden sie in Europa durch die Einfuhr von Kartoffel und Mais fast völlig verdrängt. Im Himalayagebiet wird aus verschiedenen Sorten ein schwachalkoholisches Bier gebraut. Gästen des Hunnenkönigs Attila wurde ausschließlich Hirse gereicht. Um die Gesundheit und Kraft zu stärken, empfahl der griechische Philosoph Pythagoras die Hirse.

Wirtschaftliche Bedeutung

Weltweit wurden im Jahr 2007 laut FAO 98,1 Mio. t an Sorghum und Millet produziert, die hauptsächlich zu Breinahrung und Futtermittel verarbeitet wurden. Der Hektarertrag ist von allen Getreidearten mit nur 7 dt/ha der geringste. Dies ist einer der Gründe, weshalb der wesentlich ertragreichere Mais in den traditionellen Hirseanbaugebieten immer populärer wird. Allerdings hat Hirse gegenüber Mais den großen Vorteil, dass selbst bei sehr schlechtem Wetter die Ernte fast nie komplett ausfällt.

Siehe auch

- Hirsebreifahrt
- Der süße Brei

Weblinks

- Studentenseite zu Hirsen [6]
- Hirse vor allem als Futtermittel für die Vogelhaltung, mit Bildern und verschiedenen Angaben [7]

Referenzen

[1] Ternes, Täufel, Tunger, Zobel: *Lebensmittel-Lexikon*, Behr's Verlag, 4. Auflage 2005, ISBN 3-89947-165-2

[2] agrarheute.com Blausäuregehalt (http://www.agrarheute.com/?redid=292443)

[3] Technologie- und Förderzentrum (TFZ): *Anbauhinweise Sorghum-Hirsen (Sorghum bicolor, Sorghum sudanense, S. bicolor x S. sudanense) für die Verwendung in Biogasanlagen.* TFZ, Straubing 2007. (PDF-Dokument (http://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/16022/anbauhinweise_sorghum_hirsen.pdf))]

[4] Udelgard Körber-Grohne: *Nutzpflanzen in Deutschland: Kulturgeschichte und Biologie*, Verlag Theiss, 1987, ISBN 3-8062-0481-0

[5] Udelgard Körber-Grohne: *Nutzpflanzen und Umwelt im römischen Germanien*, herausgegeben von der Gesellschaft für Vor- und Frühgeschichte in Württemberg und Hohenzollern e. V.
[6] http://online-media.uni-marburg.de/biologie/nutzpflanzen/matthias/startseite.htm
[7] http://halsbandsittiche.papageien.org/hirse/df_hirse.htm

Holz

Holz (von germanisch **holta*, aus idg. **klṭ̓o*) bezeichnet im allgemeinen Sprachgebrauch das feste bzw. harte Gewebe der Sprossachsen (Stamm, Äste und Zweige) von Bäumen und Sträuchern. Botanisch wird Holz als das vom Kambium erzeugte sekundäre Xylem der Samenpflanzen definiert. Nach dieser Definition sind die holzigen Gewebe der Palmen und anderer höherer Pflanzen allerdings kein Holz im engeren Sinn. Kennzeichnend ist aber auch hier die Einlagerung von Lignin in die Zellwand. In einer weitergehenden Definition wird Holz daher auch als lignifiziertes (verholztes) pflanzliches Gewebe begriffen. Kulturhistorisch gesehen zählen Gehölze wohl zu den ältesten genutzten Pflanzen. Als vielseitiger, insbesondere aber nachwachsender Rohstoff stellt Holz bis heute eines der wichtigsten Pflanzenprodukte dar.

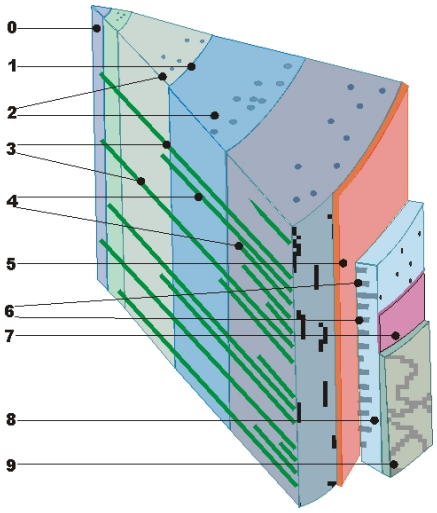


Verschiedene Holzarten

Entstehung von Holz

Holz wird vom Kambium, dem Bildungsgewebe zwischen Holz und Rinde gebildet (sekundäres Dickenwachstum).

Bei der Teilung einer Kambiumzelle entstehen zwei Zellen, von denen eine ihre Teilungsfähigkeit behält und zu einer neuen Initialzelle heranwächst. Aus der anderen wird eine Dauerzelle, die sich noch ein- oder mehrmals teilt. Aus den später zu Leitungs-, Festigungs- oder Speichergewebe ausdifferenzierenden Zellen entsteht nach innen Holz (sekundäres Xylem). Nach außen entsteht Bast (Phloem, sprich Phlo-em), aus dem die Innenrinde besteht und aus dem später die vom Phellogen gebildete Borke entsteht. Die Produktion von Xylemzellen übersteigt die Produktion von Phloemzellen um ein Vielfaches, so dass der Rindenanteil am gesamten Stamm nur etwa 5 bis 15 % beträgt.



0 = Mark; 1 Jahresringgrenze; 2 Harzkanäle; 3 Primäre Holzstrahlen; 4 Sekundäre Holzstrahlen; 5 Kambium; 6 Holzstrahlen des Bastes; 7 Korkkambium; 8 Bast; 9 Borke

In unseren Breiten gibt es klimatisch bedingt vier Wachstumsphasen:

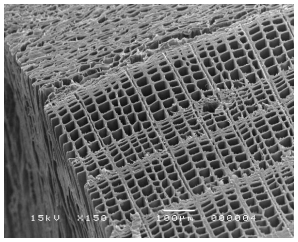
- *Ruhephase* (November bis Februar)
- *Mobilisierungsphase* (März, April)
- *Wachstumsphase* (Mai bis Juli): Holzzellen, die in dieser Jahreszeit entstehen sind großlumig, dünnwandig und von heller Farbe und bilden das so genannte Frühholz
- *Depositionsphase* (August bis Oktober): Holzzellen, die in dieser Jahreszeit entstehen sind kleinlumig, dickwandig und von dunkler Farbe und bilden das so genannte Spätholz (bzw. Herbstholz)

Durch dieses zyklische Wachstumsverhalten entstehen Jahresringe, die deutlich in einem Querschnitt durch einen Stamm erkennbar sind (siehe auch Dendrochronologie).

Struktur

Holz weist einen artspezifischen anatomischen Aufbau auf, so dass sich Holzarten anhand ihrer Makro- und Mikrostrukturen voneinander unterscheiden lassen. Die wissenschaftliche Beschreibung von Holzstrukturen und Bestimmung von Holzarten ist Aufgabe der Holzanatomie.

Verschiedene Holzstrukturen



Fichtenholz (*Picea abies*) im Rasterelektronenmikroskop



Eichenholz (*Quercus robur*), mit Porenreihen (Querschnitt)



Buchenholz (*Fagus sylvatica*), mit Holzstrahlen (Tagentialschnitt)



Holz der Maulbeerfeige (Ficus sycomorus), mit Axialparenchym (lichtmikroskopische Aufnahme)

Chemische Bestandteile

Zusammensetzung der Zellwand bei mitteleuropäischen Laub- und Nadelhölzern[1]		
Substanz	**Nadelholz**	**Laubholz**
Zellulose	42–49 %	42–51 %
Hemicellulose	24–30 %	27–40 %
Lignin	25–30 %	18–24 %
Extraktstoffe	2–9 %	1–10 %
Mineralien	0,2–0,8 %	

Die verholzte Zellwand der Laub- und Nadelhölzer enthält die Gerüstsubstanzen Zellulose, Hemicellulosen und Lignin, sowie in geringem Umfang sogenannte Extraktstoffe und Mineralien (Aschegehalt). Zellulose und Hemicellulose werden oft unter dem Begriff Holozellulose zusammengefasst. Die Anteile des Lignins und der Hemicellulose sind bei Laub- und Nadelhölzern unterschiedlich:

Nadelholz

Entwicklungsgeschichtlich sind *Nadelhölzer* älter als Laubhölzer, haben daher einen einfacheren anatomischen Zellaufbau als diese und besitzen nur zwei Zellarten.

1. *Tracheiden:* Langgestreckte (prosenchymatische) an den Enden spitz zulaufende Zellen, die nur mit Luft oder Wasser gefüllt sind. Sie vereinigen Leitungs- und Festigungsfunktion und haben einen Anteil von 90 bis 100 % der Holzsubstanz. Über so genannte Tüpfel bzw. Hoftüpfel erfolgt der Wasseraustausch zwischen den Zellen. In den Holzstrahlen sorgen sie als Quertracheiden für den Wasser- und Nährstofftransport in radialer Richtung. Sie haben einen Anteil von 4 bis 12 % an der gesamten Holzsubstanz.
2. *Parenchymzellen:* Im Längsschnitt meist rechteckige Zellen, die die Leitung von Nähr- und Wuchsstoffen sowie die Speicherung von Stärke und Fetten übernehmen. In radialer Richtung bilden sie als Holzstrahlparenchym den Großteil des Holzstrahlgewebes. Die die Harzkanäle umgebenden Parenchymzellen fungieren als Epithelzellen und produzieren das Harz, welches sie in den Harzkanal ausscheiden.

Harzkanäle finden sich beispielsweise in den Gattungen Fichte (*Picea*), Lärche (*Larix*), Kiefer (*Pinus*) und Douglasie (*Pseudotsuga*). Bei Eibe (*Taxus*), Tanne (*Abies*) und Wacholder (*Juniperus*) treten sie im Normalfall nicht auf. Im Falle einer Verwundung können aber auch diese Hölzer (z. B. etwa die Tanne) sogenannte traumatische Harzkanäle bilden.

Laubholz

Nadel- und Laubbaumholz



Fichtenholz



Kiefernholz



Kirschbaumholz



Palisanderholz

Das entwicklungsgeschichtlich jüngere Laubholzgewebe ist wesentlich differenzierter als das des Nadelholzes. Man kann es in drei funktionale Gruppen einteilen.

1. *Leitgewebe:* Gefäße (Tracheen), Gefäßtracheiden, vasizentrische Tracheiden. Die beiden letzteren sind Zwischenstufen in der Entwicklung von der Tracheide zum Gefäß.
2. *Festigungsgewebe:* Libroformfasern, Fasertracheiden
3. *Speichergewebe:* Holzstrahlenparenchymzellen, Längsparenchymzellen, Epithelzellen

Charakteristisch für Laubhölzer sind die in Nadelhölzern nicht vorhandenen Gefäße. Sie sind oft mit bloßem Auge als kleine Poren im Holzquerschnitt und als Rillen im Tangentialschnitt zu erkennen. Man unterscheidet hier, je nach Anordnung dieser Tracheen:

- *ringporige* Hölzer (z. B. Eiche, Edelkastanie, Esche, Robinie, Ulme): diese Arten bilden im Frühholz weitlumige Gefäße, im Spätholz hingegen vorwiegend englumige Tracheiden und Holzfasern.
- *halbringporige* Hölzer (z. B. Nussbaum, Kirsche)
- *zerstreutporige* Hölzer (z. B. Birken, Erle, Linde, Pappel, Rotbuche, Weide): diese Arten bilden während der ganzen Vegetationsperiode über Gefäße mit ungefähr gleichem Lumen.

Die Zuwachszonen (Jahrringmuster) sowie die artspezifische Anordnung von Poren- und Parenchymsträngen ergibt die charakteristische Maserung der Holzarten.

Tropenholz

Der Begriff *Tropenholz* ist durch die Herkunft des Holzes definiert und steht daher außerhalb der Pflanzensystematik. Unter Tropenholz wird vorwiegend das Kernholz tropischer Laubholzarten verstanden. Tropische Hölzer enthalten meist eine artspezifische charakteristische Anordnung der Poren und des Parenchyms. Viele tropische Hölzer zeichnen sich durch vorteilhafte mechanische Eigenschaften infolge des sogenannten Wechseldrehwuchs und durch höhere Dauerhaftigkeit infolge eines sehr hohen Kernstoffgehalts aus. Oftmals werden Farbe oder Maserung als ansprechend empfunden (Edelholz). Die Struktur von Tropenhölzern ist aufgrund des konstanteren Klimas in den Tropen gleichmäßiger als die von Jahrringen geprägte Struktur von Hölzern aus den gemäßigten Breiten. Der Konsum von Tropenholz wurde in den Industrieländern seit den 1970er Jahren kritisch diskutiert, da der Bestand der tropischen Regenwälder unter anderem durch Raubbau gefährdet ist. Andererseits stellt Holz einen wichtigen Wirtschaftsfaktor für viele tropische Länder dar und ist (wie auch in den gemäßigten Zonen) eine wichtige Einkommensquelle für die ländliche Bevölkerung. Umweltverbände kritisieren allerdings, dass dieser Bevölkerungsteil am wenigsten am gesamten Holzeinschlag in den Tropen profitiere.

Eine hohe Entwaldungsrate durch Tropenholzabbau auf industrieller Basis hat Indonesien: Jährlich werden Angaben der FAO zufolge etwa 1,8 Millionen Hektar Wald vernichtet[2] , eine Fläche, die der Größe Sachsens entspricht. Der letzte intakte *Tropische Regenwald* Asiens in West Papua ist durch illegalen Holzeinschlag (vor allem der Holzart Merbau) gefährdet. China und Japan sind die Hauptabnehmerländer. Der größte Anteil der globalen Tropenwaldvernichtung wird jedoch lt. FAO durch Wanderfeldbau und Brennholznutzung verursacht. Letztere machte im Jahr 2000 etwa 83 % des Holzeinschlags in tropischen Ländern aus. Zum Schutz der tropischen Regenwälder haben Umweltschutzorganisationen wie WWF, Greenpeace, NABU und BUND die FSC-Zertifizierung maßgeblich mitinitiiert. Andere Organisationen wie Pro Regenwald, Rettet den Regenwald und Watch Indonesia fordern den vollständigen Verzicht auf Tropenholz zum Schutz der letzten, noch erhaltenen Regenwälder, da sie der Meinung sind, dass ein Schutzsiegel die ökologisch verantwortliche und sozial verträgliche Waldbewirtschaftung nicht gewährleisten kann[3] .

Beispiele: Meranti, Mahagoni, Teak, Balsaholz, Palisander, Bangkirai (Yellow Balau), Bongossi, Abachi, Framiré, Merbau, Ovangkol, Ramin, Afzelia, Wengé

Verkernung

→ *Hauptartikel:* Kernholz

Von der Verkernung von Holz spricht man, wenn die inneren Wasserleitbahnen des Stammes unterbrochen werden und die Zellen absterben. Dies geschieht bei Nadelhölzern durch Verschließen der Hoftüpfel und bei zahlreichen Laubhölzern durch eine Verthyllung der Zelllumen in einem Alter von ca. 20–40 Jahren. Danach werden phenolische Kerninhaltsstoffe gebildet und in die Zellwände eingelagert, was oft zu einer Erhöhung der natürlichen Dauerhaftigkeit führt. Ist der Kernbereich deutlich durch eine dunkle Färbung zu erkennen, spricht man von Kernholzbäumen (z. B. Eiche, Kiefer, Douglasie, Lärche, Robinie). Wenn kein Farbunterschied zu erkennen ist, aber über den verringerten Feuchtigkeitsgehalt darauf geschlossen werden kann, dass der Innenbereich verkernt ist, spricht man von Reifholzbäumen (z. B. Fichten, Tanne, Linde, Birnbaum). Reifholz ist echtes Kernholz.

Zahlreiche Bäume neigen demgegenüber zu einer *fakultativen Verkernung* (z. B. Esche, Buche, Kirsche). Der Kern ist zwar farblich abgesetzt, man spricht aber von einem *Falschkern*, da die Kernbildung nicht endogen und regelmäßig stattfindet, sondern durch exogene Einflüsse (Verletzungen) ausgelöst wird. Der Falschkern hat keine erhöhte Dauerhaftigkeit. Als Splintholz bezeichnet man den Bereich des Stammes, der aktiv am Wasser- und Nährstofftransport und der Speicherung teilnimmt.

Eigenschaften

Die Eigenschaften des Holzes sind geprägt durch seine organische Natur, seine Porosität, seine Anisotropie und seine Hygroskopizität. Holzeigenschaften sind grundsätzlich artspezifisch, variieren aber auch innerhalb einer Art bedingt durch die Herkunft des Holzes. Splint- und Kernholz unterscheiden sich nur in Bezug auf Permeabilität und Dauerhaftigkeit, in ihren technologischen Eigenschaften jedoch nicht.

Hygroskopische Eigenschaften

Die hygroskopische Eigenschaft von Holz – d. h. seine Neigung, Feuchtigkeit aus der Umgebung aufzunehmen – bewirkt seine vergleichsweise geringe Dimensionsstabilität bei wechselnder Umgebungsfeuchte. Die Holzfeuchtigkeit gleicht sich dem Umgebungsklima an. Feuchtigkeitsänderungen unterhalb des Fasersättigungspunktes (je nach Holzart 25–35 % Holzfeuchte) gehen mit Formschwankungen einher (Quellung und Schwindung). Einige Holzarten, wie z. B. Teak haben aufgrund der Einlagerung hydrophober Substanzen ein geringes Schwindmaß. Ein technisches Verfahren zur Verminderung der Hygroskopizität ist die Holzmodifikation.

Anisotropie

Nahezu alle Holzeigenschaften unterscheiden sich in den drei anatomischen Grundrichtungen des Holzes (axial, radial, tangential). Das bewirkt z. B. ein ungleichmäßiges Schwinden des Holzes während der Trocknung. Bei den mitteleuropäischen Nutzholzarten beträgt das maximale Schwindmaß im Mittel axial 0,3 %, radial 5 % und tangential 10 %. Holz schwindet beim Trocknen also tangential (parallel zu den Jahrringen) etwa doppelt so stark wie radial (parallel zu den Holzstrahlen), so dass insbesondere bei großdimensionierten Hölzern leicht radiale Risse entstehen. Der Quellungs-/Schwindungskoeffizient gibt die Maßänderung pro Prozent Holzfeuchteänderung an.

Dichte und elastomechanische Eigenschaften

Eigenschaften ausgewählter Holzarten[4]

Holzart	Rohdichte (kg/m³)	Schwindungskoeffizient		Festigkeiten(N/mm²)				E-Modul (N/mm²)	Resistenzklasse (DIN EN 350-2)
		radial	tang.	Zug (axial)	Druck (axial)	Biegung (quer)	Schub (axial)		
Fichte	470	0,15	0,32	80	40	68	7,5	10.000	4
Kiefer	520	0,15	0,30	100	45	80	10	11.000	3–4
Lärche	590	0,20	0,44	105	48	93	9	12.000	3–4
Birke	650	—	—	137	60	120	12	14.000	5
Buche	690	0,19	0,34	135	60	120	10	14.000	5
Eiche	670	0,15	0,26	110	52	95	11,5	13.000	2
Esche	690	0,19	0,34	130	50	105	13	13.000	5
Robinie	730	—	—	148	60	130	16	13.500	1–2
Sipo	590	0,22	0,25	110	58	100	9,5	11.000	2
Azobé	1060	0,32	0,42	180	95	180	14	17.000	1

Die sogenannte Rohdichte des Holzes schwankt mit der Holzfeuchte. Bei einer Holzfeuchte von 12 % (Normalfeuchte in beheizten Innenräumen) umfasst die Rohdichte in Abhängigkeit von der Holzart einen Bereich zwischen 200 kg/m³ und 1.200 kg/m³. Frisches Holz weist wesentlich höhere Werte auf. So liegt das Landungsgewicht von frischem Eichenholz um 1000 kg/m³, im getrockneten Zustand (12 % Holzfeuchte) bei

670 kg/m³. Die Rohdichte gilt als Schlüsselvariable für die meisten technologischen Holzeigenschaften, mit denen sie korreliert ist. Dichtemessungen werden daher häufig zur Prüfung der Holzgüte eingesetzt (Beispiel: Resistograph). Im Gegensatz zur Rohdichte ist die Reindichte der darrtrockenen, hölzernen Zellwand weitgehend unabhängig von der Holzart und beträgt 1,5 g/cm³.

Holz ist ein viskoelastischer Werkstoff und seine elastomechanischen Eigenschaften unterliegen daher dem Zeiteinfluss. Es muss also sowohl die Belastungsdauer als auch die Art der Krafteinwirkung (statisch oder dynamisch) berücksichtigt werden. Neben der Dichte, und der Belastungsrichtung beeinflussen die Struktur des Holzes, seine Vorgeschichte, die Holzfeuchte die elastomechanischen Eigenschaften. Es ist ferner zu beachten, dass Dichte und elastomechanische Eigenschaften einzelner Holzarten einer natürlichen Varianz von 10–22 % unterliegen können.

Von allen Festigkeiten des Holzes hat seine Zugfestigkeit die höchsten Werte, während die Druckfestigkeit des Holzes etwa 50 % und die Scherfestigkeit (Schubfestigkeit) nur etwa 10 % der Zugfestigkeitswerte erreichen. Die Zugfestigkeit von Stahl ist zwar 5–6 mal höher als die Zugfestigkeit von Bauholz, letzteres ist aber 16-mal leichter. Holz zeichnet sich daher durch sein günstiges Verhältnis von Festigkeit und Gewicht aus.

Akustische Eigenschaften

Die Schallgeschwindigkeit erreicht in Holz faserparallel Werte von 4000 bis 6000 m/s, quer zur Faser nur 400 bis 2000 m/s. Einflussparameter auf die Schallgeschwindigkeit sind Dichte, Elastizität, Faserlänge, Faserwinkel, Holzfeuchte, Holzfehler (Äste, Risse). Aufgrund seiner guten akustischen Eigenschaften wird Holz im Musikinstrumentenbau eingesetzt. Es ist aber auch als Material für Schalldämmungen geeignet. Spanplatten mit einer Flächendichte von 15 bis 20 kg/m² erreichen eine Schalldämmung von 24 bis 26 dB.

Schalllaufzeitmessungen werden zur Prüfung des dynamischen E-Moduls bei der Gütekontrolle von Schnitthölzern und zur Diagnose des Zustands von Bäumen (Schalltomographie) eingesetzt.

Thermische Eigenschaften

Holz ist aufgrund seiner Porosität ein schlechter Wärmeleiter und eignet sich daher sehr gut als Wärmedämmung. Fichtenholz hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,22 W/mK (zum Vergleich Beton: 0,69 W/mK), bei Spanplatten liegt diese mit 0,14 W/mK noch niedriger. Poröse Faserplatten erreichen 0,05 W/mK. Die Wärmeleitfähigkeit steigt mit der Holzfeuchte und der Rohdichte des Materials.

Die Wärmekapazität, d. h. die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg eines Materials zu erwärmen, ist bei Holz etwa 4-mal größer als bei Eisen. Die Wärmedehnung kann bei Holz in der Praxis vernachlässigt werden, da sie durch das Schwindverhalten infolge Trocknung überkompensiert wird.

Die thermische Zersetzung von Holz setzt bei Temperaturen über 105 °C ein, wird ab 200 °C stark beschleunigt und erreicht ihren Höhepunkt bei 275 °C. Ein thermischer Holzabbau kann aber bei längerer Exposition schon bei Temperaturen unter 100 °C stattfinden. Der Flammpunkt des Holzes liegt zwischen 200 und 275 °C. Bei Abwesenheit von Sauerstoff kommt es zur Pyrolyse. Mitteleuropäische Nutzhölzer haben einen Heizwert zwischen 13 und 20 MJ/kg.

Optische Eigenschaften

Farbe und Struktur des Holzes werden als ästhetisch ansprechend empfunden. Starke Astigkeit und unregelmäßige Verfärbungen gelten aber als Holzfehler. Infolge der Wirkung des ultravioletten Lichts dunkelt Holz nach. Über einen langen Zeitraum schädigt Ultraviolettstrahlung das Holz oberflächlich. Dabei wird vor allem das Lignin denaturiert und abgebaut und wird im Falle direkter Bewitterung nachfolgend vom Regenwasser ausgewaschen. Die Oberfläche wirkt dann schmutzig grau. Unterbleibt die Einwirkung von Regenwasser, erhält das Holz infolge der UV-Wirkung eine silbrig-weiße Farbe. Die Wirkung des Sonnenlichts ist auf die Oberfläche begrenzt. Ihr kann

durch pigmenthaltige Lasuren bzw. Lackierung begegnet werden.

Biologische Eigenschaften

Holz ist biologisch abbaubar, ist dadurch aber auch anfällig gegenüber biotischen Schädlingen. Es kann also z. B. von Insekten, Pilzen oder Bakterien angegriffen und in seiner Substanz nachhaltig zerstört werden. Pilze können ab einer Holzfeuchte von etwa 20 % Holz angreifen. Bläuepilze (Ascomyceten, Fungi imperfecti) bewirken nur eine oberflächliche Verfärbung, während holzabbauende Basidiomyceten Weißfäule oder Braunfäule verursachen. Moderfäule und Abbau durch Bakterien ist nur bei hohen Feuchtegraden, vor allem im Erdkontakt möglich. Die Larven holzzerstörender Insekten (z. B. Hausbock, Nagekäfer) können noch bei geringerem Feuchtegehalt das Holz angreifen. Resistente Kernhölzer werden nur sehr langsam biotisch abgebaut. Ihre Resistenz wird nach Resistenzklassen 1–5 entsprechend DIN EN 350-2 eingeteilt.

Der biotische Holzabbau lässt sich weitgehend durch konstruktiven Holzschutz vermeiden oder vermindern. Dabei stehen die Verhinderung der Befeuchtung sowie ggf. der Einsatz geeigneter, resistenter Kernhölzer im Vordergrund. Dort, wo das nicht ausreicht (z. B. bei direkt bewitterten Hölzer im Außenbau, freistehenden Holzkonstruktionen, Masten) ist ein fachgerechter chemischer Holzschutz angeraten und für tragende Konstruktionen nach DIN 68 800 vorgeschrieben. Eine neue Möglichkeit, Holz gegen feuchtebedingte Dimensionsänderungen und Fäule unempfindlicher zu machen, ist die Holzmodifikation (z. B. Thermoholz, acetyliertes Holz).

Zu den biologischen Holzeigenschaften gehört auch die Permeabilität des Holzes, die durch dessen anatomische Struktur bedingt ist. Tüpfelverschluss und Verthyllung vermindern die Permeabilität und damit die Tränkbarkeit des Holzes.

Verarbeitung und Anwendungsgebiete

Holz zählt zu den nachhaltigen Rohstoff- bzw. Energiequellen, sofern die genutzte Menge nicht die nachgewachsene Menge übersteigt. Die leichte Bearbeitbarkeit und der damit verbundene niedrige Energiebedarf bei der Gewinnung und Verarbeitung spielen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der ökologischen Bewertung. In Ökobilanzen schneiden Holzprodukte hervorragend ab.



Holzverwendung im Bauwesen

Holz wird entweder als Schnittholz, als Furnier, als Holzwerkstoff oder als Faserstoff verarbeitet. Schnittholz und Furnier werden durch Holztrocknung und anschließende Konditionierung auf die jeweilige Verwendungsfeuchte gebracht. Dies geschieht heutzutage ausschließlich durch industrielle Trocknungsverfahren.

Historische Nutzung

Holz wurde mindestens seit der Altsteinzeit zur Energiegewinnung (Feuer), als Wurfgegenstand, als Werkzeugmaterial und als Baumaterial intensiv genutzt, wahrscheinlich teilweise schon viel länger, da auch Primaten Holz zum Nestbau, zum Werfen und zum Stochern einsetzen (siehe Werkzeuggebrauch bei Tieren).

Holz als Baustoff

Holz findet im Bauwesen als Bauholz Verwendung und kann dort z. B. als Vollholz, Brettschichtholz oder in Form von Holzwerkstoffen eingesetzt werden. Es wird sowohl für konstruktive, isolierende als auch für Verkleidungen eingesetzt. Auf tragenden Holzkonstruktionen basiert der Holzrahmenbau, der Holzskelettbau sowie der traditionelle Fachwerkbau. Der Einsatz von Brettschichtholz und Holzwerkstoffen erlaubt dem modernen Holzingenieurbau ungewöhnliche Holzkonstruktionen, wie z. B. das EXPO-Dach[5] in Hannover und die 190 m lange Holzbrücke bei

Essing über den Main-Donau-Kanal. Die zunehmende Verwendung von Brettschichtholz (Leimholzträger) in Hallenkonstruktionen ist durch Unglücksfälle in die Diskussion geraten. Die Schäden beruhten jedoch auf Konstruktionsfehlern und mangelnder Kontrolle. Die normgerechten Tragfähigkeitsreserven von Holzkonstruktionen sind derart hoch, dass bei regelmäßiger Inspektion keine Risiken bestehen.

Prinzipiell steht selbst dem Bau von Hochhäusern aus Holz nichts entgegen. Dies ist aber aus statischer Sicht nur für die obersten Etagen gebräuchlich. Das höchste Holzgebäude Deutschlands steht in Magdeburg. Es handelt sich um den Jahrtausendturm (eröffnet 1999 im Rahmen der Bundesgartenschau auf dem Gelände des Elbauenparks).Das höchste europäisch, wirtschaftlich genutzte Haus mit fünf Stockwerken steht in Espoo in Finnland. Der Bau wurde hauptsächlich von dem finnischen Unternehmen Finnforest geleitet und im Jahre 2005 abgeschlossen.



Jahrtausendturm in Magdeburg

Holz geringer Dichte kann in roher oder verarbeiteter Form zur thermischen Isolation (Dämmstoffe) eingesetzt werden (z. B. Faserdämmplatten, Balsa zur Isolation von Flüssiggastanks). Holzfaserplatten höherer Dichte haben gute akustische Dämmeigenschaften. Spanplatten (Flachpressplatte, OSB) werden ebenso wie Sperrholzplatten für Schalungen und für Wandelemente im Holzrahmenbau eingesetzt.

Im Unterschied zu Metallen ist Holz elektrisch nicht leitfähig. Aus diesem Grund baute man in den dreißiger Jahren zahlreiche Sendetürme für Mittelwellensender aus Holz, wobei der Antennendraht im Innern des Turmes aufgehängt wurde.



Höchstes Holzbauwerk: Sender Gleiwitz

Mit Ausnahme des Sendeturms des Sender Gleiwitz wurden alle diese Bauwerke entweder am Ende des Zweiten Weltkriegs zerstört oder inzwischen abgerissen. Weiterhin nutzt die Deutsche Telekom AG in Brück zwei 54 Meter hohe Holztürme, die ohne Verwendung von Metallteilen hergestellt wurden. Diese dienen zur Aufnahme von auszumessenden Antennen. Durch die metallfreie Konstruktion der Türme ist ein ungestörtes Ausmessen der Antennendiagramme möglich.

Weitere Anwendungen: Holz wird als Schalungsholz in Baugruben, sowie für Masten und Holz-Bahnschwellen zur Körperschalldämpfung auf Brücken und über Tunnelbauten eingesetzt. Früher wurde Nadelholz im Bergbau als Stempel zum Abstützen der Stollen verwendet, da es vor dem Brechen knackende Geräusche abgibt (Warnfähigkeit des Holzes). Holz wird auch zur Herstellung von Behältern und Silos zur Aufbewahrung aggressiver Salze verwendet.

Die *Brennbarkeit* von Holz erscheint zwar zunächst als ein Nachteil beim Einsatz als Bau- und Konstruktionswerkstoff. Holz wird jedoch bei großen Querschnitten als *brandhemmend* eingestuft, da auf seiner Oberfläche unter Feuereinwirkung eine hitzeisolierende Kohleschicht entsteht, die das innere Holz schützt. Durch Bauweise und durch brandhemmende Anstriche lässt sich die Widerstandsdauer einer Holzkonstruktion steigern. Die Gebäudestabilität sinkt im Brandfall nur langsam und abschätzbar, wohingegen Stahlkonstruktionen aufgrund des temperaturbedingten Festigkeitsverlustes zum plötzlichen, unkontrollierten Zusammenbruch neigen.

Holz als Konstruktionswerkstoff

Holz gewinnt als Konstruktionswerkstoff aufgrund endlicher fossiler Rohstoffe wieder zunehmend an Bedeutung. Es hat bei vergleichsweise geringer Dichte eine hohe Steifigkeit und geringe Kriechneigung bei dauernder Biegebeanspruchung. Es lässt sich gut bearbeiten und hat vorteilhafte ästhetische sowie ergonomische Eigenschaften.

Arten:

- Halbwaren in Form von Vollholz wie Bretter, Leisten, Stäbe, Platten
- Halbwaren in Form von Holzwerkstoffen wie beispielsweise Spanplatten, Holzfaserplatten verschiedener Dichte oder Sperrholz
- Tischlereiprodukte wie Möbel, Fenster, Türen und Treppen
- Klangholz für Musikinstrumente
- Werkzeuggriffe und -stiele
- Werkstoff für eine Vielzahl von Sportgeräten
- Im Bootsbau
- Im Wagen- und Wagonbau
- Paletten und Kisten im Transport- und Lagerwesen

Holz als Ausstattungsmaterial

Die ästhetischen Holzeigenschaften stehen bei der Verwendung von Holz als Parkett sowie für Decken- und Wandvertäfelungen im Vordergrund. Hier kommen zum Teil tropische Edelhölzer oder sogenannte Buntlaubhölzer (z. B. Kirschbaum, Elsbeere), die vorwiegend als Furnier verarbeitet werden, zum Einsatz. Auch im Möbelbau wird heutzutage hauptsächlich gemessertes Deckfurnier verwendet. Holzfußböden müssen zudem über eine ausreichende Abriebfestigkeit verfügen. Hier werden daher meist Harthölzer verarbeitet.

Industrieholz

Holz ist der wichtigste Grundstoff in der Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie. Der Rohstoff wird dabei entweder nur mechanisch zerkleinert oder in der Folge chemisch aufgeschlossen. Vorprodukte sind Hackschnitzel (zerkleinertes Holz), Späne, sowie Holzfasern oder auch Furniere (Holzblätter). Grundsätzlich wird nur entrindetes Holz verarbeitet. Für die Herstellung von Holzwerkstoffen werden beleimte Späne oder Holzfasern verpresst. Sperrholz hingegen besteht aus kreuzweise verleimten Furnieren, die meist aus gedämpften Blöcken geschält wurden.



OSB-Platte

Für die Zellstoffherstellung muss das Lignin weitestgehend aus dem Fasergrundstoff entfernt werden. Gängige Aufschlussverfahren sind das Sulfatverfahren und das Sulfitverfahren. Das Restlignin wird durch Bleichen des Zellstoffs beseitigt. Bei der Herstellung von Holzstoff oder Holzschliff als Grundstoff für Pappen und minderwertige Papiere verbleibt das Lignin in der Fasermasse. Papier aus Zellstoff erhielt früher die Bezeichnung „holzfrei“. Aus Zellstoff und Holzstoff werden u. a. Papier, Pappe und Zelluloseprodukte wie Zelluloid und Viskosefasern hergestellt.

Recycling und energetische Nutzung


Aufgeschichtetes Holz, Brennholzstapel

Holz kann in reiner Form problemlos durch Kompostierung oder durch Verbrennung bei gleichzeitiger Energiegewinnung entsorgt werden. Brennholz weist als nachwachsender Rohstoff eine gute Ökobilanz auf, wenn es nachhaltig angebaut und gewonnen wird. Alt- und Abfallholz wird zunehmend als Brennmaterial in Biomassekraftwerken zur regenerativen und CO_2-neutralen Energiegewinnung genutzt. Holz findet außerdem Verwendung als Brennstoff in Holzöfen. Durch die Entwicklung automatisierter Befeuerungsanlagen für Holzpellets oder Hackschnitzel ist Holz als Brennstoff inzwischen nicht nur ökonomisch, sondern auch hinsichtlich des Komforts der Verbrennung von Öl oder Gas gleichwertig. 2006 wurden in Deutschland damit etwa 2 % der Primärenergieversorgung gedeckt, was angesichts des Fehlens von Subventionen als wirtschaftlicher Erfolg zu betrachten ist. [6]

Eine weitere Recycling-Methode ist die Hochtemperatur-Verschwelung. Mittels dieses Verfahrens können aus Holz und anderen organischen Stoffen chemische Grundstoffe hergestellt werden, die fossile Quellen ersetzen. Sie stellt zugleich eine stoffliche Nutzbarkeit von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen dar, die mit Rückgang der fossilen Energieträger stark an Bedeutung gewinnen könnte.

Weitere stoffliche Anwendungen:

- Räucherholz (Rauchherstellung durch Verschwelung) zur Lebensmittelkonservierung
- Rohstoff für chemische Erzeugnisse wie Teer, Holzkohle
- Ausgangsmaterial für die Herstellung von Holzbranntwein

Wirtschaftliche Bedeutung

Holz ist einer der ältesten und wichtigsten Roh- und Werkstoffe der Menschheit. Nach wie vor übersteigt die jährliche Holzproduktion die Mengen an Stahl, Aluminium und Beton. Die Gesamtmenge der weltweit in den Wäldern akkumulierten Holzmasse wurde von der FAO für das Jahr 2005 auf etwa 422 Gigatonnen geschätzt. Jährlich werden derzeit 3,2 Milliarden m³ Rohholz eingeschlagen, davon fast die Hälfte in den Ländern der Tropen. Die höchste jährliche Einschlagsintensität findet sich allerdings mit 2,3 m³/ha in Westeuropa. Beinahe 50 % des globalen Holzaufkommens wird als Brennholz verwendet, was vor allem auf die Länder der tropischen Zone zurückgeht. Hier ist die Energiegewinnung noch immer die wichtigste Holznutzungsart – der Brennholzanteil in Westeuropa beträgt demgegenüber nur knapp ein Fünftel des Einschlags.

Im Jahr 2000 wurden lediglich 2 % des weltweit eingeschlagenen Holzes als Rohholz exportiert; der Verbrauch bzw. die Verarbeitung zu Halbwaren (Schnittholz, Holzwerkstoffe, Faserstoffe für Papier sowie Papier und Pappe) erfolgt also fast ausschließlich in den Herkunftsländern. Die größten Verbraucher an weltweit produzierten Holzhalbwaren sind mit 73 %-87 % die Länder der temperierten Zone. Auf der Produzentenseite hatte 1998 hier die Schnittholzproduktion nur einen Anteil von 35 % an der Gesamtproduktion, jeweils 16 % entfielen auf Holzwerkstoffe sowie auf Faserstoffe für Papier und 32 % auf Papier und Pappe.

Europa

Die prozentual waldreichsten Länder Europas sind Finnland, Slowenien, Schweden und mit etwas Abstand Österreich.[7] Die in absoluten Werten größten Waldflächen finden sich in Schweden (etwa 28 Millionen Hektar), Finnland, Spanien, Frankreich und Deutschland. Über die höchsten mittleren Vorräte Holz pro Hektar Wald verfügt man in der Schweiz, Österreich, Tschechien, der Slowakei und Slowenien (jeweils mehr als 250), während Deutschland mit über 3,4 Milliarden Vorratsfestmetern in Europa über die höchsten Holzvorräte insgesamt verfügt

(gefolgt von Schweden, Frankreich und Finnland). Diese Zahlen berücksichtigen nicht Russland. [8] [9]

Deutschland

In Deutschland ist ein ständig steigender Holzeinschlag festzustellen. Im Jahr 2007 wurde mit 76,7 Millionen Festmetern eine neue Höchstmarke erreicht.[10] Dieser Wert setzt sich aus Stammholz (46,8 Millionen Festmeter) und dem Industrieholz (29,9 Millionen Festmeter) zusammen. Bayern hat mit 21,2 Millionen Festmetern den größten Anteil am Holzeinschlag. Die wichtigsten Nutzholzarten sind Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Der Anteil der Holzwirtschaft an der Bruttowertschöpfung liegt im Jahr 2003 gesamtwirtschaftlich betrachtet bei nur 0,1 %. Bezogen auf die nachgelagerten Bereiche der Holzwirtschaft (Holzindustrie) steigt der Anteil auf rund 2,5 %.[11] Seit dem Jahr 2001 erlangt Holz als Roh- und Werkstoff wieder eine stark steigende Bedeutung, da es nahezu CO_2-neutral erzeugt werden kann, sich gut mit ökologischer und nachhaltiger Wirtschaftsweise verträgt, mit geringem Energieaufwand zu verarbeiten ist und vollständig stofflich verwertet werden kann. Fachgerecht hergestellt und verarbeitet ist Holz zudem ein dauerhafter Werkstoff.

Österreich

Österreich hat eine Waldfläche[7] von 3,92 Millionen Hektar (1998), das sind über 46 % des Staatsgebietes, mit steigender Tendenz. Der Ertragswald umfasst 83 % der Waldfläche, Baumartenzusammensetzung im Ertragswald (nach Holzvorrat): Fichte 61,4 %, Buche 9,2 %, Kiefer 9,0 % und Lärche 6,8 %.[7]

Normen und Standards

- DIN 68364 (2003-05): Kennwerte von Holzarten - Rohdichte, Elastizitätsmodul und Festigkeiten
- DIN 4074-1 (2008-12): Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz
- DIN 4074-2 (1958-12): Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz)
- DIN 4074-5 (2008-12): Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 5: Laubschnittholz
- DIN EN 13556 (2003-10): Rund- und Schnittholz - Nomenklatur der in Europa verwendeten Handelshölzer
- DIN EN 350-2 (1994-10): Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz

Verweise

Literatur

- H.H. Bosshard *Holzkunde Teil I-III*, Birkhäuser Verlag, Stuttgart 1982–1998, ISBN 3-7643-1630-6
- M. Chudnoff: *Tropical Timbers of the World*, USDA Forest Service Handbook # 607, 466 p. ISBN 3-935638-82-5
- D. Fengel, G. Wegener: *Wood – Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, Verlag N. Kessel, Reprint 2003, 613 S. ISBN 3-935638-39-6
- Dietger Grosser: *Die Hölzer Mitteleuropas – Ein mikrophotographischer Holzatlas*, Verlag N. Kessel, 2003. 87 Abb., 2 Falttafeln zur Bestimmung der Holzarten, ISBN 3-935638-22-1
- Karl Hasel, Ekkehard Schwartz: *Forstgeschichte – Ein Grundriss für Studium und Praxis*, 3. Aufl. 2002. 394 Seiten, ISBN 3-935638-26-4
- R. Bruce Hoadley: *Holz als Werkstoff*, O. Meier Verlag, Ravensburg 1990, ISBN 3-473-42560-5
- J.F. Rijsjdijk, P.B. Laming (1994): Physical and related properties of 145 timbers. Kluwer, Dordrecht, Boston, London, 393 S. ISBN 0-7923-2875-2
- F.H. Schweingruber, A. Börner, E.-D. Schulze: *Atlas of Woody Plant Stems. Environment, Structure and Environmental Modifications.* Springer, Heidelberg 2006, 229 S. mit zahlreichen Abbildungen, ISBN 3-540-32523-9

- Paul Lehfeldt: *Holzbaukunst* [Reprint 2001, Reprint-Verlag Leipzig], Leipzig und Holzminden o.J., ISBN 3-8262-1210-X
- Udo Mantau, Jörg Wagner, Janett Baumann: *Stoffstrommodell HOLZ: Bestimmung des Aufkommens, der Verwendung und des Verbleibs von Holzprodukten*, Müll und Abfall 37(6), S. 309 -), ISSN 0027-2957 [12]
- Peter Niemz: *Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*, DRW-Verlag, Stuttgart 1993, 243 Seiten, ISBN 3-87181-324-9
- Erhard Schuster: *Wald und Holz – Daten aus der Geschichte der Nutzung und Bewirtschaftung des Waldes, der Verwendung des Holzes und wichtiger Randgebiete*, 2 Bände, Kessel Verlag, Remagen. 669 Seiten. 2006–2. A. ISBN 3-935638-62-0 und 3935638639
- Anselm Spring, Maximilian Glas: *Holz. Das fünfte Element*, Frederking & Thaler, München 2005, ISBN 3-89405-398-4
- Wagenführ *Holzatlas*, Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig 2006, Hanser-Verlag, 816 S. ISBN 3-446-40649-2

Weblinks

- Sammlung verschiedenster Holzarten mit Bildern [13]
- Holz-Bilder aus dem Bildarchiv der Universität Basel [14]
- Verkieseltes Holz im Mineralienatlas [15]
- Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg [16] Diplomarbeiten ab 1949

Referenzen

[1] (nach Holz-Lexikon)

[2] Global Forest Ressources Assessment 2005. FAO Forestry Paper 147. ISBN 92-5-105481-9. S. 21

[3] http://www.regenwald.org/12fragen.php Fragen und Antworten zum Thema Tropenholz

[4] Nach Niemz 1993, sowie Rijsdijk und Laming 1994. Quelle: treeland.de (http://www.treeland.de)

[5] http://www.holz.de/template/index.cfm/fuseaction/directCall/module/content/function/fuseactionSLASHx_showContentSLASHx_uuidSLASHx_40FB5016-5D6B-4B45-9E163E097BB5588BSLASHx_hideHeadlineSLASHx_0/template/20/location/6CAC96C5-18D2-48B0-86F8CE1CE2FCE51B/sLang/DE/lastuuid/BA034FB1-572A-4E0B-BBF9D376ECB4E8D8/WAF/index.htm

[6] http://www.energie-fakten.de/html-neu/holzfeuerungen-haupt.html

[7] *Wald, in Österreich* (http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.w/w078488.htm). In: *Österreich-Lexikon von aeiou.*

[8] State of Europe's Forests 2007. The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe. MCPFE-LU, Warschau, 2007. ISBN 83-922396-8-7. S.182f.

[9] zusammenfassung der Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur (http://www.bundeswaldinventur.de/media/archive/217.pdf)

[10] Angaben zum Holzeinschlag von der Zentralen Markt- und Preisberichtstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft (http://www.zmp.de/presse/agrarwoche/marktgrafik/2008_06_23_zmpmarktgrafik_326_Holzeinschlag-D2007.asp)

[11] Mitteilung zum Holzzuwachs 2004 vom Statistischen Bundesamt Deutschland (http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2006/07/PD06__268__85,templateId=renderPrint.psml)

[12] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0027-2957

[13] http://www.holzwurm-page.de/holzarten/abisz.htm

[14] http://131.152.161.2/FMPro?-DB=b.fp5&-Lay=L&-error=B%2Fbfehler.htm&-op=bw&alles=&-op=bw&fam=&-op=bw&gattart=&-op=bw&legende=&-op=bw&herkunft=&-max=6&-format=b%2Fbliste1.htm&-LOP=AND&-Find=Suchen&katanat=Holz

[15] http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Holz

[16] http://www.bfafh.de/ordi/diplom.htm

Holzart

Mit **Holzart** wird das den entsprechenden Baumarten (siehe auch „Art“) zugehörige Holz bezeichnet. Die Bezeichnung ist im einfachsten Fall mit der botanischen Bezeichnung der Baumart identisch und besteht aus dem Gattungsnamen (großgeschrieben) und dem spezifischen Artnamen (kleingeschrieben). Der Begriff Holzart wird in der Regel dann verwendet, wenn nur der Rohstoff Holz gemeint ist, und nicht wie bei den Baumarten die ganzen Bäume.

Eigenschaften

siehe Hauptartikel Liste der Holzarten

Die verschiedenen Holzarten unterscheiden sich gemäß ihrer Herkunft von Bäumen unterschiedlicher Arten in ihrem Aussehen ebenso wie in ihnen Eigenschaften und dementsprechend auch in ihrer Verwendung. Zu den wesentlichen Merkmalen zählen unter anderem Farbe, Struktur, Härte und Dauerhaftigkeit.

Holzarten und Handelsnamen

In der Praxis haben die Holzarten im Holzhandel eine besondere Bedeutung. Der Übergang von Holzartenbezeichnungen zu gebräuchlichen Handelsnamen ist jedoch fließend, die Bezeichnungen sind nicht immer eindeutig. Insbesondere bei Überseehölzern spielen die Handelsnamen, welche auch lokale Sonderbezeichnungen besitzen können, eine besondere Rolle. Hier werden häufig verschiedene Arten unter einem Handelsnamen zusammengefasst (Beispiele: Palisander, Sandelholz, Rotholz), der dann gelegentlich auch als Holzartenbezeichnung verwendet wird.

Nomenklatur

Um mehr Klarheit auf dem Gebiet der Holzartenbezeichnung zu schaffen wurde die DIN 4076-1 (Benennungen und Kurzzeichen auf dem Holzgebiet; Holzarten) erstellt. Die Fassung von 1985 enthält die zu verwendenden Namen für 257 einheimische und ausländische Nadel- und Laubhölzer[1] . Die deutschsprachige Norm DIN 4076 führte jedoch zu Problemen im internationalen Handel, da die Abkürzungen der Holzarten aus den deutschen Namen gebildet wurden.

2003 wurden in der DIN EN 13556 (Nomenklatur der in Europa verwendeten Handelshölzer) die Standardnamen für Rund- und Schnittholz in deutscher, englischer und französischer Sprache festgelegt [2] . Die Abkürzungen werden in der neuen DIN EN 13556 als Vierlettercode aus dem international einheitlichen wissenschaftlichen Namen der Art gebildet. Die ersten beiden Buchstaben des Gattungsnamen bilden den ersten und zweiten Buchstaben und die ersten beiden Buchstaben des Artnamens den dritten und vierten Buchstaben der Abkürzung[3] . So lautete beispielsweise die Abkürzung von *Fagus sylvatica* (Rotbuche) in der DIN 4076-1 „BU“ (hergeleitet aus **Bu**che), die neue Bezeichnung nach DIN EN 13556 dagegen ist „FASY“ (hergeleitet aus ***Fa**gus **sy**lvatica*).

Literatur

- Reinhold Erlbeck, Ilse E. Haseder, Gerhard K. F. Stinglwagner: *Das Kosmos Wald-und Forstlexikon*, Kosmos-Verlag 1998, S. 356 ISBN 3-440-10375-7
- Ewald König: *Holz-Lexikon*, DRW-Verlag Stuttgart, 2. Auflage, 1972
- DIN 4076-1: Benennungen und Kurzzeichen auf dem Holzgebiet; Holzarten

Referenzen

[1] DIN 4076/T1 auf Holzlexikon.de (http://www.holzlexikon.de/frame.htm)

[2] Holzarten-Nomenklatur wichtiger Handelshölzer von A bis Z (holztechnologie.de) (http://www.holztechnologie.de/index.php?id=429)

[3] Holzarten (code-knacker.de) (http://www.code-knacker.de/holzarten.htm)

Holzaufschluss

Als **Holzaufschluss** wird der mechanische und chemisch-technische Aufschluss von Holz bezeichnet, bei dem die Cellulose (Zellstoff) gewonnen wird. Er dient vor allem der Gewinnung von Papier- und Chemiezellstoff, wobei letzterer nur einen Anteil von etwa vier Prozent an der weltweiten Produktion ausmacht.[1]

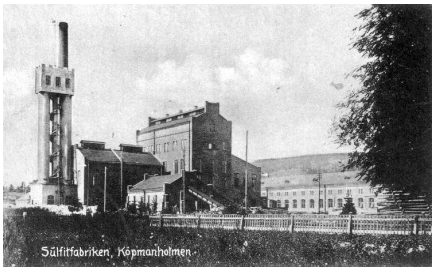
Grundlagen

Holz besteht im Wesentlichen aus in Bündeln angeordneten Cellulosefasern, die in einer Matrix aus Ligninmolekülen eingelagert sind. Das Lignin ist als Stützmaterial und verhärtetes Polymer wesentlich für die Festigkeit des Gewebes zuständig, während die eingelagerten Cellulosefasern die Zugfestigkeit gewährleisten. Es handelt sich also um eine Durchdringung von reißfesten, biegsamen Fasern (Cellulose) mit einem dichten und starren Polymer als Füllmaterial (Lignin).[2] Als Analogien sind auch technische Materialien wie Stahlbeton oder naturfaserverstärkte Kunststoffe entsprechend aufgebaut. Außerdem dient Lignin als Schutz gegen Eindringen von Wasser in das Zellwandmaterial und hält dieses somit in den Leitgefäßen (Xylem und Phloem) sowie im Innern der Zellen. Weitere Schutzwirkung besteht gegenüber UV-Licht sowie mechanischer Beschädigung und dem Eindringen von Schädlingen. Schließlich kann Lignin nur schwer von Bakterien bzw. Pilzen abgebaut werden und hemmt infolgedessen das Wachstum pathogener Mikroorganismen.[3]

Für die Nutzung von Cellulose als Zellstoff in der Papier- und Zellstoffindustrie muss die Ligninmatrix aufgelöst und die Cellulose entsprechend freigelegt werden. Dieser Auslösung des Zellstoffs dienen die unterschiedlichen Holzaufschlussverfahren.

Aufschlussverfahren

Bei mechanischem Aufschluss wird Holzstoff (Holzschliff) für sogenanntes Holzhaltiges Papier erzeugt. Dabei wird das Holz zu Fasern verschliffen, indem es gegen einen rotierenden Schleifstein gepresst werden. Eine alternative mechanische Variante ist, Holzhackschnitzel unter Wärme und Druck zwischen zwei rotierenden Scheiben eines Refiners zu zerfasern (thermomechanischer Holzstoff (TMP)).



Sulfitfabrik in Köpmanholmen (Schweden) um 1900 mit dem für das Sulfitverfahren charakteristischen Sulfit-Turm

Der chemisch-technische Holzaufschluss findet traditionell vor allem durch die folgenden Verfahren statt:

- Sulfatverfahren
- Sulfitverfahren

- Sodaverfahren

Bei der Produktion von Zellstoff für die Papierherstellung findet aktuell (2009) hauptsächlich das Sulfatverfahren Verwendung. Rund 85% des in Deutschland verbrauchten Zellstoffs wird im Sulfatverfahren gewonnen, im Jahr 2008 waren dies 3,7 Millionen Tonnen Sulfatzellstoff.[4] Das Sulfitverfahren wird für lediglich ca. 15% bzw. 723.000 t des in Deutschland verbrauchten Zellstoffs angewendet.[4] Weltweit stammen etwa 80% des Zellstoffs aus Anlagen mit einem konventionellen oder modifizierten Sulfatverfahren während nur etwa 6% aus dem Sulfitverfahren stammen (vor allem Chemiezellstoff). Die restlichen etwa 14% werden über das Sodaverfahren oder andere Aufschlussprozesse vor allem aus einjährigen Nutzpflanzen (Bambus u.ä.) hergestellt.[1]

Abseits dieser in der Papierindustrie verwendeten Verfahren gibt es eine Reihe weiterer Aufschlussverfahren, die darauf ausgerichtet sind, das bindende Lignin mit Hilfe von Lösungsmitteln, Säuren oder Enzymen aus dem Holz zu entfernen und damit den Zellstoff auszulösen. Zu den Verfahren gehören insbesondere folgende Verfahren:

- ORGANOCELL-Verfahren, Aufschluss mit Ethanol und Natronlauge
- ASAM-Verfahren, Aufschluss mit Natriumsulfit und Ethanol
- FORMACELL-Verfahren, Aufschluss mit Essigsäure und Ameisensäure
- MILOX-Verfahren, Aufschluss mit Ameisensäure und Wasserstoff-Peroxid
- ORGANOSOLV-Verfahren, enzymatischer Aufschluss

Literatur

- Aki Ahonen et al.: *Umweltverträgliche Holzaufschlußverfahren. Wissenschaftliche Studie zum Thema "Umsetzung der neu entwickelten umweltverträglichen Holzaufschlußverfahren."* Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe" Band 8, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow 1997.

Referenzen

[1] Akonen et al. 1997; S. 34.

[2] *Sekundärwände von Faser- und Holzzellen.* In: Peter Sitte, Elmar Weiler, Joachim W. Kadereit, Andreas Bresinsky, Christian Körner: *Strasburger – Lehrbuch der Botanik für Hochschulen.* 35. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2002, ISBN 3-8274-1010-X. S. 95–96

[3] Hans W. Heldt und Birgit Piechulla: *Pflanzenbiochemie.* 4 Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, 2008, ISBN 978-3-8274-1961-3, S. 420-422.

[4] Verband deutscher Papierfabriken e.V.: Papierkompass 2009 (PDF (http://www.vdp-online.de/pdf/Kompassdeutsch(1).pdf))

Holzbau

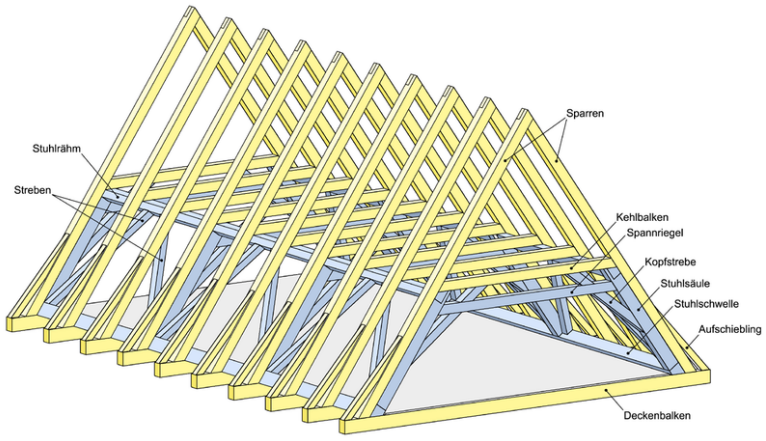
Als **Holzbau** wird der Bereich des Bauwesen, der den Baustoff Holz nutzt, bzw. auch das in **Holzbauweise** errichtete Bauwerk selbst, bezeichnet. Neben Vollholz werden auch Holzwerkstoffe eingesetzt.



Brücke bei Essing in Holzbauweise

Der Holzbau ist dabei ein altes und eigenständiges Fachgebiet, das sich mit seinen spezifischen Techniken und Werkstoffen von anderen Bereichen des Bauwesens, wie beispielsweise dem Mauerwerksbau, dem Stahlbetonbau oder dem Stahlbau, abgrenzt. Unterschieden wird zwischen dem über Jahrhunderte überlieferten zimmermannsmäßigen Holzbau und dem seit Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten Ingenieurholzbau.

Der Holzbau wird häufig in Kombination mit anderen Bautechniken angewendet. Es gibt beispielsweise Holzbalkendecken im Mauerwerksbau, Holzdachstühle auf Bauten aus Mauerwerk oder Beton, Dachbinder aus Holzfachwerken oder Holzleimbinder für Hallen und viele andere Anwendungsgebiete.



Historisches Kehlbalkendach mit liegendem Stuhl; der eigentliche Dachstuhl im engeren Sinne ist blau dargestellt

Verschiedene Studiengänge im Bereich Holzbau und im überschneidenden Bereich Holztechnik werden angeboten.[1]

Holzbauweisen

Verschiedene Konstruktionen wie Wohnhäuser, Brücken, Hallen und anderes können aus Holz als hauptsächlicher Baustoff errichtet werden.

Holzhaus

(siehe auch Artikel Holzhaus)

Seit Jahrtausenden wird Holz als Baustoff für die Errichtung von Häusern verwendet. Bereits in der Steinzeit wurden Pfahlbauten errichtet.



Rekonstruktion steinzeitlicher Pfahlbauten im Pfahlbaumuseum Unteruhldingen am Bodensee

Lange Zeit waren Fachwerkbauten in Europa verbreitet. Auch Blockhäuser waren regional die gängige Bauweise.

Innerhalb des modernen Holzhausbaus haben sich unterschiedliche Bauweisen entwickelt:[2]

- Massivbauweise: Wie beim Blockbau bestehen beim Massivholzbau die Wände aus massivem Holz.
- Skelettbauweisen
  - Wie beim klassischen Fachwerkhaus ist das Tragwerk aus Holz, die Zwischenräume sind meist mit einem Holz-Lehm-Verbund oder Ziegelwerk gefüllt.
  - Bei der Holzrahmenbauweise besteht das Tragwerk aus vorgefertigten Holzrahmen, die bei der Anlieferung maximal einseitig beplankt sind. Fenster, Türen, Dämmung und die weitere Beplankung werden auf der Baustelle eingebaut.
  - Beim Holztafelbau wird der Baukörper modular aus einzelnen ebenen Holztafeln zusammengesetzt. Mit dem Begriff Holztafel wird dabei die Verbundkonstruktion von Rippen aus Vollholz oder Holzwerkstoffen und einer Beplankung aus Holz- oder Gipswerkstoffen bezeichnet.
  - Eine besondere Form des Holz-Skelettbaus findet sich in nordeuropäischen Stabkirchen.
- Mischformen
  - Eine Mischform aus Blockhaus und Fachwerkhaus ist das Umgebindehaus.



Fachwerkhaus in Eschwege



Modernes, mehrstöckiges Holzhaus in Berlin

Studiengänge

An zahlreichen Hochschulen werden Diplom- und Vertiefungsstudiengänge zum Holzbau oder zur Holztechnik im Bereich des Bauingenieurwesens angeboten. Unter anderem an folgenden Einrichtungen:

In Deutschland:[1]

- Fachhochschule Bielefeld Campus Minden (Studiengang Bauingenieurwesen)
- Technische Universität Dresden (Holz- und Faserwerkstoffe)
- Technische Universität Braunschweig
- RWTH Aachen
- Universität Karlsruhe (TH)
- Technische Universität Berlin
- Technische Fachhochschule Berlin
- Technische Universität München
- Fachhochschule Lippe und Höxter (in Lemgo)
- Hochschule Rosenheim (Studiengänge Holztechnik, Holzbau und Ausbau, Innenausbau)
- Berufsakademie Dresden
- Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (in Hildesheim, Studiengang Konstruktiver Holzingenieurbau)

- FH Eberswalde
- Leibniz Universität Hannover (Studiengang Bauingenieurwesen)
- Hochschule Deggendorf (Studiengang Bauingenieurwesen)

In der Schweiz:

- Hochschule für Architektur, Bau und Holz Biel (Studiengänge Holzbau, Processmanagement und Productmanagement)

In Österreich:

- TU Graz
- TU Wien
- Boku Wien
- Uni Innsbruck
- Fachhochschule Salzburg

Literatur

- Hömmerich: *Holzarchitektur, Traditionelle und neuzeitliche Holzverbindungen*, ISBN 3-481-13941-1, Rudolf Müller Verlag, Köln.
- Integrierter Umweltschutz im Bereich der Holzwirtschaft. Entwicklung und Erprobung neuartiger Löschanlagen für den mehrgeschossigen Holzbau zur Brandbekämpfung und Fluchtwegsicherung, Forschungsbericht des BMFT - Forschungsstelle für Brandschutztechnik (Universität Karlsruhe, KIT), Karlsruhe, Bonn (2001) [3]

Weblink

- Magazin der Bundesinnung Holzbau in Österreich [4]
- *Holzbau Deutschland - Bund deutscher Zimmermeister* [5], Internetpräsenz mit Hintergrundinformationen, aktuellen Meldungen und *jährlichem Lagebericht der Holzbaubranche* [6]

Siehe auch

- Bauholz
- Holzschutz
- Holztürme
- Holzachterbahnen
- Holzbau Deutschland

Referenzen

[1] www.studienwahl.de *Holzwirtschaft, Holztechnik, Holzbau, Ausbau* (http://www.studienwahl.de/index.aspx?e1=4&e2=1&e3=3&e4=4&e5=0&e6=0&tn=0#Anker_ID_b8d9c9e4d60b7f77d500016401cc4129), Informationssystem der Bundesländer und der Bundesagentur für Arbeit, abgerufen am 21. Februar 2010

[2] oekologisch-bauen.info: *Holzbau* (http://www.oekologisch-bauen.info/holzbau/holzbau.php), abgerufen am 21. Februar 2010

[3] http://www.ffb.uni-karlsruhe.de/383.php

[4] http://www.holzbau-austria.at/index.php?option=com_content&task=view&id=265&Itemid=26

[5] http://www.holzbau-deutschland.de/

[6] http://www.holzbau-deutschland.de/fileadmin/user_upload/eingebundene_Downloads/Lagebericht2010.pdf

Holzextrusion

Die **Holzextrusion** ist ein kunststofftechnisches Verfahren (Extrusion), mit dem unter Verwendung von Holz und Kunststoffen in einem kontinuierlichen Verfahren Wood-Plastic-Composites hergestellt werden. Dazu werden die eingesetzten Compound-Materialien zunächst in einem Extruder gemischt, aufgeschmolzen und homogenisiert. Weiterhin wird im Extruder der für das Durchfließen der Spritzdüse notwendige Druck aufgebaut. Nach dem Austreten aus der Düse erstarrt das Material in der gewünschten Form und kann weiterbearbeitet werden.

Compounds

Es lassen sich Compoundmischungen aus Holz und unterschiedlichen Thermoplasten extrudieren. Insbesondere eingesetzt werden derzeit Polyethylen und Polypropylen; für spezifische Anwendungsbereiche finden als Kunststoffe auch weiterhin Polyvinylchlorid, aber auch Polystyrol Verwendung. Wichtig ist, dass die eingesetzten Polymere einen relativ niedrigen Schmelzbereich haben, damit es während der Extrusion zu keiner thermischen Schädigung des Holzes kommt. Je nach Anwendung im Innen- oder Außenbereich wird heute in der Regel ein Holzanteil zwischen 25 und 85 % gewählt. Zunehmend ist Holz der tragende Werkstoff mit geringen Anteilen an Kunststoffen als Bindemittel.

Holz wird bei der Holzextrusion in sehr unterschiedlichen Formen eingesetzt: Von Holzmehl über Holzfasern mit unterschiedlichen Geometrien bis hin zu Pellets. Pellets sind zwar leicht förder- und dosierbar, werden aber wegen des nicht konstanten Kompaktierungsgrades im Extruder unterschiedlich gut „aufgeschlossen“, so dass schwankende Endproduktqualitäten die Folge sind. Auch Holzmehle können trotz der ebenfalls guten Dosierbarkeit für bestimmte Anwendungen technologisch nachteilig sein, da sie kaum Matrix verstärkende Eigenschaften aufweisen. Bei der Holzextrusion können unterschiedliche Holzarten (z.B. Fichte, Kiefer, Buche) verwendet werden.

Als Zusatzstoffe werden bei der Holzextrusion – je nach Anwendungsfall – fast alle in der Kunststoffindustrie bekannten Additive wie UV-Stabilisatoren, Antioxidantien, Gleitmittel, Schlagzähmodifizierer, Flammschutzmittel oder Hitzestabilisatoren eingesetzt. Einen Spezialfall stellen die sogenannten *Coupling Agents* dar, mit denen die Holzfaser-Kunststoffmatrix-Haftung verbessert werden soll. Diese bestehen im Regelfall aus einer polaren Gruppe und aus einem langen, unpolaren Kettenrest (z.B. Maleinsäureanhydrid gepfropft auf Polypropylen).

Extruder-Typen

Drei verschiedene Extruder-Typen werden für die Holzextrusion eingesetzt: der konische Doppelschneckenextruder, der parallele Doppelschneckenextruder und der Einschneckenextruder. Die Größe der extrudierten Holzpartikel wird vorwiegend durch den Extruder (z.B. Zylindergröße, Schneckengeometrie) bestimmt. In einem gegebenen Extruder wird die Partikelgröße im Endprodukt ein bestimmtes kritisches Maß nicht übersteigen; werden längere Fasern und Späne eingesetzt, werden diese im Extruder zermahlen.

Der konische Doppelschneckenextruder mit seinem großen Durchmesser im Einzugsbereich und der kontinuierlichen Kompression durch die konischen Schnecken wird für hochgefüllte Systeme bevorzugt, weil sich damit sehr hohe Materialverdichtungen im Extruder bewerkstelligen lassen. Die relativ kurze Bauweise garantiert eine kurze Verweilzeit der Schmelze im Extruder und reduziert somit die thermische Belastung der Holzzusätze. In den letzten Jahren sind diese Werkzeuge an die Besonderheiten in der Holzextrusion angepasst wurden.

Einschneckenextruder finden überwiegend dort Verwendung, wo als Rohstoff fertige Granulate eingesetzt werden. Zwar ist die Mischwirkung im Vergleich zu den Doppelschneckenextrudern wesentlich schlechter; das kann aber durch die deutlich niedrigere Kosten unter bestimmten Rahmenbedingungen kompensiert werden.

Verfahrensschritte

Die Holzextrusion umfasst mit der Vorbehandlung und der Nachbehandlung des Produktes die folgenden Prozessschritte:

1. Eventuell Vortrocknen der Holzfasern
2. Komprimieren und Plastifizieren im Extruder
3. Entspannen und Entgasen (entweder atmosphärisch oder mit Hilfe von Vakuum)
4. Weiteres Plastifizieren und Mischen
5. Formgebung durch die Extrusionsdüse bei 100 bis 300 bar
6. Kalibrieren, Kühlen, Ablängen
7. Oberflächenbehandlung

Bei der Direktextrusion finden die Schritte 2 bis 5 im Extruder statt. Alternativ dazu wird das compoundierte Material zunächst granuliert und erst in einem Weiteren Schritt erneut erhitzt und zur Formgebung extrudiert. Damit wird die zeitliche und räumliche Trennung der Produktionsschritte Compoundierung und Formgebung ermöglicht, für die temperaturempfindlichen Holzfasern ist die zweimalige Erhitzung jedoch von Nachteil.

Alternativen

Die Holzextrusion ist das vorherrschende Verfahren bei der Produktion von WPC-Produkten. Mit diesem Verfahren können jedoch lediglich lineare Profile können hergestellt werden. Erweiterte Möglichkeiten der Formgebung bietet unter anderem der Naturfaser-Spritzguss.

Literatur

- Stadlbauer u.a. *Wood Plastic Composites* Berichte aus Energie- und Umweltforschung 68/2006 [1] (pdf)
- Dominik Vogt, Michael Karus, Sven Ortmann, Christin Schmidt, Christian Gahle, 2006: Studie "Wood-Plastic-Composites" Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe. Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe", Band 28. Landwirtschaftsverlag, Münster. ISBN 3784333974

Weblinks

- Holzextrusion auf dem Vormarsch [2]
- Neue Perspektiven für die Holzextrusion [3] (pdf)

Referenzen

[1] http://www.etn.wsr.ac.at/nw_pdf/6806_wpc.pdf
[2] http://www.innovations-report.de/html/berichte/maschinenbau/bericht-74951.html
[3] http://www.plastverarbeiter.de/ai/resources/74dcb4c2cb7.pdf

Holzfaser

Holzfasern sind langgestreckte, axial angeordnete Holzzellen, die der Festigung des Holzes dienen. Der Faseranteil im Holz liegt bei den meisten Laubhölzern zwischen 50-60%; hier spricht man von Libriformfasern. Bei den Nadelhölzern sind es die Längstracheiden, die 90-95% des gesamten Nadelholzkörpers bilden. Auch Einjahrespflanzen bilden verholzte Fasern aus, der Faseranteil ist jedoch deutlich geringer als bei Holz. Faserstoffe für die Papierproduktion werden als Holzstoff bzw. Zellstoff bezeichnet.

Eigenschaften

Holzfasern werden durch ihre Anordnung, die Form, die Wanddicke und –verdickung sowie ihre Länge charakterisiert. Die Nadelholzfasern sind länger als die Laubholzfasern, typische Werte sind 3,5-6 mm für Fichten-, Kiefer- oder Tannenfasern und 1-1,5 mm für Pappel-, Birke- oder Buchenfasern. Der Schlankheitsgrad (Verhältnis von Länge zu Dicke) beträgt bei den Nadelhölzern etwa 100, bei den Laubhölzern liegt er darunter, bei der Buche beispielsweise bei 38-60.

Herstellung

Holzfasern werden meist aus entrindeten Hackschnitzeln (ggf. durch Zugabe von Abfallspänen) gewonnen. Durch anschließendes Dämpfen, Kochen und chemisches oder mechanisches Aufschließen werden Einzelfasern, Faserbündel und Faserbruchstücke gewonnen. In der Praxis wird für die Zerfaserung des Holzes meist das Defibratorverfahren mit unterschiedlichen Zerfaserungsaggregaten (Refinern) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Einscheibenverfahren, bei denen die vorgewärmten Hackschnitzel zwischen einer festen und einer rotierenden Mahlscheibe zerkleinert werden.

Nutzung

Holzfasern werden in erster Linie für die Herstellung von Holzfaserwerkstoffen verwendet. Harte Faserplatten werden im Fahrzeugbau und in der Möbelindustrie verwendet. In der Bauindustrie werden sie für Betonverschalungen, im Fertighausbau und im Innenausbau z.B. für Bodenplatten eingesetzt. Mitteldichte Faserplatten finden als Möbel- und Küchenfronten, im Laden- und im Lautsprecherbau Anwendung. Faserplatten niedriger Dichte werden insbesondere als Holzfaserdämmplatten eingesetzt.



Holzfaserdämmstoff

Wirtschaftliche Bedeutung

Einen großen Markt für Holzfasern stellen die Faserplatten dar. Deutschland ist führender Standort der Holzwerkstoffindustrie und insbesondere die Mitteldichte Faserplatte zählte in den letzten Jahren zu den am stärksten wachsenden Holzwerkstoffprodukten. Nach einem starken Produktionsanstieg in den Jahren 2002-2005 brach die Produktion 2008 jedoch um 9,3% im Vergleich zum Vorjahr ein: auf 3,9 Mio. m3. [1] . Bei den Naturdämmstoffen, die in Deutschland jährlich verbaut werden, belegen Holzfaserdämmstoffe mit einem Marktanteil von 60% [2] den ersten Platz. Darüber hinaus werden Holzfasern zu so genannten Non-wovens (Nicht-gewebten Textilien) verarbeitet. Ungefähr 27.000 t hiervon werden für die Automobilindustrie zu Vliesen und Filzen verarbeitet [3]

Literatur

- Peter Niemz, André Wagenführ: *Werkstoffe aus Holz.* In: André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8.
- Manfred Dunky, Peter Niemz: *Holzwerkstoffe und Leime.* Springer Verlag, Heidelberg 2002. ISBN 3-540-42980-8.

Weblinks

- http://www.holzfaser.org/
- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V (deutsch) [4]
- European Panel Federation (englisch) [5]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [5]

Referenzen

[1] Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Branchendaten 2008

[2] Nachrichten-Portal Nachwachsende Rohstoffe (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info) Verband Holzfaser Dämmstoffe e.V. (VHD) vom 2.12.2008

[3] Michael Carus, Jörg Müssig, Christian Gahle: *Naturfaserverstärkte Kunststoffe.* Hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008 Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_227-brosch_nfk_2008.pdf)

[4] http://www.vhi.de/

[5] http://www.holzhandel.de/

Holzfaserdämmplatte

Holzfaserdämmplatte[1] [2] [3]	
	
Herkunft	
Rohstoffe	Holz, z.T. Latex, Paraffin, Bitumen
Primärenergieverbrauch (Herstellung)	600-785 kWh/m^3
Materialeigenschaften	
Wärmeleitzahl λ	fest: 0,040 W/mK flexibel: 0,040-0,060 W/mK
Spezifische Wärmekapazität c	2100 J/kgK

Rohdichte ρ	fest: 160-250 kg/m^3 flexibel: 40-60 kg/m^3
Dampfdiffusionswiderstand μ	fest: 5-10, flexibel: 1-2
Brandschutzklasse	B2
Einsatz	
Materialkosten	40-50 €/m^2 bei 0,2 W/m^{2}K

Holzfaserdämmplatten, gelegentlich auch **Holzweichfaserplatten** oder **Weichholzfaserplatten** genannt, sind aus Holzfasern hergestellte Plattendämmstoffe, die meist zur Wärmedämmung der Außenhüllflächen eines Gebäudes eingesetzt werden. Sie wirken dem Durchgang von Wärme sowohl im Winter, als auch im Sommer entgegen. Teilweise werden sie auch im Trockenbau für die Konstruktion innerer Gebäudeteile eingesetzt (Wand, Boden). Sie gehören zu den ältesten industriell hergestellten Naturdämmstoffen und wurden so bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts hergestellt.

Nicht zu verwechseln sind sie mit den Holzwolleleichtbauplatten.

Herstellungsverfahren

Holzfaserdämmplatten bestehen in der Regel zu 85% aus Holzfasern, die im nass-oder Trockenverfahren aus Sägeresten (Schwarte, Spreissel) und Hackschnitzeln gewonnen werden. Als Ausgangsmaterial werden Nadelhölzer wegen ihrer höheren Faserqualität bevorzugt. [4]

Nassverfahren

Beim Nassverfahren werden die Rohstoffe erst zermahlen und anschließend mit bis zu 98% Wasser zu einem Brei verrührt. Dieser Brei wird nach der Zwischenlagerung in Bütten auf der Formmaschine zum sogenannten Faserkuchen geformt. Nachdem das Wasser dann mechanisch weitgehend ausgepresst wurde, werden die Faserkuchen zurechtgeschnitten und in einem Trockenkanal bei Temperaturen zwischen 160° und 220°C getrocknet. Der Zusatz von Bindemitteln ist in der Regel nicht erforderlich, da der durch Erhitzen flüssige Ligninanteil des Holzes die Partikel beim Abkühlen zusammenbindet. Für besondere Zwecke (erhöhte Festigkeit, wasserabweisende Eigenschaften) werden dem Brei gegebenenfalls harz- oder bitumenhaltige Stoffe zugesetzt. Im Anschluss werden die Platten geschnitten, gestapelt und verpackt, für dickere Platten werden sie schichtverklebt. Bei guten Produktionsbedingungen fließen alle anfallenden Stäube bzw. Plattenreste wieder in den Fertigungskreislauf. [4]

Trockenverfahren

Beim Trockenverfahren werden die Fasern direkt nach dem Aufschluss getrocknet und dann mit rund 4% PUR-Harz vermischt. Um flexible Dämmplatten herzustellen, werden den Holzfasern zudem synthetische Textilfasern oder Fasern aus Maisstärke zugesetzt [5] . Anschließend werden sie in der gewünschten Dicke aufgestreut, verpresst, durch ein Gemisch aus Dampf und Luft gehärtet und die Platten dann geschnitten, gestapelt und verpackt. [4]

Technische Eigenschaften

Holzfaserdämmplatten weisen einen WLG-Wert von bis zu 040 auf und sind damit in der Dämmleistung vergleichbar mit Zellulose, Hanffaser, Schafwolle, Steinwolle oder auch Polystyrol. mineralischen Dämmstoffen deutliche überlegen sind sie bezüglich der spezifischen Wärmekapazität. Diese liegt mit 2100 J/(kg x K)[6] [7] deutlich über der mineralischer Dämmstoffe und ermöglicht damit einen guten sommerlichen Wärmeschutz. Holzfaserdämmplatten werden in die Baustoffklasse B2 bzw. E eingestuft, sind also normal entflammbar [8] . Holzfaserdämmstoffe können sehr viel Feuchtigkeit aufnehmen und verlieren ihre dämmenden Eigenschaften erst

bei einem Wasseranteil von mehr als 20 Gewichtsprozent [9].

In der Schalldämmung erzielen sie Schalldämmmaße von $R_{w,P} = 56dB$ bei Außenwänden bis $R_{w,P} = 62dB$ bei leichten Raumtrennwänden, bei Holzbalkendecken sogar bis $R_{w,P} = 79dB$. Bei Trittschalldämmungen werden Normpegel von bis zu $L_{n,w,P} = 34dB$ erreicht. [10]

Einsatzbereiche

Holzfaserdämmplatten sind insbesondere geeignet für Dachdämmung und Außenwanddämmung im Außenbereich, im Inneren als Fußbodendämmung, Dämmung von Decken und Innenwänden sowie in Hohlräumen (Zwischensparren, Trennwände, Balkenlagen). [5] Darüber hinaus eignen sich Holzfaserdämmplatten auch zur Schalldämmung im Innen- wie Außenbereich und zur Trittschalldämmung selbst von Wohnungstrenndecken bei erhöhten Anforderungen. [10]

Marktbedeutung

Holzfaserdämmplatten werden seit den 1930er Jahren hergestellt und zählen damit zu den ältesten industriell hergestellten Naturdämmstoffen. Sie sind normiert in der EN 13171. [4] Derzeit weisen sie einen am gesamten Dämmstoffmarkt einen Anteil von etwas über 1% auf. Im Marktsegment der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen haben sie einen Marktanteil von 28% und sind damit neben Zellulose mit einem Marktanteil von 32% der dominante Naturdämmstoff. [11]

Literatur

- *holzbau handbuch Holzfaserdämmstoffe*, In: Informationsdienst Holz, Reihe 4, Teil 5, Folge 2, 2007, ISSN 0466-2114 [12], PDF [13]

Weblinks

- VHD Verband Holzfaser Dämmstoffe e.V. [14]

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2008: Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen. S.9

[2] Kompetenzzentrum Bauen mit Nachwachsenden Rohstoffen, 2006: Konstruktionen mit Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. S.20.

[3] Ingo Gabriel und Heinz Ladener (Hrsg.), 2008: Vom Altbau zum Niedrigenergie- und Passivhaus. Ökobuch-Verlag. S. 74-75, ISBN 9783936896329

[4] *holzbau handbuch Holzfaserdämmstoffe*, In: Informationsdienst Holz, Reihe 4, Teil 5, Folge 2, 2007, S. 4-5, ISSN 0466-2114 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0466-2114), PDF Online (http://www.holzfaser.org/downloads/Holzfaserdaemmstoffe.pdf)

[5] J. Spritzendorfer: *Nachhaltiges Bauen mit „wohngesunden" Baustoffen.*, Heidelberg, 2007, ISBN 978-3-7880-7802-7, S.58

[6] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Dämmstoffe aus Nachwachenden Rohstoffen. S.9

[7] Steico: Sommerlicher Wärmeschutz. S.4 (Herstellerinformation)

[8] W. Eicke-Hennig: *Dämmstoffe aus Altpapier oder Naturfasern - (k)eine Alternative?* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3816769160

[9] *holzbau handbuch Holzfaserdämmstoffe*, In: Informationsdienst Holz, Reihe 4, Teil 5, Folge 2, 2007, S. 10, ISSN 0466-2114 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0466-2114)

[10] *holzbau handbuch Holzfaserdämmstoffe*, In: Informationsdienst Holz, Reihe 4, Teil 5, Folge 2, 2007, S. 8-9, ISSN 0466-2114 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0466-2114)

[11] Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche Band 26, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2008, S. 180

[12] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0466-2114

[13] http://www.holzfaser.org/downloads/Holzfaserdaemmstoffe.pdf

[14] http://www.holzfaser.org

Holzfehler

Als **Holzfehler** (gelegentlich auch **Wuchsfehler**) werden in der holzverarbeitenden Industrie Holzmerkmale bezeichnet, die die Nutzung für bestimmte Anwendungen maßgeblich einschränken. Hierdurch werden in der Regel die Möglichkeiten der Verwendbarkeit des Holzes verringert und somit der Wert des Holzes eingeschränkt.

In Einzelfällen können solche „Fehler“ beziehungsweise Holzmerkmale allerdings auch weitere Verwendungsmöglichkeiten eröffnen und somit den Preis steigern. So sind Hölzer mit Maserknollen aufgrund ihrer Optik für die Furnierherstellung oder in der Drechslerbearbeitung gefragt [1] . Sogenannte Krummhölzer (Stämme mit krummen oder bogenförmigen Wuchs) finden häufig eine besondere Verwendung im Schiffbau oder werden für Treppenwangen verwendet.

Gleichmäßiger Holzaufbau

Merkmale eines normalen und regelmäßigen Holzaufbaus sind:

- kreisrunde Jahresringe
- etwa gleiche Jahresringbreiten
- gleiche Früh- und Spätholzanteile
- Markröhre (Herz) läuft mittig
- nahezu zylindrische Stammform *(Vollholzigkeit, Walzigkeit)*
- keine Schädigung durch äußere Einflüsse
- holzartentypische Färbung

Nur für mache Baumarten regelmäßig sind:

- Wipfelschäftig (durchlaufender Stamm) - typisch für Nadelholz, Laubholz ist meist kurzstämmig

Stämme höchster Wuchsreinheit nennt man *Schälholz*, es eignet sich besonders zur Furnierherstellung

Liste von Holzfehlern

Als Mängel am Holz werden folgende Merkmale betrachtet:



Krummschäftigkeit

Fehler im Längsholz

Krummschäftigkeit

Diese geht meist einher mit Reaktionsholzbildung und einer extremen Form der Faserabweichung; Es entstehen verschieden stark gekrümmte Stämme. Ein Hauptgrund hierfür ist der Wildverbiss, bei dem die Tiere die obersten Knospen und Triebe fressen, weshalb dann ein Seitentrieb deren Funktion übernimmt. Aber auch ungünstiger Lichteinfall, einseitige Wind- und Schneebelastung sowie Bodenbewegungen an Hängen können Krummschäftigkeit verursachen. Eine einseitige Krümmung wird als ‚einschnürig" und eine mehrseitige Krümmung als *unschnürig* bezeichnet. Verschiedene Formen der Krummschäftigkeit sind z. B. *Säbelwuchs, Bajonettwuchs* oder *Posthornwuchs*.

Abholzigkeit



Abholzigkeit

Ein Stamm ist abholzig, wenn die Abnahme des Stammdurchmessers auf einen Meter Stammlänge mehr als einen Zentimeter beträgt. Bei einem abholzigen Stamm fallen im Sägewerk viele Schwarten an, und das Holz hat vor allem eine verringerte Biegefestigkeit, da vermehrt Fasern durchgeschnitten werden.

Typisch ist etwa die Abholzigkeit der Fichten in Freistand (in Unterscheidung zur Tanne), weshalb sie im Verbandsschluss ausgebaut werden muss.

Drehwuchs

Drehwuchs ist eine innere Verdrillung des Stammes. Dieses verdrillte Wachstum kann die Standfestigkeit eines Baumes verbessern. Drehwuchs findet sich daher vor allem bei Bäumen, die besonders intensiven Bewindungsverhältnissen ausgesetzt sind. Dies ist zum Beispiel in Küstenlagen oder in Hochgebirgszonen der Fall.[2] Die meisten Hölzer sind in gewissem Maß natürlich immer leicht drehwüchsig, als Holzfehler gilt nur abnorm starker Drehwuchs. Der Fehler äußert sich in werfendem Flachholz und drehenden Balken, weil die inneren Spannungen im Holz sich beim Trockenen lösen. Diese können enorme Kräfte entwickeln und sogar sauber ausgeführte Holzverbindungen sprengen.

Typisch stark drehwüchsig ist die Lärche, so dass sie sich trotz aller anderen Vorzüge wenig als Konstruktionsholz eignet: Sie hört auch in hohem Alter nicht zu arbeiten auf.

Faserabweichung (Wechseldrehwuchs)



Drehwuchs

Wechseldrehwuchs ist eine bei verschiedenen Tropenhölzern vorkommende arteigene Struktur. Sie entsteht durch eine 1 bis 8 cm breite, im wechselnden Drehsinn spiralig um die Stammachse (Markröhre) laufende Schichtung der Zellen. Da von Schicht zu Schicht die Richtung der Zellachse wechselt bzw. sich kreuzt, entstehen bei radialem Anschnitt Flächen aus Streifen mit unterschiedlich gerichteten Zellen. Hierdurch wird eine wechselnde Reflexion des Lichtes erzeugt, die einen Wechsel von matten und glänzenden Streifen hervorruft. Nachteilig kann sich der Wechseldrehwuchs durch eine streifige Widerspänigkeit (Ausreißen) und durch ein stärkeres Verziehen bei Seitenbrettern geringer Dicke auswirken. Die Verwendung für die Holzbearbeitung ist durch die starke Rissbildung nahezu ausgeschlossen.

Wimmerwuchs

Wimmerwuchs nennt man in der Längsrichtung nicht gerade verlaufende Jahresringe ohne sonstige Schäden. Sie ergeben ein unruhiges Maserungsbild, und führen zu schlecht hobelbarem Holz. Sie sind nur bei manchen Hölzern ein Holzfehler im eigentlichen Sinne, bei anderen kann Wimmerwüchsigkeit auch modisch werden, und kurzfristig zu höherem Preis führen.

Zwieselwuchs (Gabelwuchs), Doppelkern

Bei der Zwieselung sind zwei oder mehr Stämme der gleichen Baumart, oder eines Baumes miteinander verwachsen: Es entsteht ein *Doppelkern* oder es hat sich ein junger Baum gegabelt, mit fehlwüchsigen Einzelstämmen. Die Zwieselung gilt als Stammformfehler. Das Schnittholz ist häufig für den Tischler unbrauchbar, insbesondere dann, wenn der Doppelkern unvollkommen verwachsen ist. Bei einigen Holzarten, z. B. bei Nussbaum und Mahagoni, ist eine Verarbeitung der Zwiesel zu wertvollem Pyramidenmaserfurnier möglich. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen so genannten Druckzwiesel und Zugzwiesel.



Zwieselwuchs

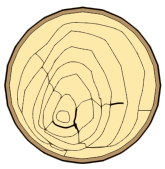
Fehler im Querholz

Exzentrischer Wuchs



Exzentrischer Wuchs

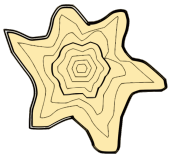
Die Stammform ist ellipsenförmig und das Herz befindet sich meist nicht in der Stammmitte. Zu dem entstehen am Stammmantel rillenförmige Einbuchtungen, die sich bei einigen tropischen Baumarten zu Brettwurzeln ausbilden. Bäume wie z. B. Buche, Birke oder Teak, die zu einer Unrundheit neigen, weisen eine über den Stammquerschnitt stark schwankende Rohdichte auf und neigen deshalb bei der Trocknung zu Rissbildung und sind schwer zu bearbeiten.



Exzentrischer Wuchs

Spannrückigkeit

Als spannrückig wird ein Stamm bezeichnet, der sich in seinem Querschnitt nicht einer Kreisform annähert, sondern sich sternartig entwickelt. Dies ist besonders häufig am unteren Stammende zu beobachten und wird durch eine ungleichmäßige Teilungsaktivität im Kambium verursacht. Spannrückigkeit wird genetisch vererbt oder entsteht infolge von Verletzungen. Meistens liegt sie zwischen zwei Wurzelanläufen. Sie kommt oft bei Hainbuche, Eibe, Wacholder, Hickory und Robinie vor.



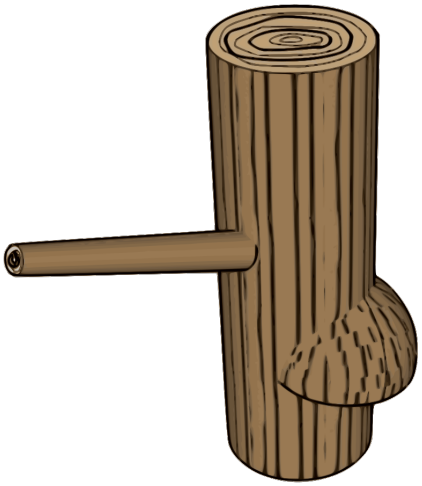
Spann- rückigkeit

Reaktionsholz (Druckholz)

Wird ein Baum durch Hanglage, durch exponierte Windlage oder durch den Druck von Schneemassen einseitig belastet, bildet sich Reaktionsholz und ein exzentrischer Wuchs. Nadelhölzer bilden talwärts *Druckholz*; auf der belasteten Seite teilen sich die Kambiumzellen schneller und es entstehen dickere Zellwände. An der rötlichen Färbung erkennt man, dass der Ligninanteil hier höher ist; das Holz ist hart, spröde und schwindet stark. Laubhölzer reagieren dagegen hangwärts mit der Bildung von Zugholz; der Zelluloseanteil ist hier höher, die Zellwände sind mikroskopisch gewellt, man erkennt es an seiner hellen Farbe. Es ist rau und schwindet ebenfalls stark. Wird Reaktionsholz verarbeitet, besteht besonders an der Kreissägemaschine durch Klemmen hohe Unfallgefahr.

Ästigkeit und Beulen

Ein Baumstamm ist grob in drei Zonen unterteilbar, das Zopfstück, den Mittelstamm und den Erdstammblock. Im untersten Teil, dem Erdstammblock, befinden sich keine oder nur verwachsene *Äste*. Der Mittelstamm enthält tote Äste. Und das oberste Stück, das Zopfstück, enthält grüne Äste. Äste besitzen einen höheren Ligninanteil und sind damit dunkler und spröder und schwinden stärker als Stammholz. Die Holzausnutzung ist durch Aussortieren, oder Herausschneiden der Äste geringer und mindert dadurch den Wert. Es gibt allerdings auch Ausnahmen wie z. B. die Zirbelkiefer oder den Vogelaugenahorn. Bricht bei einem Baum ein Ast ab, wird die entstandene Wunde im Laufe der Zeit überwallt, was ebenfalls zu einem gestörten Faserverlauf führt (Beulen).



Ästigkeit

Wundüberwallung

Alte, verheilte Wunden *(Überwallungen)* sind Holzfehler, sowohl weil sie abgestorbene, oft schon angefaultes Holz enthalten, als auch durch die verworfene Maserung.

Maserknollen und Maserwuchs



Maserknolle

An den Stämmen einiger Baumarten zeigen sich gelegentlich auffällige Zellwucherungen, die gewöhnlich als Maserknollen bezeichnet werden. Sie werden in der Regel durch das Bakterium *Agrobacterium tumefaciens* ausgelöst. Dieses schleust mit Plasmiden Bruchstücke des eigenen Genoms in das Genom von Zellen höherer Pflanzen und löst im Befallsbereich ein ungehemmtes Wachstum aus.[3]

Maserknollen sind an einer deutlichen Verdickung am Stamm, häufig im unteren Stammabschnitt zu erkennen. Auch am Stamm sind Maserknollen möglich. Die hier sehr wirbelige und lebhafte Textur des Holzes wird oft zu dekorativen Furnieren aufgearbeitet. Gesucht sind vor allem die Maserknollen des kanadischen Zucker-Ahorns, die als *Vogelaugenahorn* gehandelt werden sowie verschiedene Maserknollen der Birke aus Skandinavien. Die Verarbeitung und Trocknung kann sich aber als schwierig erweisen.

Verwachsung

Holzgewächse können bei zwei aneinander liegenden Holzstellen die Rinde rückbilden und die beiden Stellen verwachsen lassen. Dies dient zum Wundschluss bei der Wundheilung und zum Aufbau eines kräftigen Wurzelstocks. Daneben können auch im Geäst Verwachsungen auftreten, manche Bäume wie Hainbuche oder Eichen neigen sehr dazu. Das kann zu späteren Maserungsfehlern im Holz führen (Zusätzlicher eingewachsener Kern). Extrembeispiele für Verwachsung sind die Würgefeigen der Tropen.



Maserwuchs

Rissigkeit

Risse treten am Holz als Oberflächenrisse oder Innenrisse auf. Sie können verschieden Ursachen haben. *Trocknungsrisse*, auch *Schwund-* oder *Schwindrisse*, entstehen als Trocknungsfolgen, weil Holz tangential stärker schwindet als radial. Beispiele für Schwundrisse sind der *Kernriss* (ein Riss die Markröhre durchlaufend) und der *Sternriss* (vom Kern nach außen verlaufend), die insbesondere am Hirn des Stammes entstehen, sowie der *Luftriss* (vom Waldsaum nach innen laufend) , der meist über die ganze Holzlänge läuft. An diesem wird auch Drehwuchs sichtbar. *Frostrisse* dagegen sind Wuchsschäden, die sich zur Frostleiste verwachsen.

Ring- oder Kernschäle, Ringkluft

Ringschäle ist eine Loslösung entlang eines Jahresringes, das durch Spannungen im Holz, aber auch Pilzbefall auftreten kann, und sich über etliche Meter ziehen kann. Ein Brett, das die Ringschäle anschneidet, fällt oder klafft auseinander.

Kernsprödigkeit und Kernfäule



Kernfäule an einem frisch gefällten Baum (Deutschland) 2009

Kernsprödigkeit und Kernfäule bewirken unregelmäßige Zonen im Querschnitt und sprödfaserige Holzteile sowie eine starke Neigung zu Querbrüchigkeit. Dieser Holzfehler tritt gewöhnlich bei subtropischen und tropischen Laubhölzern auf. Ursachen sind eine hohe Wachstumsgeschwindigkeit und breite Zuwachszonen sowie natürliche Überalterung. Diese Bäume haben eine geringe Rohdichte, eine verminderte Festigkeit und eine raue Oberfläche. Daher ist oft keine Bearbeitung mehr möglich.

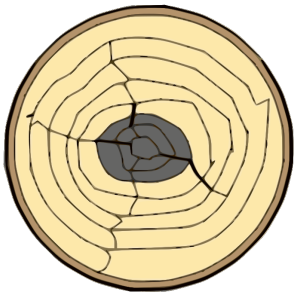
Mondring

Der Mondring ist ein Verkernungsfehler bei Eichen und einigen anderen Baumarten. Er äußert sich in scheinbar splintähnlichen Jahresringen, die aber kein Splintholz sind.

Sonstige Fehler

Harzgallen

Manche Nadelhölzer, insbesondere Fichten, legen im Spätholz mit Baumharz gefüllte Hohlräume an, die der Abwehr von Fraßschädlingen dienen. In der Bearbeitung machen sie sich durch die Fehlstelle, harzverklebtes Werkzeug und Probleme bei Anstrichen bemerkbar. Von diesem Holzfehler kommt der Spruch „Pech haben“ – *Pech* ist ein forstlicher Ausdruck für die Harze der Bäume.



Kernfäule

Krebsigkeit

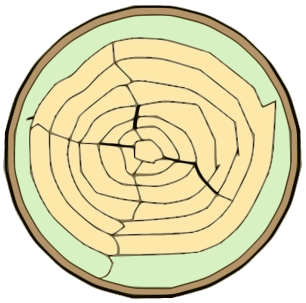
Baumkrebs äußert sich in diversen schweren Verwucherungen.

Rindenbrand

Rindenbrand tritt hauptsächlich bei Bäumen mit dünner, glatter Rinde auf. Das Kambium stirbt ab, die Borke trocknet aus und löst sich vom Stamm. Dadurch kann es leicht zu Pilz- oder Insektenbefall kommen. In manchen Bundesländern scheidet Holz mit Rindenbrand aus Güteklasse A aus.

Rindennekrose (Farbigkeit)

Bei Nekrose unter der Rinde kommt es zu einer Wasseransammlung, die eine Verfärbung des Holzes zur Folge hat. Bei Fortschreiten kommt es zu einer Rissbildung in der Rinde und einer möglichen Infektion durch Pilze und Bakterien, die zum Abfallen der Rinde führen kann. Buchen, bei denen dieser Holzfehler häufig auftritt, reagieren mit vorzeitiger Verthyllung (Verschließen der Wassetransport-Bahnen), um eine tieferes Eindringen von Schadstoffen zu verhindern. Dies macht es unmöglich, das Holz z. B. im Kesseldruckverfahren zu imprägnieren.



Farbigkeit

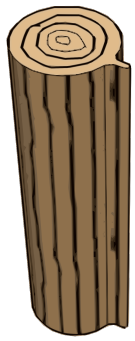
Fraßgänge

Fraßgänge sind eine Folge des Befalls durch tierische Holzschädlinge. Verursacher sind insbesondere diverse Käfer (z. B. Borkenkäfer) beziehungsweise Käferlarven (z. B. von Bockkäfern), aber auch Holzwespenlarven, Ameisen oder Termiten.

Mistelbefall

Misteln (Viscum album), ebenso wie die Riemenblume (Eichenmistel, Loranthus europaeus), sind Halbschmarotzer an Bäumen. Sie durchwachsen mit ihren Senkerwurzeln das Holz und verursachen Löcher mit einem Durchmesser von 5 mm, die dicht beieinander liegen und das Holz bei starkem Befall wertlos machen können

Blitzschäden (Blitzrinne)



Blitzrinne

Bei einem Blitzeinschlag in einem Baum geht von der Einschlagstelle oder mehreren Einschlagstellen ein so genannter Blitzkanal unter der Rinde im feuchtem Holz bis zur Wurzel. Das Wasser im Splintholz und Kambium verdampft, und die Rinde wird durch den Dampfdruck förmlich abgesprengt. Je nach Blitzstärke, Baumart oder Feuchtigkeit des Baumes kann der Rindenschaden wenige Zentimeter breit bis stammumfassend sein. Oft können Bäume diese Schäden gut überwallen, manchmal führt ein Blitzeinschlag auch zu einer dauerhaften Rippe, die zuwächst und im Winter wieder auffriert (Frostleiste).

Frostleiste



Blitzrinne

Bei plötzlich einsetzender, extremer Kälte kann es aufgrund thermischer Spannungen zwischen Stamminnerem und Stammäußerem zum Aufreißen in radialer Richtung kommen. Wenn die Kälte nur kurz anhält, kann sich der Riss wieder schließen. Kommt es erneut zum Kälteeinbruch, kann der Riss mit einem lauten Knall wieder aufreißen. Durch wiederholte Kälteeinbrüche und dementsprechender Kumulation der Versuche des Baumes, den Riss zu Überwallen, bildet sich eine bis zu mehrere Meter lange achsparallele Frostleiste am Stamm.

Eingewachsenes Metall, Splitterbefall

Schwere Fehler sind eingewachsene metallische Fremdkörper wie z. B. Nägel oder Zaundrahtstücke. Sie stellen eine enorme Gefahr beim Fällschnitt und bei der Weiterverarbeitung dar. Sie können aus dem Holz gerissen werden, aber auch Werkzeug schädigen oder zerstören.

Von einem *Splitterbefall* spricht man, wenn sich Geschosssplitter im Holz befinden. So ist es in einigen Teilen des Elsasses aufgrund der regen Kriegsaktivitäten in der Vergangenheit verboten, Bäume holzwirtschaftlich zu nutzen, da das Unfallrisiko durch herumfliegende Metallteile bei der Verarbeitung zu groß ist. In anderen Gebieten ist der Schnitt nur nach vorherigem Röntgen möglich.

Fäll- und Rückeschäden

Fällschäden können am verbleibenden Bestand oder am gefällten Holz verursacht werden: Im Bestand durch Rindenverletzungen (besonders im Sommer, da dann der Rindenabriebwiderstand am geringsten ist) oder Astabbrüche während des Fällens oder Rückens von Nachbarbäumen, am gefällten Holz durch Ausrisse am Fällschnitt oder während des Rückens.

Verbiss, Schäl- und Fegschäden

Diese Schäden sind die typischen Forstschäden durch das Wild:

- *Wildverbiss* ist das Abfressen der Wipfelknospe am Jungbaum, das zu einen unruhigen Wuchs bis zum kompletten Niederhalten (Krüppelwuchs) führt - Hauptschädlinge in diesem Sinne sind Reh und Gämse.
- *Schälen* ist das Abnagen der Rinde durch Tiere im Winter, verursacht durch alle Äser, Hasen und andere Nager, wie auch Biber. Vollständige Ringelung führt zum Absterben des Baums.
- *Fegen* ist das Abwetzen des Bastes vom ausgewachsenen Geweih bei Hirschen. Bei zu dichten Rotwildbestand können ganze Waldstriche geschädigt sein

Belege

Literatur

- Dietrich Böhlmann: *Warum Bäume nicht in den Himmel wachsen – Eine Einführung in das Leben unserer Gehölze*, Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim 2009, ISBN 978-3-494-01420-3

Weblinks

- Liste der wichtigsten Holzfehler (Bilder und Kurzbeschreibung) [4]

Referenzen

[1] Wolfgang Nutsch: Holztechnik Fachkunde, Europa Lehrmittel 2001; 3-8085-4018-4

[2] Böhlmann, S. 15

[3] Böhlmann, S. 36

[4] http://www.kipp-zimmerei.de/____Informativ/____Die_wichtigsten_Holzfehler/hauptteil_____die_wichtigsten_holzfehler.html

Holzgas

Holzgas ist ein brennbares Gas, das sich durch die Holzvergasung gewinnen lässt. Der Heizwert von Holzgas beträgt etwa 8500 kJ/m³ bei herkömmlicher autothermer Vergasung und über 12.000 kJ/m³ bei allothermer Vergasung.

Entsprechend der Herstellung kann die Zusammensetzung des Holzgases stark variieren. So enthält das Produktgas bei der Verwendung von Luft (21 % Sauerstoff, 79 % Stickstoff) einen sehr hohen Stickstoffanteil, der nicht zum Heizwert des Gases beiträgt und die Wasserstoffausbeute reduziert Dagegen beinhalten die Produktgase bei der Nutzung von Sauerstoff und Wasserdampf keinen Stickstoff und haben entsprechend einen höheren Heizwert und eine hohe Wasserstoffausbeute.[1]



Holzvergaser an einem Opel P4 (1940)

Geschichte

Insbesondere in Kriegs- und Krisenzeiten mit Treibstoffmangel werden Fahrzeuge zumeist in Eigeninitiative mit einem improvisierten Holzvergaser ausgestattet. Sogar die Deutsche Reichsbahn erprobte den Einsatz von Holzkohlevergasern an Rangierlokomotiven der Baureihe Köf II in den 1930er und 1940er Jahren (siehe auch: Gasmotor).



Holzvergaserlokomotive im Bayerischen Eisenbahnmuseum in Nördlingen. Das Fahrzeug wurde 1916 von Deutz für den Benzolbetrieb gebaut und 1935 von Imbert in Köln umgebaut



Adler Diplomat 3 GS mit Holzgasgenerator (1941)



Holzgasantrieb in Berlin (1946)



Ansicht von vorne links

Holzgas wurde unter anderem dazu benutzt, Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen anzutreiben. Die Generatoren wurden außen an die Karosserie gebaut oder als Anhänger mitgeführt. Die technische Anlage dazu, der

Holzvergaser, wurde mit Brennholz befüllt und funktionierte als Festbettvergaser. Durch Erhitzen entwich aus dem Holz das brennbare Gasgemisch (Holzgas), dessen Bestandteile hauptsächlich aus Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid (zusammen ca. 85 %) und Methan sowie kleineren Anteilen von Ethylen und Wasserstoff bestanden. Bis in die frühen 1950er Jahre waren in Deutschland mit Sonderführerschein etliche Kleinlastwagen im Einsatz, für die nur geprüfte und freigegebene Buchenholzscheite verwendet werden durften. Hierbei konnte ca. 1 Liter Benzin durch die aus 3 kg Holz gewonnene Gasmenge ersetzt werden.



LKW mit Holzgasantrieb



Chevrolet HS 157D Lkw Baujahr 1937 in Schweden



Moderner PKW mit Holzvergaser

Im Rahmen der Diskussion um die zunehmende Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen zum Ende des 20. und Beginn des 21. Jahrhunderts wurde auch die Holzvergasung sowie die Vergasung anderer organischer Stoffe, vor allem von organischen Reststoffen, zur Gewinnung von gasförmigen Brennstoffen zur Wärme- und Stromerzeugung erneut diskutiert und in einzelnen Demonstrationsanlagen realisiert. Aufbauend auf dieser reinen energetischen Nutzung wurde zudem die Nutzung des Produktgases als Rohstoff für die chemische Synthese von Biokraftstoffen und Produkten der chemischen Industrie anvisiert und soll in naher Zukunft vor allem für BtL-Kraftstoffe, Dimethylether und Methanol auch realisiert werden. Durch eine anschließende Methanierung und Aufbereitung kann es auch als Substitute Natural Gas (SNG) in das Erdgasnetz eingespeist werden. Bei hochwertigen Produktgasen die über 50% Wasserstoff enthalten wird auch vom so genannten Biowasserstoff gesprochen.

Gasnutzung

Das in der Biomassevergasung entstehende Gas kann sowohl energetisch wie stofflich genutzt werden.

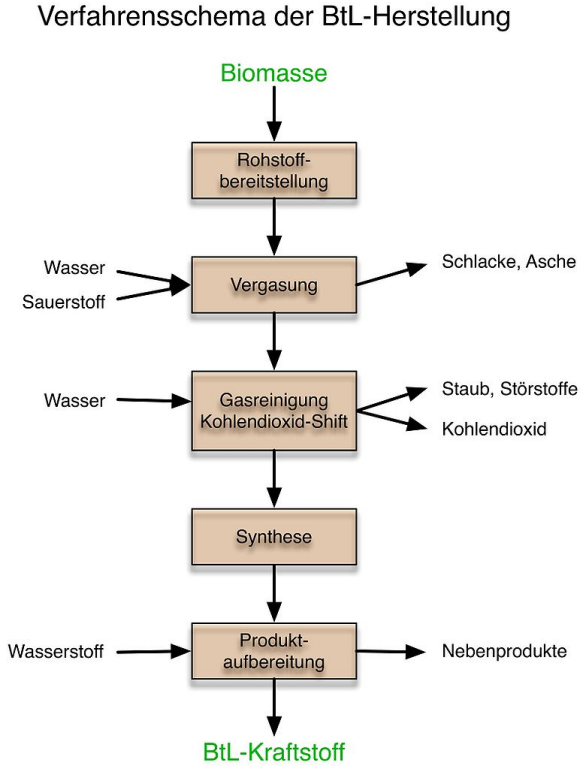
Energetische Nutzung durch Verbrennung

Die derzeit übliche Verwendung für das Gasgemisches der Biomassevergasung ist die Verbrennung in entsprechenden Verbrennungsanlagen zur Erzeugung von Wärme (Dampf) und elektrischem Strom, wobei über eine Kraft-Wärme-Kopplung eine ein sehr hoher Wirkungsgrad der Energieumsetzung erreicht wird.

Nutzung als Synthesegas

Außerdem kann ein Produktgas aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff für die chemische Synthese verschiedener Produkte als Synthesegas eingesetzt werden. Die stoffliche Nutzung von Synthesegas aus der Biomassevergasung befindet sich derzeit noch in der Entwicklung, entsprechende Anlagen finden sich derzeit nur im Labor- und Demonstrationsmaßstab. Die großtechnische Herstellung und Verwendung von CO/H_2-Synthesegas findet derzeit entsprechend ausschliesslich auf der Basis von Erdgas und anderen fossilen Energieträgern wie Kohle und Naphtha statt.

Bei den chemisch-technischen Nutzungsoptionen handelt es sich vor allem um die Wasserstoffherstellung und die darauf aufbauende Produktion von Ammoniak nach dem Haber-Bosch-Verfahren, die Methanolsynthese, verschiedene Oxosynthesen sowie die Produktion von Biokraftstoffen (BtL-Kraftstoffe) und anderen Produkten über die Fischer-Tropsch-Synthese:



Verfahrensschema der Herstellung von BtL-Kraftstoffen

1. in der Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren
   - $\mathrm{N_2 + 3\ H_2 \longrightarrow 2\ NH_3}$
2. in der Methanolsynthese
   - $\mathrm{CO + 2\ H_2 \longrightarrow CH_3OH}$
3. in der Oxosynthese
   - $\mathrm{R{-}CH{=}CH_2 + CO + H_2 \longrightarrow R{-}CH_2CH_2CH{=}O}$
4. in der Fischer-Tropsch-Synthese
   - $\mathrm{n\ CO + (2n + 1)\ H_2 \longrightarrow C_nH_{2n+2} + n\ H_2O}$

Neben diesen chemisch-technischen Anwendungsbereichen kann Synthesegas auch über eine Synthesegas-Fermentation biotechnologisch genutzt werden. Produkte dieser Option können bsp. Alkohole wie Ethanol, Butanol, Aceton, organische Säuren und Biopolymere sein. Diese Nutzung befindet sich derzeit ebenfalls noch im Entwicklungsstadium und wird entsprechend großtechnisch noch nicht genutzt.

Biokraftstoffe

Auch bei der Produktion von Biokraftstoffen wird das in der Vergasung entstehende Produktgas als Synthesegas in den bereits beschriebenden Syntheseprozessen genutzt. Hierbei stehen sowohl gasförmige Kraftstoffe wie Biowasserstoff, Substitute Natural Gas (Methan, SNG) und Dimethylether wie auch Flüssigkraftstoffe wie Methanol und BtL-Kraftstoffe im Fokus.[2]

Biowasserstoff wird aus dem Synthesegas über eine Dampfreformierung gewonnen, Methan kann über eine Methanierung des Gases produziert werden. Zur Herstellung von Methanol und Dimethylether wird die Methanolsynthese eingesetzt. BtL-Kraftstoffe werden über die Fischer-Tropsch-Synthese hergestellt, wobei aufgrund der Prozessparameter sowohl Benzin- wie auch Dieselfraktionen hergestellt werden können.

Belege

[1] Hermann Hofbauer, Alexander Vogel, Martin Kaltschmitt: *Vergasung. Vergasungstechnik.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 600-601. ISBN 978-3-540-85094-6.

[2] Hermann Hofbauer, Alexander Vogel, Martin Kaltschmitt: *Vergasung.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 599-600. ISBN 978-3-540-85094-6.

Literatur

- Metz, T.: *Allotherme Vergasung von Biomasse in indirekt beheizten Wirbelschichten* TU-München, 2006
- Vogel, A.: *Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen*, Herausgeber: Institut für Energietechnik und Umwelt gGmbH, Leipzig, IE-Report April 2007, 2. Ausgabe, ISSN 1862-8060
- Hermann Hofbauer, Alexander Vogel, Martin Kaltschmitt: *Vergasung.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 599-669. ISBN 978-3-540-85094-6.
- Heinz Hiller et al.: *Gas Production.* In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim 2005, doi: 10.1002/14356007.a02 143.pub2 (http://dx.doi.org/10.1002/14356007.a02+143.pub2).

Weblinks

- A 1941 map from Generatorkraft (http://www.ianbyrne.free-online.co.uk/german30.htm#genkraft)
- Holzgaskapitel aus dem Buch der Synergie (http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_03_05_biokraftwerke_biodiesel_holz.htm#Holz)

Holzheizung

Eine **Holzheizung** verbrennt Holz und erzeugt dadurch Wärme zum Beheizen von Räumen und Gebäuden.

Je nach Heizungstyp werden als Brennstoff (genauer: Biogene Festbrennstoffe, Brennholz) beispielsweise Stückholz, Holzbriketts, Holzpellets oder Hackschnitzel verwendet. Holzheizungen können Wärme für ein ganzes Haus (Zentralheizung) oder für einen einzelnen Raum bereitstellen. Teilweise dienen sie auch nur der Unterstützung der Heizung und werden nur gelegentlich betrieben (z. B. Kamine). Versorgt eine Anlage ein großes oder mehrere Gebäude, wird dagegen von einem Heizwerk bzw. Biomasse- oder Holzheizwerk gesprochen.

Die Emissionen durch Holzheizungen (Feinstaub, Kohlenmonoxid, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), etc.) hat in den Jahren durch die stark gestiegene Nutzung von Holz als Brennstoff zugenommen. Wie in anderen Bereichen auch (Verkehr, konventionelle Heizungen), werden Gesetze und Verordnungen zur Begrenzung dieser Emissionen erlassen. Für Kleinfeuerungsanlagen werden insbesondere durch die 1. Bundes-Immissionsschutzverordnung (1. BImSchV) entsprechende Grenzwerte festgelegt.



Mischtyp einer Holzheizung: Wasserführender Ofen mit Anschluss an das Zentralheizungssystem, Aufstellung im Wohnraum, Verbrennung in Holzvergasertechnik mit Naturzug

Einzelraumbefeuerung

Einige Typen von Holzheizungen dienen dem Beheizen nur einzelner Räume.



Holzofen in der Burg Klammstein

Kamin

(siehe auch Hauptartikel Kamin)

Ein Kamin ist eine Vorrichtung zum Beheizen und dezenten Beleuchten eines Raums. Kamine sind vollständig in die Raumwand eingelassen oder ragen ein kleines Stück in den Raum hinein. Der Feuerraum ist häufig zum Wohnraum hin offen und gibt die Wärme direkt an die Raumluft ab. Durch die hohe und nicht regelbare Luftzufuhr entstehen bei der Verbrennung verhältnismäßig viele Schadstoffe, die mit den anderen Abgasen über einen Schornstein abgeführt werden. Bei verschlossenen Kaminen (Sichtscheibe) ist die Luftzufuhr regelbar, so dass der Wirkungsgrad höher liegen kann. Kamine können über eine Warmluftumwälzung verfügen, die den Wirkungsgrad ebenfalls steigert bzw. die Heizleistung erhöht.

Kaminofen

(siehe auch Hauptartikel Kaminofen)

Ein Kaminofen ist ein Ofen für fossile oder biogene Brennstoffe. Meist sind Kaminöfen nicht in der Wand eingebaut sondern im Wohnraum freistehend und verfügen über eine geschlossene Brennkammer. Sie sind aus Gusseisen oder Stahlblech gefertigt und haben oft Glasscheiben für freie Sicht in den Feuerraum. Kaminöfen sind Dauerbrandöfen, die durch eine Tür manuell mit Brennstoffen befeuert werden. Die Luftzufuhr lässt sich meist über Schieberegler oder Luftklappen regeln. Der Wirkungsgrad der leistungsfähigsten Kaminöfen erreicht über 80%.

Kachelofen

(siehe auch Hauptartikel Kachelofen)

Ein Kachelofen ist im allgemeinen ein aus Schamottesteinen gesetzter Zimmerofen, der mit Briketts oder Holz geheizt wird und mit Kacheln verkleidet ist. Ein Kachelofen wird auch Speicherofen genannt, weil er meist nur kurzzeitig bei voller Auslastung beheizt wird. Der hohe Anteil an Speichermasse (z.B. Ton, Kacheln usw.) nimmt Wärme auf, speichert diese und gibt sie bei einer Temperatur von 80 bis 125 °C an die Luft ab.

Koch-Heiz-Herd bzw. Heizungsherd

Ein Heizungsherd ist ein Kaminofen mit integrierter Kochstelle und gelegentlich auch mit Backfach. Modelle, die wasserführend sind, können an die Heizungsanlage angeschlossen werden und versorgen so einen Heißwasserspeicher, Pufferspeicher und/oder das Wohnhaus mit Wärme. Heizungsherde bieten, ebenso wie Kaminfeuer, die Möglichkeit das Feuer im Brennraum zu betrachten. Nach der neuen Ersten Bundesimmissionsschutzverordnung (1.BImSchV) sind in Deutschland für Heizungsherde Wirkungsgrade von 75 % vorgesehen. Neben der Anwendung in Wohnhäusern werden sie in Ferienhäusern auch zur Komplettheizung eingesetzt. In Europa erfolgt die Sicherheits- und Emissionsprüfung einheitlich gemäß der DIN EN 12815.

Wirkungsgrad-Verbesserung

Der Wirkungsgrad der o.g. Öfen kann durch einen Abgaswärmetauscher verbessert werden, mit dem die Öfen in die Zentralheizung eingebunden werden.

Zentralheizungskessel

Als Zentralheizungskessel werden Heizungen bezeichnet, die mehrere Räume oder ein ganzes Gebäude beheizen können. In der Regel dient Wasser wegen seiner guten Eignung (gut verfügbar, ungefährlich, hohe spezifische Wärmekapazität) als Wärmeträger bzw. -überträger und in Pufferspeichern oft auch als Wärmespeicher.



Holzhackschnitzelheizung, 45 kW, Hackschnitzelzufuhr durch quadratisches Rohr im Bild

Holzvergaserkessel

(siehe auch Hauptartikel Holzvergaser)

Holzvergaserkessel haben einen höheren Wirkungsgrad und deutlich niedrigere Emissionswerte als die Naturzugkessel, da ein geregeltes Gebläse für die richtige Luftzufuhr bei der Verbrennung sorgt. Der Holzvergaserkessel wird einmal beschickt (gefüllt) und brennt dann über mehrere Stunden aus. Ideal ist die Kombination mit einem größeren Pufferspeicher, da der Kessel dann über die gesamte Brenndauer im energetisch günstigen Volllastbetrieb arbeiten kann. Die gespeicherte Wärme kann anschließend über einen längeren Zeitraum (mehrere Tage) bedarfsgerecht abgerufen werden.

Naturzugkessel

Naturzugkessel werden durch die mit einem Thermostat verbundene oder von Hand eingestellte Öffnung einer Klappe geregelt. Dadurch ist es zwar möglich, die Leistung zu regeln, es kommt jedoch zu unvollständiger Verbrennung und damit erhöhten Emissionen (Kohlenmonoxid, etc.). Auf jeden Fall muss ein Pufferspeicher zugeschaltet werden können, falls die Heizenergie über dem Bedarf liegt. Diese Kessel sind sowohl als Alleinheizung oder auch kombiniert mit einer bestehenden Öl-, Gas- oder Pelletheizung einsetzbar.



Brennerraum einer Holzhackschnitzelheizung, Schnecke (Mitte oben) dient zur Ascherückfuhr in den Brennerraum

Holzpelletkessel

(siehe auch Hauptartikel Pelletheizung)

Holzpelletkessel bieten den Komfort der klassischen Öl- oder Gasheizung, weil der Betrieb automatisierbar ist (Beschickung durch Förderschnecke, Entzündung durch Heißluft und Kesselreinigung durch Rütteln). Aufgrund des definierten Grades an Restfeuchte der Holzpellets und geregelter Verbrennung entstehen geringe Aschemengen. Moderne Pelletheizungen haben einen höheren Wirkungsgrad und geringere Abgaswerte als andere Holzfeuerungen.

Hackschnitzelkessel

(siehe auch Hauptartikel Hackschnitzel)

Holzhackschnitzelkessel bieten ebenfalls den Komfort der klassischen Öl- oder Gasheizung, weil der Betrieb automatisiert ist (Beschickung mit Holzhackschnitzeln durch Förderschnecke, Entzündung durch Heißluft und Kesselreinigung durch Rütteln). Aufgrund der geregelten Verbrennung (mittels Lambdasonde) entstehen geringe Aschemengen.

Emissionen von Holzheizungen

Die Emission von Feinstaub, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Ruß bei Holzheizungen hängt von der Auswahl des Kessels ab, ist jedoch auch bei Verwendung erlaubter Brennstoffe deutlich höher als bei Gas- oder Ölheizungen vergleichbarer Leistungen. Die Abgaszusammensetzung, insbesondere die Gehalte an Sauerstoff oder Kohlendioxid sowie die Abgastemperatur, ermöglicht die Berechnung des Wirkungsgrades der Holzheizung.



Abgasfahne einer Holzfeuerung

Sichtbar werden Emissionen durch kondensierenden Wasserdampf, der durch die PAK-haltigen Ruß- oder Aschepartikel geschwärzt wird. Kohlenmonoxid und Kohlendioxid sind unsichtbar. Eine quantitative Bestimmung der Schadstoffe ist nur messtechnisch möglich, die sichtbare Rauchbildung ermöglicht Rückschlüsse auf die Verbrennungsqualität.

Deutschland

In Klein-Holzheizungen (private Kamine oder Öfen bis zu einer Nennleistung von 15 kW) dürfen nur die in § 3 der 1. BImSchV, Nr. 1 - 4 sowie 5a genannten Brennstoffe verwendet werden, also naturbelassenes, stückiges oder zu Presslingen verarbeitetes Holz. Die Verbrennung lackierter, gestrichener oder imprägnierter Hölzer ist verboten.

Weitere Schadstoffe werden evtl. durch die verbotene Verbrennung behandelter Hölzer freigesetzt. Die Verbrennung behandelter Hölzer kann nachträglich durch eine Rußprobe nachgewiesen werden, eine Überprüfung findet aber nur im Verdachtsfalle statt.

Seitdem die in der 22. BImSchV im Jahre 2002 festgelegten Grenzwerte für Feinstaub in Deutschland verbindlich sind (ab 1. Januar 2005), werden gesetzliche und technische Maßnahmen zur Begrenzung der Feinstaubemissionen von Holzheizungen diskutiert. Mit der am 3.Dezember 2009 beschlossenen und ab Januar 2010 gültigen Novellierung der 1. Bundes-Immissionsschutzverordnung (1. BImSchV, Kurztitel: Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) wurden Grenzwerte für Feinstaub (0,10 g Staub/m^3) und andere Schadstoffe festgelegt. Ab 2015 gilt für Neuanlagen eine Verschärfung (0,02 g Feinstaub/m^3).[1]

Grenzwerte gelten für Anlagen ab 4 kW Leistung, ausgenommen Einzelraumfeuerungsanlagen. Darüber hinaus erlassen Kommunen bereits heute Auflagen bei der Errichtung bis hin zu Verboten.

Von technischer Seite ist vor allem an eine Regelung der Verbrennungstemperatur und an eine Rauchgasreinigung zu denken.

Für die Emission von Kohlenmonoxid (CO) wurden ebenfalls Grenzwerte festgelegt. CO gefährdet nur bei defekten Anlagen Personen im Gebäude. In der Atmosphäre wird es schnell verdünnt.

Das von Holzheizungen freigesetzte Kohlendioxid wird zuvor während des Wachstums vom Baum aufgenommen und ist somit Teil des Kohlenstoffzykluses. Holzheizungen arbeiten somit weitgehend klimaneutral.

Schweiz

Seit 1. September 2007 ist die revidierte Luftreinhalteverordnung (LRV) in Kraft und setzt neue Grenzwerte für die Feinstaubemissionen von Holzfeuerungen.

Länder

Deutschland

In Deutschland wurden in 2008 rund 103,8 TWh Wärme aus erneuerbaren Energien bereitgestellt, was einen Anteil von 7,4 % an der gesamten Wärmebereitstellung ausmacht. 55,7 % dieser erneuerbaren Energie (4,1 % der gesamten Wärmebereitstellung) machten biogene Festbrennstoffe - wie vor allem Holz - aus, die in Haushalten genutzt wurden.[2]

Von 54,7 Mio. Festmeter (Fm) energetisch genutztem Holz (Wärme- und Stromerzeugung) in 2008 wurden 25,2 Mio. Fm (46 %) in privaten Haushalten in Holzheizungen verwendet.[2]

2007 lag die Zahl der Feuerungen in privaten Haushalten bei über 9 Mio. 97 % davon waren Einzelfeuerstätten. 2/3 von ihnen wurde mit Scheitholz aus dem Wald betrieben. Bei Berücksichtigung von anderen Holzquellen lag der Anteil von stückigem Holz sogar bei über 80 %. Die Nutzung von Pellets und Hackschnitzeln macht noch einen vergleichsweise geringen Anteil aus, wächst aber stark. Die Anzahl der Holzfeuerungen insgesamt nimmt zu. Zudem werden vorhandenen Anlagen intensiver bzw. häufiger genutzt, um Heizöl- und Erdgaskosten einzusparen.[3] [4]

Schweiz

Holz ist nach der Wasserkraft die zweitwichtigste erneuerbare Energie der Schweiz.

Vom jährlichen Holzzuwachs in den Schweizer Wäldern wurde 2006/07 etwas mehr als die Hälfte genutzt. Würde das Potenzial ausgeschöpft, könnte Holz 5% des gesamten Energieverbrauchs oder 10% des Wärmebedarfs decken.

Insgesamt deckte die Holzenergie 2005 rund 3,4% des Gesamtenergiebedarfs oder rund 7% des Wärmebedarfs. Die installierten Heizungen nutzten 2007 rund 3,8 Millionen Kubikmeter Holz zur Energiegewinnung.

Seit 1990 hat sich die Anzahl automatischer Holzheizungen in der Schweiz beinahe verdreifacht, ihr Holzverbrauch stieg anderthalb- bis zweifach. Daher tragen inzwischen auch in der Schweiz schlecht betriebene kleine Holzfeuerungen im Jahresmittel mehr zur Feinstaubbelastung bei als der Straßenverkehr [5].

Bei den Holzheizungen mit mehr als 50 kW Leistung stehen 19% aller Anlagen der Schweiz im waldreichen Kanton Bern, gefolgt von Zürich (12%) und Luzern (11%). Auch bezüglich der gesamthaft installierten Leistung liegt Bern mit 15% an der Spitze, vor Zürich (13%) und Luzern (10%). Dies erklärt sich auch dadurch, dass überwiegend Personen aus dem ländlichen Raum mit Holz heizen.

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen*, Gülzow (2007), zweite, vollständig überarbeitete Auflage, ISBN 3-00-011041-0, als pdf [6] erhältlich
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Bioenergie - Basisdaten Deutschland (Stand Oktober 2009)*, Gülzow , 14-seitig, als pdf [7] erhältlich

Weblinks

- energieberatung.ibs-hlk.de [8]: Erläuterungen zu den speziellen Kesselarten und Brennstoffkombinationen
- [9]: Bundesamt für Energie, Schweiz
- [10]: kostenlose Wirkungsgradberechnung von Holzfeuerungen durch normatherm Energiespartechnik

- Umfassende Informationen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zur novellierten 1. BImSchV (12/2009), inklusive Gesetzestext, Fragen und Antworten sowie Hintergründe [11]
- Informationen des Holzabsatzfonds (HAF) zu Holzfeuerungsanlagen in Wohnhäusern [12], abgerufen am 31. Dezember 2009 (wird durch Schließung des Holzabsatzfonds seit Juni 2009 nicht mehr aktualisiert)

Referenzen

[1] 1.BImschV, Fassung 2009 (http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/000/1700074.pdf)

[2] *Bioenergie - Basisdaten Deutschland (Stand Oktober 2009)* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_92-basisdaten_bioenergie_2009.pdf), Infobroschüre der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 14-seitiges pdf-Dokument

[3] *Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow (2007), zweite, vollständig überarbeitete Auflage, ISBN 3-00-011041-0

[4] A Pellet Road Map for Europe (http://www.aebiom.org/IMG/pdf/Pellet_Roadmap_final.pdf), Broschüre über Zustand und Perspektive der Holzpelletnutzung in Europa, European Biomass Association (AEBIOM), November 2008, pdf

[5] http://www.minipab.ch

[6] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf

[7] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_92-basisdaten_bioenergie_2009.pdf

[8] http://energieberatung.ibs-hlk.de/planholz.htm

[9] http://www.bfe.admin.ch/energie/00559/00560/index.html?lang=de

[10] http://www.normatherm.com/Abgasberechnung.php

[11] http://www.bmu.de/luftreinhaltung/downloads/doc/39616.php

[12] http://www.infoholz.de/html/f_start_page.phtml?p1=1262215853a778057413&p3=1331&p3=132

Holzkohle

Holzkohle ist ein fester Brennstoff und entsteht, wenn lufttrockenes Holz (auf 13 bis 18 % Wasser getrocknet) unter Luftabschluss oder ohne Sauerstoffzufuhr auf 275 °C erhitzt wird (Pyrolyse). Die Temperatur steigt dabei von selbst auf 350 bis 400 °C an (Holzverkohlung, ähnlich der Verkokung von Kohle). Dabei verbrennen die leichtflüchtigen Bestandteile des Holzes. Als Rückstand erhält man neben gasförmigen Zersetzungsprodukten (vgl. Holzgeist) etwa 35 % Holzkohle. Diese schlägt beim späteren Verbrennen keine Flammen und brennt mit einer höheren Temperatur als Holz.



Holzkohle

Mit der gleichen Technik kann man auch Torf zu **Torfkohle** umwandeln. Torfkohle, die ähnliche Eigenschaften hat wie Holzkohle, war im 18. und frühen 19. Jahrhundert aufgrund von Holzknappheit recht verbreitet, ist heute aber kaum noch anzutreffen.

Eigenschaften und Zusammensetzung

Holzkohle ist ein Gemisch organischer Verbindungen mit 81 bis 90 % Kohlenstoff, 3 % Wasserstoff, 6 % Sauerstoff, 1 % Stickstoff, 6 % Feuchtigkeit und 1 bis 2 % Asche.

Die Holzkohle bildet ein lockeres, schwarzes Produkt mit der scheinbaren Dichte von 450 kg/m³ (porös) und der wahren Dichte von 1.400 kg/m³ (porenfrei). Wegen der vielen mikroskopisch kleinen Nischen, Vertiefungen, Kanäle usw. (Porenvolumen 70 bis 85 %, innere Oberfläche 50 bis 80 m²/Gramm) kommt ihr ein hohes Adsorptionsvermögen zu. Sie lässt sich verhältnismäßig leicht entzünden (200 bis 250 °C) und brennt ohne Flamme weiter, weil die flammenbildenden Gase bereits bei der Verkohlung entwichen sind. Pro kg Holzkohle werden bei der Verbrennung etwa 29 bis 33 MJ an Energie frei. Sie verbrennt schwefelfrei.

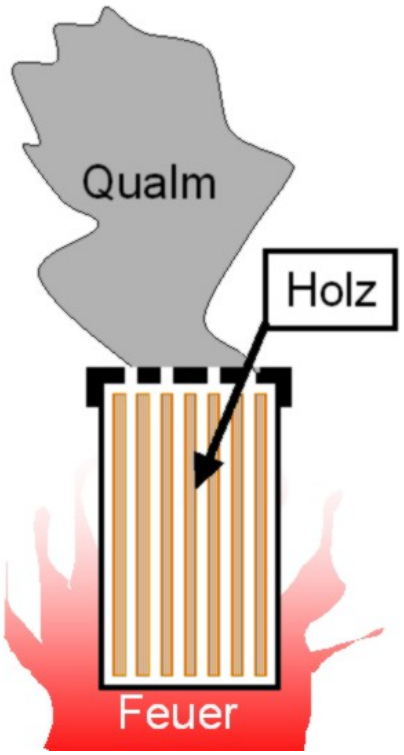


Holzkohle ist der kohlenstoffhaltige Überrest von der Holzverbrennung bei begrenzter Luftzufuhr.

Herstellung

Holzkohle wird durch Erhitzen von Holz bei Luftabschluss hergestellt. Dabei werden abhängig von der Temperatur verschiedene Phasen des Pyrolyseprozesses unterschieden.

In der Initialphase kommt es bei Temperaturen von bis zu 220 °C vor allem zu einer Aufheizung und Trocknung des Materials, wobei vor allem Wasserstoff sowie Spuren von Kohlendioxid, Essigsäure und Ameisensäure entweichen. Bis etwa 280 °C vermehrt sich die Freisetzung dieser Stoffe in einer pyrolytischen Zersetzungsphase, die wie die Initialphase endotherm ist. Ab 280 °C kommt es zu einer starken exothermen Reaktion, bei der etwa 880 KJ/kg Holz als Energie freiwerden und den Prozeß auf über 500 °C aufheizen. Hierbei entstehen brennbare Gase, vor allem Kohlenmonoxid, Methan, Formaldehyd, Essig- und Ameisensäure sowie Methanol und Wasserstoff, die verbrennen und als Rauch austreten, die Struktur des Holzes verändert sich oberhalb von 400 °C von der fibrillären Struktur des Holzes in die kristalline Struktur von Graphit. Beim letzten endotherm ablaufenden Prozeß werden die Rauchgase bem Durchtritt durch bereits verkohlte Schichten in brennbares Kohlenmonoxid und Wasserstoff aufgespalten, zurück bleibt die Holzkohle als Rückstand.[1]



Versuch zur Herstellung von Holzkohle: Blechdose mit Holz in ein Feuer stellen

Verkohlung in Meilern und Haufen

Die älteste Methode der Holzkohlengewinnung (Kohlenbrennerei) ist der aus dem Altertum stammende Meilerbetrieb (Köhlerei), bei dem das Holz in annähernd halbkugel- oder kegelförmigen Haufen (Meilern) in großen Scheiten regelmäßig (und zwar stehend oder liegend) um drei in der Mitte errichtete Pfähle (Quandel) aufgesetzt und mit einer Decke von Rasen, Erde und Kohlenklein bedeckt wird. Unter dieser Decke leitet man die Verbrennung bei sorgsam geregeltem Luftzutritt in der Weise, dass möglichst nicht mehr Holz verbrennt, als unbedingt erforderlich ist, um die gesamte Holzmasse auf die Verkohlungstemperatur zu erhitzen.

Im Wesentlichen sollen nur die sich aus dem erhitzten Holz entwickelnden Gase und Dämpfe verbrennen. An der Farbe des entweichenden Rauchs erkennt man ob die Verkohlung vollendet ist. Anschließend lässt man den Meiler abkühlen und nimmt ihn auseinander (Kohlenziehen, Kohlenlangen).

Früher verkohlte man das Holz besonders in Süddeutschland, Russland und Schweden in Haufen oder liegenden Werken. Die Verkohlung des geschichteten Holzes erfolgte nur allmählich von einem Ende des länglichen Haufens zum anderen. Die fertig verkohlten Stücke wurden nach und nach gezogen.

Verkohlung in Öfen

Ganz ähnlich wie in Meilern oder Haufen verläuft die Verkohlung in runden oder eckigen gemauerten Meileröfen, die eine leichtere, vollständigere Gewinnung der Nebenprodukte (Teer, Holzessig, die beim Meilerbetrieb in der Regel verloren gehen) gestatten, aber eine geringere Ausbeute und weniger gute Kohle liefern. Bei diesen Öfen tritt, wie bei Meilern und Haufen, Luft zu dem zu verkohlenden Holz, und ein Teil desselben erzeugt durch seine Verbrennung die nötige Temperatur.

Man hat aber den Verkohlungsprozess viel mehr in der Gewalt und kann ihn besser leiten, wenn man das Holz in Gefäßen, die von außen geheizt werden, also ohne Luftzutritt, verkohlt. Dies geschieht in Retorten, Röhren oder Zylindern zuweilen mit erhitzter Luft, mit Gichtgasen der Hochöfen, mit überhitzten Wasserdämpfen oder mit Anwendung von Gebläseluft.

Holzkohle zur Herstellung von Schießpulver

Eine solche sorgfältige Verkohlung ist besonders zur Gewinnung von Kohle für die Schießpulverfabrikation erforderlich. Dazu benutzt man große eiserne Zylinder, die außerhalb des Ofens gefüllt, mit einem Deckel verschlossen und in den Ofen geschoben werden. Ein großer beweglicher Deckel schließt den Raum, in dem sich der Zylinder befindet. Die aus dem Holze sich entwickelnden Gase leitet man in die Feuerung. Die Temperatur wird mittels eines Pyrometers bestimmt. Rotkohle für Jagdpulver wird mit überhitztem Wasserdampf hergestellt. Als Nebenprodukt erhält man Holzkohle bei der Herstellung von Leuchtgas aus Holz, bei der Herstellung von Holzessig und bei der Teerschwelerei. Holz gibt beim Erhitzen bis 150 °C nur hygroskopisches Wasser ab; dann entwickeln sich saure Dämpfe, von 300 °C ab immer dichter werdender gelber oder gelbbrauner Dampf und Gase. Beim Abkühlen der entweichenden Produkte erhält man Teer und Holzessig (der auch Methanol enthält). Die Ausbeute an Kohle sinkt mit steigenden Temperaturen. Zugleich wird die Kohle beständig reicher an Kohlenstoff und Asche und entsprechend ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff.

Das zwischen 270 und 300 °C entstandene Produkt ist braun-schwarz (Rotkohle, Röstkohle) und hat bei einer um die Hälfte größeren Ausbeute fast denselben Heizwert wie die über 340 °C entstehende Schwarzkohle. Rotkohle wird deshalb vielfach zu metallurgischen Zwecken und wegen gewisser Eigenschaften zur Schießpulverfabrikation hergestellt. Mit dem Steigen der Verkohlungstemperatur wächst die Dichtheit, und die Leitungsfähigkeit der Kohle für Wärme und Elektrizität; zugleich aber sinkt die Entzündlichkeit der Kohle und ihre Neigung, Feuchtigkeit anzuziehen.

Ergebnisse der Verkohlung mit diversen Holzarten

Dem wirklichen Volumen nach beträgt die durchschnittliche Kohlenausbeute 47,6 Prozent.

Vergleicht man das scheinbare Volumen (ohne Abzug der Zwischenräume) des Holzes mit dem der Kohle, so liefern die Holzarten folgende Volumenprozentanteile Kohle.

- Eichenholz 71,8 % bis 74,3 %
- Rotbuchenholz 73 %
- Birkenholz 68,5 %
- Hainbuchenholz 57,3 %
- Kiefernholz 63,6 %



Öfen im Erzgebirge zur Herstellung von Holzkohle

Man erhält bei verschiedenen Holzarten folgende Gewichtsprozente der Kohle (bei 150 °C getrocknet und bei 300 °C verkohlt):

- aus Eichenholz 46 %
- aus Fichtenholz 40,75 %
- Ulme 34,7 %
- Hainbuche 34,6 %
- Birke 34,17 %
- Faulbaum 33,6 %
- Esche 33,3 %
- Linde 31,85 %
- Pappel 31,1 %
- Rosskastanie 30,0 %



Historische Holzkohlenöfen in Heligan

Harzfreies, nicht saftreiches Holz gibt glanzlose, höchst poröse Kohle; die aus harzigem, saftreichem Holz erhaltene Holzkohle enthält im Innern der Zellen die aus den Saftbestandteilen gebildete Glanzkohle. Stets ist Holzkohle leicht zerreiblich, aber nur infolge ihrer Struktur; die Kohlensubstanz selbst ist hart und ein gutes Poliermittel für Metall. Bei gewöhnlicher Temperatur ist sie höchst beständig und liegt jahrhundertelang im Boden, ohne sich zu verändern; an der Luft absorbiert sie begierig Gase und Dämpfe (s. Absorption) und aus Flüssigkeiten gelöste Stoffe.

Die Gewichtszunahme frischer Kohle beim Liegen an der Luft beträgt in 24 Stunden bei Eichen- und Birkenkohle 4 bis 5 Prozent, Fichten-, Buchen-, Erlenkohle 5 bis 8 Prozent, Kiefern-, Weiden-, Pappelkohle 8 bis 9 Prozent, Tannenkohle 16 Prozent.

Absorptionseigenschaft der Holzkohle

Im allgemeinen absorbiert bei niedriger Temperatur hergestellte Kohle am stärksten. Kohle absorbiert Sauerstoff und wird dabei oxidiert. Dieser reagiert beispielsweise mit Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure und Wasser, mit Ammoniak zu salpetersaurem Ammoniak und mit Schwefelammonium zu schwefelsaurem Ammoniak.

Auch Fäulnisprodukte werden energisch zerstört. Mit Kohle umgebenes Fleisch zersetzt sich erst nach längerer Zeit und zwar ohne Fäulniserscheinungen. Kohle absorbiert auch Gerüche. Übelriechendes, fauliges Wasser kann durch frisch ausgeglühte Holzkohle gereinigt und Weingeist von Fuselölen befreit werden.

Aber die Kohle wirkt nicht auf die im Wasser enthaltenen mikroskopischen Organismen (Bakterien usw.), und beim Filtrieren des Wassers durch Kohle gehen dieselben durch den Filter; das Wasser wird also geruchlos, aber nicht von den Krankheiten übertragenden Organismen befreit. Holzkohle absorbiert auch

- Farbstoffe, insbesondere wirkt die stickstoffhaltige Kohle (Knochenkohle in erster Reihe) stark entfärbend. Neben den Farbstoffen werden auch

- Salze von der Kohle absorbiert, und darauf beruht zum großen Teil der Wert der Knochenkohle für die Zuckerfabrikation.
- Kohle entzieht dem Kalkwasser den Kalk, fällt Metalloxyde, besonders die der schweren Metalle, aus den wässerigen Lösungen ihrer Salze oder absorbiert letztere unverändert;
- Silber- und Kupfersalze werden durch Kohle reduziert.
- Bitterstoffe, Glykoside, Kohlenhydrate, besonders Alkaloide, werden ebenfalls absorbiert.

Bei längerem Liegen an der Luft verliert sie ihr Absorptionsvermögen, erlangt es aber wieder durch Ausglühen; auch können der Kohle die aus Flüssigkeiten aufgenommenen Substanzen wieder entzogen werden (Wiederbelebung), so dass sie namentlich nach darauf folgendem Ausglühen von neuem benutzbar ist.

Verwendung

Man benutzt Holzkohle zur Erzeugung intensiver Hitze besonders überall da, wo Rauch- und Flammenbildung vermieden werden muss, beispielsweise im Schmiedefeuer, beim Glühendmachen von Plättstählen, bei chemischen Operationen, beim Erhitzen von Gegenständen im Zimmer usw. Heute wird Holzkohle für vor allem Freizeitzwecke (z. B. zum Grillen) technisch hergestellt.



Deutlich erkennt man an der Holzkohle noch die Faserung des Holzes

Da sie Metalloxide reduziert, diente oder dient Holzkohle

- zur Gewinnung von Metallen aus den Erzen
- zur Herstellung von Schwarzpulver,
- zum Entfuseln des Branntweins,
- zum Klären und Entfärben von Flüssigkeiten,
- zum Filtrieren des Wassers,
- zum Konservieren fäulnisfähiger Substanzen,
- zum Desinfizieren,
- zum Reinigen von Kohlensäure (für Mineralwässer), Wasserstoff, ranzigen Fetten und dumpfigem Getreide,
- als Zahnpulver,
- als Poliermittel für Metalle,
- zur Füllung von Aspiratoren für die Benutzung in Räumen, in denen sich schädliche Gase befinden.

Als Bodenverbesserer macht Holzkohle den Boden locker und wirkt außerdem durch ihre Absorptionsfähigkeit für Ammoniak und Kohlensäure. Zierpflanzen mit faulenden Wurzeln können geheilt werden, wenn sie in mit Kohle gemischte Erde gebracht werden. Große Wunden an Saftgewächsen heilen leicht, wenn man sie mit Kohlenpulver bestreut, auch kann man solche Gewächse, Knollen und Samen für langen Transport gut in Kohle verpacken. Seit kurzem wird Holzkohle auch als wiederentdeckter Bodenhilfszusatzstoff im Gartenbau und in der Landwirtschaft diskutiert unter dem Namen Biokohle (*biochar) oder Terra preta.*

Retortengraphit und nach besonderem Verfahren bereiteter Koks werden zu galvanischen Batterien und zu den Polspitzen beim elektrischen Licht benutzt. Tierische Kohle dient namentlich zum Entfärben von Flüssigkeiten. Manche Kohlensorten dienen als schwarze Farbe (Frankfurter Schwarz, Beinschwarz, chinesische Tusche usw.), und Linden- und Weidenkohle werden zum Zeichnen benutzt.

Holzkohle war vor Entwicklung der Verkokung von Steinkohle zu Koks der notwendige Brennstoff zur Metallverhüttung sowie für die Esse des Schmiedes. Holzkohle, deren fein gegliederte Oberfläche viele unerwünschte organische Substanzen bindet, kann auch als Aktivkohle zum Filtern und Reinigen diverser Stoffe eingesetzt werden; z. B. bei der Herstellung von Wodka oder als Kohletablette bei Durchfall.

Produktion und Markt

Der Beruf des Köhlers, eines Arbeiters, der in Meilern Holzkohle herstellte, ist in Europa praktisch ausgestorben. Vereinzelte Köhlereien gibt es u. a. noch im Harz und im Frankenwald. Dabei ist der Rückgang vor allem auf gestiegene Umweltstandards (im Zuge der EU-Osterweiterung auch in Osteuropa) sowie den Mangel an billig verfügbarem Holz als Rohstoff zurückzuführen.

Der größte Teil der weltweit hergestellten Holzkohle stammt aus den sogenannten Schwellen- und Entwicklungsländern. Die Gesamtmenge wird auf mindestens 43 Mio. Tonnen geschätzt, aufgrund der Datenunsicherheit wird diese Menge allerdings als Mindestmnenge angenommen. Die in europäischen Ländern verwendete Holzkohle wird überwiegend importiert, wobei für Deutschland eine Importquote von etwa 98% angenommen wird. Im Zeitraum von Januar bis April 2009 importierte Deutschland bsp. 76.700 Tonnen Grillkohle. Davon stammten 32,4 % aus Paraguay, 17,5 % aus Argentinien und 10,7 % aus Polen.[2]

Literatur

- Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009. ISBN 978-3-540-85094-6.
- *Kohle* [3]. In: *Meyers Konversations-Lexikon.* 4. Auflage. Bd. 9, Bibliographisches Institut, Leipzig 1885–1892, S. 914.

Referenzen

[1] Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 384. ISBN 978-3-540-85094-6.

[2] Focus 31/2009 vom 27. Juli 2009, S. 76 (Quelle: Statistisches Bundesamt).

[3] http://www.retrobibliothek.de/retrobib/schlagwort.html?werk=Meyers&bandnr=9&seitenr=0914&wort=Kohle

Holzmehl

Holzmehl ist zerriebenes Holz, das durch Siebung oder Mahlung von Holzspänen oder -resten gewonnen wird. Ebenefalls als Holzmehl bezeichnet werden die feinen Holzpartikel, die holzbewohnende Organismen beim Anlegen von Bohrgängen aus dem Holz befördern.

Qualität

Hochwertiges Holzmehl wird in der Regel aus Harthölzern hergestellt, niedrigere Qualitäten aus Weichhölzern wie Kiefernholz oder Tannenholz. Je kleiner die Korngrößen sind, desto geringer wird der Einfluss der Holzart. Wichtig für die Weiterverarbeitung sind der Wasser- und Aschegehalt sowie der Anteil an Harzen, Fetten und Wachsen.

Zusammensetzung

Die Holzmehle entsprechen in ihrer Zusammensetzung weitgehend der des Holzes und enthalten Alpha-Cellulose (bis 55%), Hemicellulose (bis 25%), Lignin (bis 30%), Wasser (bis 6%) und Mineralstoffe sowie Wachse und Fette. [1]

Verwendung

Der größte Anteil der Holzmehle wird in der Linoleum-Produktion verwendet.

Holzmehl wird auch als Füllstoff für Bakelite, einem Kunststoff auf Phenol und Formaldehyd verwendet sowie von Polypropylen. In jüngerer Zeit haben sogenannte Wood Plastic Composite (WPC) eine starke Beachtung gefunden. Der Holzmehlanteil in diesen Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffen kann bis zu 80% betragen. Diese Composite können mit Formgebungsverfahren der Kunststofftechnik (Extrusion, z.T. auch Spritzguss) verarbeitet werden und weisen eine holzartige Optik auf.

Neben der Verwendung als Werkstoffkomponente wird Holzmehl auch als Zusatzstoff bei der Herstellung von Sprengstoffen verwendet. In der Gießereitechnik wird Holzmehl als Zusatz zu Formsand benutzt.

Beim Räuchern von Lebensmitteln findet Holzmehl Verwendung um einen würziger Rauchgeschmack bei Wurstwaren, Schinken, Fisch und Käse zu erzeugen. Dabei dürfen die zur Holzmehlproduktion eingesetzten Hölzer nicht mit Holzschutzmitteln oder Pestiziden behandelt worden sein.[2]

Weblinks

- *Stoffliche Verwertungsmöglichkeiten von Rest- und Altholz, insbesondere von Sägespänen und Sägemehl* bei Holzfragen.de [3]
- Information der Wirtschaftministeriums Baden-Württemberg zu Linoleum [4]

Referenzen

[1] *Polyvinylchlorid*, von Hans K Felger, Hermann Amrehn, Alexander von Bassewitz, Gerhard W Becker (als Google-Book) (http://books.google.de/books?id=sIlSaaJmrv0C&pg=PA158&dq=Holzmehl&client=firefox-a)

[2] Mitteilung des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (http://www.laves.niedersachsen.de/master/C8324836_N1248_L20_D0_I826.html)

[3] http://www.holzfragen.de/seiten/verwertung_holzspaene.html#8

[4] http://www.umweltschutz-bw.de/?lvl=946

Holzmerkmal

Als **Holzmerkmale** werden alle Eigenschaften bezeichnet, welche die individuelle Gestalt von Holz beschreiben. Sie bilden sich während des natürlichen Holzwachstums. Die meisten Merkmale sind baumartenspezifisch, andere können durch die Umwelt geschaffen oder beeinflusst werden.



Das Holzmerkmal "Maserknolle", eine Verdickung am Stamm. Solches Holz wird oft zu dekorativen Furnieren aufgearbeitet, Verarbeitung und Trocknung können schwierig sein.

Beispiele

siehe Hauptartikel Holzfehler

Zu den Holzmerkmalen gehören unter anderem die Form des Stammes, die Wuchsform, die Holzfarbe, die Ausbildung der Rinde, die Astverteilung und -ausprägung (Astigkeiten). Auch äußere Einflüsse verschiedener Holzschädlinge wie Insekten und Pilze, Reaktionen des Baumes auf äußere Einflusse (z.B. Reaktionsholz und Einwüchse) sowie Wirkungen der Witterung wie Windbruch oder Frostschäden können die Holzmerkmale prägen. Auch menschliche Eingriffe und Schädigungen schlagen sich in Holzmerkmalen nieder.

Holznutzung

In der Holzverarbeitung können sich manche Holzmerkmale negativ auswirken, sie schränken die Nutzung für bestimmte Anwendungen ein und werden als Holzfehler bezeichnet. Neben verschiedenen Schädigungen des Holzes kann auch eine Reihe natürlicher Merkmale, die sich im Aufbau des Baumes begründen, für die Weiterverarbeitung nachteilig sein. Im Einzelfall können bestimmte Holzmerkmale allerdings auch weitere Verwendungsmöglichkeiten eröffnen und damit eine Wertsteigerung des Holzes darstellen. So sind Hölzer mit Maserknollen aufgrund ihrer Optik für die Furnierherstellung oder in der Drechslerbearbeitung gefragt[1] . Sogenannte Krummhölzer (Stämme mit krummen oder bogenförmigen Wuchs) finden häufig eine besondere Verwendung im Schiffbau oder werden für Treppenwangen verwendet.

Literatur

- Christoph Richter: *Natur kennt nur Holzmerkmale - keine Holzfehler.* Holz-Zentralblatt 44, 2002.

Referenzen

[1] Wolfgang Nutsch: Holztechnik Fachkunde, Europa Lehrmittel 2001; 3-8085-4018-4

Holzmobilisierung

Holzmobilisierung bezeichnet in der Forstwirtschaft die Gesamtheit der organisatorischen, beratenden und logistischen Aktivitäten, die den Umfang des tatsächlichen Holzeinschlags (Holzernte) erhöhen sollen. Hintergrund sind die laut der zweiten Bundeswaldinventuren 2002 gegenüber der ersten Inventur von 1987 stark gewachsenen Holzvorräte in den Beständen, verursacht durch das Überwiegen der nachwachsenden über die eingeschlagenen Mengen (Zuwachs). Durch die Holzmobilisierung soll die nachhaltig mögliche Waldnutzung stärker ausgeschöpft werden. Großes Potential wird zum einen im Privatwald und vor allem im Klein- und Kleinstprivatwald gesehen, der häufig nur extensiv wirtschaftlich genutzt wird. Zum anderen wird generelles Optimierungspotential bei der Bewirtschaftung von Waldflächen in Bereichen wie Ernte, Logistik und Vermarktung gesehen.

Nachhaltige Potenzialausschöpfung

Mit steigenden Rohstoffpreisen für Erdöl und Erdgas und mit der zunehmenden Klimaschutzdiskussion gilt der Nachwachsende Rohstoff Holz als viel versprechende Option sowohl für die stoffliche als auch die energetische Biomasse-Nutzung. Trotz dieser ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen wird ein Teil des vorhandenen Potentials bisher nicht genutzt.

"Der jährliche Holzzuwachs beträgt in Deutschland (gemäß der zweiten Bundeswaldinventur von 2002) rund 95 Mio. Festmeter (fm), genutzt werden ca. 67 Mio. Festmeter. Dies bedeutet, dass der Holzzuwachs zu etwa 70% genutzt wird. Etwa 29% des Zuwachses zwischen 1987 und 2002 wurden akkumuliert. Rein rechnerisch könnte heute ein Drittel mehr Holz geerntet werden, ohne die Regenerationsfähigkeit des Waldes (Prinzip der Nachhaltigkeit) zu beeinträchtigen".[1]

Hindernisse einer Nutzung

Die Erfahrung zeigt, dass selbst unter den momentan günstigen Rahmenbedingungen steigender Holzpreise dieses nachhaltige Biomassepotenzial nicht komplett ausgeschöpft wird. [2] Die Gründe für den bestehenden Nutzungsverzicht sind vielfältig.



Holzvollernter

Motivation der Waldbesitzer

Vor allem im klein strukturierten Privatwald, wo ein großer Teil der ungenutzten Vorräte liegt, verhindern verschiedene Gründe eine intensivere Nutzung. 47 % des Holzvorrats sind im Privatbesitz, darunter 28 % im Kleinprivatwald bis 20 ha:[1]

- Viele Kleinstprivatwaldbesitzer haben ein Alter erreicht, in dem sie nicht mehr aktiv im Wald arbeiten können
- Viele Waldbesitzer städtischer Herkunft haben keine wirtschaftlichen Nutzungsinteressen, sondern nehmen ihren Wald oft in ästhetischen und erholenden Dimensionen.[1]
- Gerade bei städtischen Waldbesitzern kommt es auch oft vor, dass die genaue Lage oder der Grenzverlauf der Flächen nicht bekannt sind. Damit ergeben sich für eine gemeinsame Waldbewirtschaftung, die niedrige Aufarbeitungskosten und bessere Vermarktungsmöglichkeiten verspricht, hohe Transaktionskosten.



Waldweg

Ernte, Logistik und Vermarktung

Neben der fehlenden Motivation der Waldbesitzer können unausgereifte Nutzungskonzepte oder schwierige Bedingungen eine Nutzung verhindern:

- Oft wird das Zuwachspotenzial der Wälder unterschätzt,
- In bäuerlichen Betrieben fehlt immer öfter die Zeit und Arbeitskraft zur Waldarbeit.
- Eine Zersplitterung der Besitzstruktur (kleine Parzellen als Folge der Realteilung) verhindern einen wirtschaftlichen Einsatz voll mechanisierter Holzerntesysteme.
- Zudem sind große Teile des Kleinprivatwalds für den Maschineneinsatz kaum mit Wald- und Rückewegen erschlossen.
- Wo Holz motor-manuell, also mit der Motorsäge anstelle von Erntemaschinen (z. B. Holzvollernter), aufgearbeitet wird, gelangt immer öfter ein Teil des Holzes als Brennholz für den Eigenverbrauch nicht mehr auf dem Markt.[3]

Lösungsansatz Holzmobilisierung

Neben der Möglichkeit einer Wald-Flurbereinigung, die größere Strukturen und auch eine wirtschaftlichere Erschließung der Waldflächen bewirkt, steht vor allem die Holzmobilisierung zur Verfügung.

„Der Begriff Holzmobilisierung wird in der Forstwirtschaft seit einigen Jahren im Zusammenhang mit den Ergebnissen von großräumigen Forstinventuren in Österreich und Deutschland verwendet, wonach ein erhebliches zusätzliches Nutzungspotential in den Wäldern zur Verfügung steht. Holzmobilisierung zielt darauf ab, den Holzeinschlag zu erhöhen, um Holz-Übervorräte abzubauen und die Höhe der Nutzung am Zuwachs zu orientieren“[3] .

Neben der Motivation der privaten Waldbesitzer, das nachwachsende Holz auch zu nutzen, steht bei der Holzmobilisierung die technische Unterstützung durch Verbesserung der Ernte, Logistik und Vermarktung im Vordergrund. Bewährte Vorläufer der Holzmobilisierung sind sogenannte "Forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse", regionale Kooperationen von Waldbesitzern zur gemeinschaftlichen oder überbetrieblichen Bewirtschaftung der Waldbestände.

Ablauf

In der Regel erfolgt die Holzmobilisierung in einer gemeinsamen Initiative mehrerer Partner aus Wirtschaft und Industrie. Zur Erhebung der aktuellen Situation werden zunächst die Besitzverhältnisse und die Lage der Flurstücke erfasst: digitale Grenz-, Bestandes- und Wegekarten der Waldbesitzer, die Lagerbuchnummer und der entsprechende Grenzverlauf ihrer Grundstücke werden registriert. Zum Management der Daten werden datenbankbasierte Informationssysteme verwendet, teilweise mit Verlinkung zu Geographischen Informationssystemen (GIS). Diese Erfassung ist Voraussetzung sowohl für die räumliche Konzentration und Bündelung von Hiebsmaßnahmen als auch zur Organisation von Logistik, Abfuhr und Verteilung des Holzgeldes [2] . Zudem werden noch Angaben zum Waldzustand der jeweiligen Grundstücke erhoben, also Hauptbaumarten, Alter, geschätzter Vorrat und Pflegezustand. [2] Die Erhebung der Daten bei allen Waldbesitzern kann - besonders bei zahlreichen Kleinstwaldbesitzern - sehr aufwändig sein, die Nutzung öffentlicher Daten ist aus Datenschutzgründen nicht immer möglich.

Nur wenn aktuelle Daten vorliegen und kontinuierlich gepflegt werden, kann die Mobilisierung der Holzvorräte und die Optimierung der Abläufe erfolgreich sein. Oft erweist sich bereits die Bereitstellung dieser Daten als recht schwierig.

Durch eine Reihe von Service- und Koordinationsangebote vereinfachen Akteure der Holzmobilisierung den Waldbesitzern die Nutzung des Holzaufwuchses in ihren Beständen vereinfacht:

- Beratung und Unterstützung der Privatwaldbesitzer

- Komplett-Auftrag (Auszeichnen, Aufarbeiten und Vermarkten)
- Bündelung des Bestandes benachbarter Waldbesitzer zu Nutzungsschwerpunkten und gemeinsamer Vermarktung (bei Eigen-Aufarbeitung)
- Informationsveranstaltungen
- Organisation der Privatwaldbesitzer
- Koordination zwischen Besitzern, Forstbetriebsgesellschaften, Waldbauvereinen, Forstverwaltungen und Holzverarbeitender Industrie

Insgesamt ist eine regionale Zusammenarbeit der unterschiedlichen Akteure von Bedeutung. Hier hängt viel von der Motivation und dem Einsatzwillen der verschiedenen Partner ab.

Projekte

Verschiedene Projekte zur Holzmobilisierung wurden z. B. vom Holzabsatzfonds (HAF, am 31.08.2009 aufgelöst), den Ländern und privaten Initiativen angeregt:

- Aufnahme einer Mobilisierungsprämie für Holz in die Fördergrundsätze der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK) der Bundesländer (siehe § 1 Bundeswaldgesetz (BWaldG)) [4]
- Projekte des HAF in Zusammenarbeit mit verschiedenen Bundesländern und Instituten [5]
- "Förderprogramm Rohholzmobilisierung" des HAF zum Zweck des Informationstransfers, der Aufklärung und Motivation der Multiplikatoren und Akteure sowie Modellvorhaben in der Lausitz und in der Eifel [4]
- Förderprogramme der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) bzw. des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) als Träger der FNR:[4]
  - "Logistik, Holzbereitstellung, Marktforschung zur zielgerichteten Bereitstellung des Holzes"
  - "Entwicklung neuer Mobilisierungs- und Logistikkonzepte zur verstärkten Nutzung von Holz"

Darüber hinaus gibt es viele weitere Projekte, auch in Österreich und der Schweiz.[6]

Weblinks

- Informationsdienst Holzmobilisierung [7], Online-Service des Holzabsatzfonds (HAF) (Die Seite bündelt und vernetzt Informationen zur Holzmobilisierung für Multiplikatoren und Entscheidungsträger in der Privatwaldbewirtschaftung, keine Aktualisierung der Seite mehr nach dem 05.06.2009)
- Informationen und Beispiele zur Mobilisierung von Holzeinschlagsreserven [8], Informationsportal der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, betrieben vom HAF
- Erste und Zweite Bundeswaldinventur [9] (Ergebnisse bisheriger Erhebungen, Ziele und Methoden, Schätzungen zum potenziellen Rohholzaufkommen der nächsten 40 Jahre und der zugehörigen potenziellen Waldentwicklung)
- waldwissen.net - Dossier Holzmobilisierung [10]
- Abschlussbericht des HAF-Modellprojektes "Holzmobilisierung im Kleinprivatwald" [11], 12/2008, 116-seitig, als pdf

Referenzen

[1] Behrendt, S., Erdmann, L., Henseling, C., Rupp, J. 2006: Perspektiven der Holzmobilisierung. Zur Stärkung nachhaltiger Zukunftsmärkte der Forst- und Holzwirtschaft. Thesenpapier zum Workshop am 26. Juni 2006 in Berlin.Berlin. Online (PDF-Dokument) (http://www.holzwende2020.de/custom/user/Basis-Studie/Perspektiven_Holzmobilisierung.pdf)

[2] Becker, G., Wippel, B., Borchers, J. 2006. Holzmobilisierung im Kleinprivatwald. Holzabsatzfonds unterstützt Umsetzungsprojekte in der Lausitz und in der Eifel. AFZ/DerWald 61, S. 114-116.

[3] Kasberger 2007: Holzmobilisierung und überbetriebliche Zusammenarbeit im Kleinprivatwald. Online (http://www.lwf.bayern.de/imperia/md/content/lwf-internet/wald_und_mensch/waldbesitzertag/wbt_2006_konzept_kasberger.pdf)

[4] Informationen der HAF beim Informationsdienst Holzmobilisierung (http://www.info-holzmobilisierung.org/de/start/foerderung/mobilisierungspraemie/)

[5] Projekte zur Holzmobilisierung in Kooperation mit der HAF, auf der Seite "Informationsdienst Holzmobilisierung" (http://www.info-holzmobilisierung.org/de/start/projekte/)

[6] Informationen zu Themen und Projekten im Bereich Holzmobilisierung (http://www.waldwissen.net/dossier/fva_dossier_holzmobilisierung_DE), auf der Seite waldwissen (http://www.waldwissen.net), von mehreren öffentlichen Trägern finanziert

[7] http://www.info-holzmobilisierung.de

[8] http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p3=43283

[9] http://www.bundeswaldinventur.de/

[10] http://www.waldwissen.net/dossier/fva_dossier_holzmobilisierung_DE

[11] http://www.info-holzmobilisierung.org/fileadmin/portale/allgemein/dokumente/Mobilisierungsprojekte%20HAF.pdf

Holzmodifikation

Holzmodifikation, auch **Holzmodifizierung** genannt, umfasst alle Maßnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Holz, im Idealfall bis zum vollständigen Verzicht auf biozide Holzschutzmittel. Bei den verschiedenen Verfahren wird das Holz so verändert, dass eine Besiedlung durch holzabbauende Pilze oder Insekten erschwert bis unmöglich gemacht wird. Dies hat gleichzeitig oft eine Verbesserung der Holzeigenschaften zur Folge, z.B. die Herabsetzung der Ausgleichsfeuchte oder eine größere Dimensionsstabilität gegenüber unbehandeltem Holz.



Buchenholz aus unterschiedlich intensiven Behandlungsprozessen. 200°C, 190°C, unbehandelt (Rotkern)

Arten der Holzmodifizierung

Thermisch-physikalische Verfahren oder Hitzebehandlungsverfahren

Bei Temperaturen über 150°C kommt es zu hydrolytischen Spaltungen und Kondensationsreaktionen. Durch den teilweisen Abbau von Zellwandkomponenten weist Thermisch modifiziertes Holz (Thermoholz) eine geringere Dichte und Festigkeit auf als unbehandeltes Holz. Die Haltbarkeit des Holzes nimmt in der Regel mit der angewandten Hitze und Expositionszeit zu, während die Festigkeit des Holzes gleichzeitig abnimmt. Hitzebehandeltes Holz verfärbt sich dunkel. Es wird auch als Thermoholz bezeichnet.

Hydrophobierung mit Ölen und Wachsen

Durch die Einlagerung von wasserabstoßenden Stoffen wie Ölen oder Wachsen wird die Feuchtigkeit vom Holz fern gehalten und damit ein Befall durch Pilze deutlich verringert. Die alleinige Behandlung mit Ölen und Wachsen reicht jedoch in der Regel nicht aus, um einen dauerhaften Schutz vor holzabbauenden Pilzen zu gewährleisten, insbesondere im Außenbereich.

Chemische Modifizierung



Acetyliertes Holz

Bei der chemischen Modifizierung des Holzes werden reaktive Chemikalien eingesetzt, die mit den funktionellen Gruppen der Zellulose oder des Lignins reagieren können. Meistens reagieren die Hydroxylgruppen der Zellwand, wie bei der Herstellung von Acetyliertem Holz. Durch Chemikalien wie Formaldehyd kann es auch zu einer Vernetzung der Hydroxylgruppen in der Zellwand kommen. Darüber hinaus sind einige Chemikalien in der Lage, sich in die Holzzellwand einzulagern und dort zu polymerisieren (Imprägnierung mit Melaminharzen, Furfurylierung mit [[Furfurylalkohol] aus Biomasse und andere) Auch die Holzbehandlung mit Siliziumverbindungen führt zu einer Verringerung der Wasseraufnahme und kann so zu einer besseren Dauerhaftigkeit gegenüber holzabbauenden Pilzen beitragen.

Weblinks

- Infoseite Holzschutz durch Holzmodifizierung [1]

Literatur

- André Wagenführ, Frieder Scholz (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik. Hanser Verlag, München 2008
- Heinz Geza Ambrozy, Zuzana Giertlová: Planungshandbuch Holzwerkstoffe. Technologie, Konstruktion, Anwendung. Springer Verlag, Wien 2005

Referenzen

[1] http://www.holzfragen.de/seiten/modifizierung.html

Holzpellet

Holzpellets sind ein Brennstoff, der aus stäbchenförmigen Pellets besteht. Diese werden vollständig oder überwiegend aus Holz oder Sägenebenprodukten hergestellt. Die Pelletierung bietet gegenüber anderen biogenen Festbrennstoffen verschiedene Vorteile, wie z. B. die automatisierte Nutzung als Brennstoff in speziellen Pelletheizungen. Neben Holzpellets existieren zudem größere Holzbriketts aus Sägespänen.



Holzpellets

Herstellung

Die Herstellung der Holzpellets erfolgt meist nahe der Rohstoffquelle. Das sind z. B. Säge- und Hobelwerke, in denen als Koppelprodukt Holzabfälle anfallen. Auch aus Stammholz werden Pellets produziert. Die Rohstoffe werden zunächst zerkleinert, beispielsweise durch eine Hammermühle. An das Pelletwerk oder die Holzverarbeitung angeschlossene Biomasseheizwerke oder Biomasseheizkraftwerke können die Wärme zur Trocknung der Rohstoffe liefern. In einer Pelletieranlage (Pelletpresse) werden die Pellets geformt. Das Material wird unter hohem Druck durch eine Stahlmatrize (Rund- oder Flachmatrize) mit Bohrungen im gewünschten Pelletdurchmesser (je nach Matrize 6 - 10 mm) gepresst. Durch den Druck findet eine Erwärmung statt, die das im Holz enthaltene Lignin erhitzt und verflüssigt, so dass es als Bindemittel fungiert. Unter Umständen ist eine Zugabe von weiterem Bindemittel (Stärke oder Melasse) mit Anteilen von 0,2 bis 2 % notwendig. Beim austreten aus der Matrize schneidet ein Abstreifmesser die Stränge zu Pellets der gewünschten Länge (10 bis 30 mm).



Ringmatrize einer Pelletiermaschine

Der Energieaufwand bei der Pelletherstellung beträgt üblicherweise bei Verwendung von trockenem Restholz ca. 2,7% des Energiegehaltes. Wird hingegen feuchtes Industrie- oder Waldrestholz zur Pelletierung benutzt, kann die benötigte Energie zwischen 3 und 17% betragen (Im Vergleich: Bereitstellungsaufwand von Heizöl: 12%).



Anlieferung von Pellets per Einblasung

Eigenschaften und Normung

DIN	DIN 51731
Bereich	Brennstoffe
Titel	Prüfung fester Brennstoffe - Preßlinge aus naturbelassenem Holz - Anforderungen und Prüfung
Kurzbeschreibung	Pellets
Letzte Ausgabe	10.1996
ISO	-

Holzpellets besitzen folgende Eigenschaften:[1]

- Energiedichte von rund 4,7 kWh/kg (17.000 kJ/kg), 2 t Pellets enthalten die Energie von etwa 1000 l Heizöl
- Schüttdichte von rund 650 kg/m^3
- Wassergehalt von unter 10 %
- Aschegehalt von unter 0,5 % bei hochwertigen Pellets

Weitere wichtige Eigenschaften und Qualitätsmerkmale sind Durchmesser und Länge der Pellets, der Gehalt an bestimmten Elementen (Schwefel, Chlor), die Abriebfestikeit, die verwendeten Rohstoffe und anderes.

Zur Zeit sind die deutsche Norm *DIN 51731* und die strengeren und umfassenderen österreichischen Normen *ÖNORMen M 7135 bis 7137* häufig maßgeblich. Durch die deutsche Norm DINplus, die die jeweils strengeren Werte der vorgenannten Normen verwendet, lag eine Vereinheitlichung vor.

Qualität nach ÖNORM/DIN

ÖNORM M 7135ff	
Titel	ÖNORM M 7135: Anforderungen und Prüfbestimmungen für Pellets ÖNORM M 7136: Anforderungen an Transport und Zwischenlagerung ÖNORM M 7137: Pelletslagern beim Verbraucher bzw. Endkunden
Bereich	*Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde*. Normungsbereich: ON-K 241 "Energie aus fester Biomasse"
Regelt	Pellets HP1 „ÖNORM M 7135 geprüft“ und deren Verbringung und Lagerung
Erscheinungsjahr	ÖNORM M 7135:2000 11 01 ÖNORM M 7137:2002 06 01 ÖNORM M 7137:2003 10 01
Anmerkungen	Entspricht: DIN plus (teilweise)

Daten laut ÖNORM M 7135 *Anforderungen und Prüfbestimmungen* bzw. DIN plus:

- 5–6 mm Durchmesser, 8–30 mm Länge
- Heizwert H_i größer als 18 MJ/kg = 5 kWh/kg = 3,25 kWh/l
- Schüttdichte 650 kg/m³; Materialdichte größer 1,12 kg/dm³
- Wassergehalt kleiner als 10 %
- Asche weniger als 0,5 %
- Maximalwerte für Schwefel und Chlor; Abrieb (wichtig wegen Staubentwicklung beim Einblasen)
- bestehen zu 100 % aus Holz
- riesel- schütt- und einblasfähig, dadurch Lieferung im Tankwagen möglich

Da die Qualität der Holzpellets durch unsachgemäßen Transport oder Lagerung leiden kann, regelt die ÖNORM M 7136 *Transport und Zwischenlagerung* vom Hersteller bis zum Endkunden.

Für die Schweiz gibt es seit 2002 das Label SWISSPELLET, dessen Anforderungen nebst schweizerischen auch deutschen und österreichischen Normen entsprechen. Unter diesem Label sind ausschließlich Pellets erhältlich, die in der Schweiz produziert worden sind. [2]

Die ÖNORM M 7137 *Pelletslagern* regelt die Lagerung beim Verbraucher und soll „die Betriebssicherheit, den Brandschutz, die statischen Anforderungen und die Erhaltung der Pelletsqualität sicherstellen“.[3]

EU-Norm

Ab 2010 wird eine EU-Norm gültig, die für eine einheitliche Regelung der Pelletqualitäten sorgt. Als Entwurf liegt zur Zeit (Stand 2009) die Europäische Norm EN 15210 *Feste Biobrennstoffe - Bestimmung der mechanischen Festigkeit von Pellets und Briketts* (Teil 1: *Pellets*; Teil 2: *Presslinge*) über Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Festigkeit von festen Biobrennstoffen vor.[4]

Dann sollen für Holzpellets europaweit drei Qualitätsstufen bestehen. Die hochwertigste Holzpelletsklasse A1 entspricht in etwa den Anforderungen der bisherigen DINPlus-Qualität und ist unter anderem für Pelletheizkessel geeignet, als Grenzwert für den Aschegehalt bei Nadelhölzern sind 0,5% vorgesehen, bei anderen Hölzern 0,7%. Bei der Klasse A2 sollen Aschegehalte bis 1% toleriert werden, für Feuerungen mit geringeren Qualitätsanforderungen. In Klasse B sind die bislang nicht definierten Industriepellets zu finden, die häufig in Großfeuerungen oder Kraftwerken eingesetzt werden. Hier sind höhere Aschegehalte und Rindenanteile zulässig.[5]

Zu weiteren relevanten Vorschriften und Standards siehe Pelletsheizung.

Bedeutung und Perspektive

(Zur Marktpreisentwicklung in Mitteleuropa siehe Abschnitt "Brennstoffkosten" im Artikel "'Pelletheizung".)

Die Bedeutung von Holzpellets hat in den vergangenen 10 Jahren in Deutschland bzw. in Europa stark zugenommen. So waren 1999 in Deutschland erst 800 Pelletheizungen in Wohnhäusern installiert. Die Anzahl stieg bis 2004 auf 27.000 und bis 2008 auf etwa 100.000 an. Die Pelletproduktion in Europa nahm von 1,4 Mio. t in 2004 auf 6,3 Mio. t in 2006 und 7,5 Mio. t in 2007 zu. Weltweit wurden (Anfang 2008) 14 Millionen Tonnen Pellets produziert.[6] Der europäische Biomasseverband AEBIOM hält eine Produktion für 2020 von 60 bis 80 Mio. t/a für möglich.[1]

Literatur

- European Biomass Association (AEBIOM): "A Pellet Road Map for Europe" [7], Zustand und Perspektive der Holzpelletnutzung in Europa, November 2008, 20-seitiges pdf-Dokument

Weblinks

Allgemein:

- Bilder zur Holzpelletsherstellung [8]
- European Biomass Association [9] (AEBIOM), verschiedene Infos und Statistiken zur Pelletnutzung in Europa

Deutschland:

- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Energie aus Holz - Holzpellets [10]
- Bund der Energieverbraucher e.V. [11]
- Deutscher Energie-Pellet-Verband e.V. [12]
- holzpellet.com [13] mit Energierechnern, Zustellungformen und technischen Informationen

Österreich:

- *Pellets auf der Überholspur* [14]. Österreichisches Normungsinstitut - Informative Übersicht, Link zum Bestellen der Normen
- www.holzenergie.net [15] - mit graphisch dargestellter Funktionsweise von Holzpelletöfen

Referenzen

[1] A Pellet Road Map for Europe (http://www.aebiom.org/IMG/pdf/Pellet_Roadmap_final.pdf), Broschüre über Zustand und Perspektive der Holzpelletnutzung in Europa, European Biomass Association (AEBIOM), November 2008, pdf

[2] Hausinfo: Pelletqualität (http://www.hausinfo.ch/home/de/gebaeude/energie/heizsysteme/holzpellets/pelletqualitaet.html) Abgerufen am 2. November 2009

[3] Zitat Pellets auf der Überholspur

[4] http://www.beuth.de/cn/J-4B82A28766F9460FDC67B659E8C7DDE8.3/d29ya2Zsb3duYW1lPWV4YUJhc2ljU2VhcmNoJnJlZj10cGwtc3VjaGUmbGFuZ3VhZ2VpZD1kZQ**.html EN 15210 beim Beuth-Verlag

[5] Solar Promotion GmbH: Europaweit einheitliche Holzpellets: Interpellets 2009 stellt neue EU-Norm vor. (http://www.interpellets.de/index.php?id=23&no_cache=1&L=0&tx_ttnews[tt_news]=145&tx_ttnews[backPid]=22) Abgerufen am 10. September 2009

[6] *Pellets. Die schlaue Art zu heizen* (http://www.propellets.at/images/content/pdfs/fairheizen_200803.pdf) (pdf). *FairHeizen 1/08*. proPellets Austria (Januar 2008). Abgerufen am 22. April 2008.

[7] http://www.aebiom.org/IMG/pdf/Pellet_Roadmap_final.pdf

[8] http://www.holzpellet.com/deutsch/produkte_pellet_h.htm

[9] http://www.aebiom.org/

[10] http://www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/30933/index.php

[11] http://www.bdev.de/index.php?lang_short=de&itid=532

[12] http://depv.de/

[13] http://www.holzpellet.com/deutsch/produkte_pellet.htm

[14] http://www.on-norm.at/publish/2230.html

[15] http://www.holzenergie.net/DesktopDefault.aspx/tabid-248/326_read-744/

Holzspan

Als **Holzspäne** werden Späne benannt, die bei der mechanischen Holzverarbeitung in Sägewerken und in anderen Bereichen der holzverarbeitenden Industrie sowie im Heimbereich anfallen. Sie fallen als Neben- bzw. Abfallprodukt bei spanenden Bearbeitungen von Stamm- und Schnittholz an.



Sägespäne

Beschreibung

Als Holzspäne werden alle Holzreste bezeichnet, die bei holzverarbeitenden Prozessen mit spanenden Werkzeugen entstehen, beispielsweise beim Sägen (Sägespäne) oder beim Hobeln (Hobelspäne). Diese unterscheiden sich je nach verwendeter Technik vor allem in ihrer Größenzusammensetzung, je nach Holzart und -herkunft beinhalten sie zudem Rindenanteile oder sind aus rindenlosem Holz erzeugt. Schleifstäube und Sägemehl zeichnen sich dabei durch die sehr geringe Größe ihrer Partikel aus, während Hobelspäne und grobe Sägespäne Fraktionen aus Holzstiften und -flocken bilden können.



Anfallende Sägespäne in einem Sägewerk

Bei der Schnittholzproduktion liegt der Sägeholzanfall bei rund 60% des Hauptprodukts Schnittholz. In Deutschland fällt gut ein Drittel des jährlichen Aufkommens von Sägenebenprodukten von ca. 17,0 Mio. Festmeter[1] als Sägespäne und Sägemehl an, mehr als die Hälfte sind Hackschnitzel und der Rest sind Schwarten und Spreißel[2] .

Nutzung

Die in Deutschland anfallenden Mengen an Holzpänen werden praktisch komplett genutzt und decken gemeinsam mit anderen Industrierestholzanteilen gut ein Drittel des Rohstoffbedarfs der Holzwerkstoffindustrie. Der Anteil der Sägenebenprodukte am Holz von Spanplatten liegt bei rund 50%, bei der Mitteldichten Faserplatte (MDF) sind es 70%[3] . Die Holzschliff- und Zellstoffindustrie verarbeitet vergleichsweise geringe Mengen der Industrieresthölzer, zur Herstellung des Zellstoffs beziehungsweise Holzschliffs wird das verwendete Holz jedoch ebenfalls zerspant und dann weiterverarbeitet. Eine direkte Verwendung finden Hobelspäne zudem als Tiereinstreu, während Sägespäne unter anderem als ölbindendes Saugmaterial in Werkstätten oder nach Unfällen genutzt werden.



Holzwerkstoffe: Spanplatten

Holzspäne werden zu einem größten Teil energetisch als Brennstoff genutzt, obwohl auch für viele dieser Materialien der Einsatz in einer stofflichen Nutzung, insbesondere in der Holzwerkstoffindustrie, eine größere Wertschöpfung bedeutet. Der Bedarf an Sägespänen für die Pellet- und Brikettproduktion nimmt seit einigen Jahren stark zu und erhöht damit die Nachfrage nach diesem Rohstoff.[4]



Holzpellets

Ein Produkt des Kunsthandwerkes ist der Spanbaum. Der als Fidibus bekannte Holzspan von der Dicke eines Streichholzes findet bei der so genannten Glimmspanprobe Verwendung.

Literatur

- *Industrierestholz.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 141-143. ISBN 978-3-540-85094-6

Referenzen

[1] Udo Mantau, 2008: Entwicklung der stofflichen und energetischen Holzverwendung. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. (pdf (http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/waldstrategie/10_12_2008/4-MANTAU.PDF))

[2] Udo Mantau, Holger Weimar, Christian Sörgel: Holzrohstoffbilanz Deutschland, Bestandsaufnahme 2002. Projektvorstellung. (pdf (http://www.bundeswaldinventur.de/media/archive/226.pdf))

[3] Torsten Leps (Hochschule Rosenheim), 2009: Holzwerkstoffe – Stand der Technik, Chancen, Entwicklungen und Trends. Vortrag zum C.A.R.M.E.N Forum 30.03.09 (pdf (http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/foren/forum09/07_Leps.pdf))

[4] *Industrierestholz.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 141-143. ISBN 978-3-540-85094-6

Holzspanwerkstoff

Holzspanwerkstoffe oder auch **Spanplatten** im weiteren Sinne sind Holzwerkstoffe, die aus Holzspänen und einem Kunstharzleim mittels Wärme und Druck hergestellt werden. Spanplatten sind die weltweit am meisten genutzte Art der Holzwerkstoffe. Neben Holz werden in geringem Umfang auch alternative Plattenwerkstoffe wie Flachsschäben, Bagasse, und in geringem Maße auch Bambus oder Stroh verwendet.



Pressspan (Makroaufnahme)

Eingesetzt werden die Holzspanwerkstoffe im Möbel- und Innenausbau. Ungefähr 50 % der in Deutschland hergestellten Spanplatten werden zu Möbeln verarbeitet.[1] Sie eignen sich dabei je nach Beständigkeit der Verleimung auch für Feuchträume.

Herstellung

Der vereinfachte Herstellungsablauf der Spanplatte stellt sich wie folgt dar:

Das Rohmaterial Holz (überwiegend Nadelholz) wird mittels Hacker und Zerspaner zu Spänen zerkleinert. Für die Beleimung und das sich anschließende Pressen bedürfen die Späne einer erforderlichen Sollfeuchte (Decklage 1–8 %; Mittellage 4–6 %). Da die Späne im Normalfall diese Anforderungen nicht erfüllen, müssen sie getrocknet werden. Der Trocknungsablauf ist dabei von den Parametern Holzart, Spanabmessung, Rohdichte und Eingangsfeuchte abhängig.

Nach der Trocknung werden die Späne maschinell gesichtet. Gröbere Späne werden in der Mittelschicht eingesetzt, feinere in der Deckschicht. Durch die Sichtung können die Späne ihrem Einsatz entsprechend beleimt werden. Das Beleimen umfasst folgende Prozessstufen: Herstellen der Leimflotte, Dosierung der Späne sowie Leimauftrag und Vermischen von Spänen und Leim.

Nach dem Beleimen werden die Späne zu einem Vlies gestreut. Dies wird unter Einwirkung hoher Temperaturen (ca. 200 °C) zu Platten verpresst. Alte Pressen sind als Ein- oder Mehretagenpressen ausgeführt, moderne Systeme arbeiten jedoch in kontinuierlicher Arbeitsweise, das heißt als Endlos-Bandpressen. Nach dem Pressen werden die Platten *konditioniert* (Lagerung über eine Woche, um Feuchtigkeit und Wärme in der Platte auszugleichen), besäumt und geschliffen.

Spanplatten werden hauptsächlich aus Koppelprodukten der Holzbe- und verarbeitung hergestellt.

Einteilung

Man unterscheidet folgende Unterarten:

- Flachpressplatte (FPY), allgemein als Spanplatte bezeichnet
  - Einschichtplatte
  - Dreischichtplatte
  - Mehrschichtplatte
  - leichte Flachpressplatte (LF)
- Strangpressplatte
  - Strangpressröhrenplatte (SR)
  - Strangpressvollplatte (SV)
- Kunststoffbeschichtete dekorative Flachpressplatte (KF)
- Spanholzformteile
- Grobspanplatte (auch *OSB-Platte* genannt)
- Spanstreifenholz (LSL)



Ein kleines Stück einer Flachpressplatte

Klebstoffe

Als Klebesysteme werden vor allem Systeme aus verschiedenen Kombinationen von Harnstoff-, Melamin-, und Phenol-Formaldehyd-Klebstoffen eingesetzt. Zudem gibt es mit polymeren Isocyanat (PMDI) gebundene Platten. Die Klebstoffe zeichnen sich insbesondere durch unterschiedliche Wasser- und Heißwasserbeständigkeit aus und bestimmen damit die Langlebigkeit der Spanplattenprodukte.

Der einfachste und häufigste Typ von Spanplatten (nicht quellbeständig) wird mit dem preislich günstigsten Klebstoffsystem hergestellt, dem Harnstoff-Formaldehyd-Klebstoff, kurz UF-Klebstoff (U für Urea = Harnstoff und F für Formaldehyd). Für quellbeständige Typen werden melaminhaltige Harnstoff-Klebstoffe, kurz MUF-Klebstoffe (M für Melamin), eingesetzt. Besonders hochwertige Platten werden mit PMDI hergestellt, diese Platten liegen jedoch preislich deutlich höher.

Beim Einsatz von Klebstoffen werden folgende Verleimungsarten unterschieden:

Verleimungsart	Eigenschaft
P4 (ehem. V20), Farbkennzeichnung blau	Verleimung nicht wetterbeständig
P5 (ehem. V100), Farbkennzeichnung grün	Verleimung begrenzt wetterbeständig
(ehem. V100G)	Beständig gegen Wetter und Pilzbefall

Die Bezeichnungen V20 und V100 nach DIN 68763 wurden ersetzt durch sieben Plattentypen der DIN EN 312 und gleichlautende technische Klassen der DIN EN 13986. Für Platten mit Holzschutzmittel gegen Pilzbefall vom ehem. Typ V100G ist keine CE-Kennzeichnung nach DIN 13986 möglich. Diese Platten benötigen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Wirtschaftliche Bedeutung

Holzspanwerkstoffe sind die wirtschaftlich bedeutendsten Holzwerkstoffe in Europa. Sie machen rund ¾ der Gesamtproduktion aus.[2] 2008 wurden europaweit 34,5 Mio. m3 Spanplatten und 3,3 Mio. m3 OSB produziert. In Deutschland betrug die Produktion von Spanplatten 2008 7,5 Mio. m3, die von OSB ca. 1 Mio. m3. Im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise sank die Holzspanwerkstoffproduktion in Deutschland um 6-7%, in Europa um 8-9% gegenüber dem Vorjahr.[3]

Emissionsklassen

Es befindet sich weniger als 10 % Klebstoffanteil im Holzspanwerkstoff. Dennoch spielt diese geringe Menge bei der Schadstoffentwicklung eine große Rolle. Härten die Klebstoffe nach einer Weile aus, wird unter anderem das stechend riechende Gas Formaldehyd frei. Um die daraus resultierenden Gesundheitsgefährungen so gering wie möglich zu halten werden Spanplatten in drei Emissionsklassen eingeteilt.

Emissionsklasse	Ausdünstungswert
E1	weniger als 0,01 %
E2	0,01 % bis 0,03 %
E3	weniger als 0,06 %

Entwicklung

Seit einigen Jahren versucht man Klebesysteme mit Lignin (dem natürlichen Klebstoff in Holz, das als Nebenprodukt der Papierherstellung anfällt) und weiteren Klebstoffen (beispielsweise vernetzter Polyharnstoff) zu entwickeln und so die Gesundheitsbelastung zu verringern.

Literatur

- Wolfgang Nutsch: *Holztechnik Fachkunde*, Europa Lehrmittel, 2001, ISBN 3-8085-4018-4
- Peter Niemz, André Wagenführ: *Werkstoffe aus Holz.* In: André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8.
- Manfred Dunky, Peter Niemz: *Holzwerkstoffe und Leime.* Springer Verlag, Heidelberg 2002. ISBN 3-540-42980-8.

Weblinks

- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V (deutsch) [2]
- European Panel Federation (englisch) [5]

Referenzen

[1] Aretz, Bräkow, Kolarek, Hirschl: *Dendromasse-Zukunftsprodukte.* 'Tagungsband des Abschluss-Symposiums DENDROM vom 10.-11. Juli 2008, Berlin; S.9-41.

[2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. 2006.*

[3] Europäischer Holzwerkstoffverband (EPF) und Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Holz-Zentralblatt 2009-05-13 und 2009-05-14

Holzstoff

Als **Holzstoff** wird der Rohstoff bezeichnet, der für die Herstellung bestimmter Papiersorten verwendet wird. Er wird aus Holz gewonnen und enthält, anders als Zellstoff für höherwertige Papiere, große Anteile an Lignin. Der hohe Ligninanteil führt zum Vergilben des Papiers (holzhaltiges Papier), so dass Holzstoff nur für Zeitungs- und Magazinpapier (Light Weight Coated-Papier (LWC-Papier)) und anderes, kurzzeitig verwendetes Papier eingesetzt wird. Wirtschaftlich Bedeutende Holzstoff-Sorten sind **Holzschliff**, **Druckschliff** und **TMP** (**Thermo Mechanical Pulp/** Thermomechanischer Holzstoff).

Die Herstellung erfolgt durch mechanische und/ oder thermische und/ oder chemische Verfahren zum Holzaufschluss.



Holzschleifer im Industriemuseum „Alte Dombach“ in Bergisch Gladbach

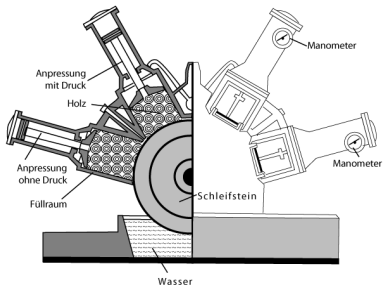
Geschichte

(siehe Artikel Papier und Zellstoff)

Früher wurde Papier vor allem aus Lumpen (Hadern) gewonnen. Wegen der begrenzten Verfügbarkeit dieses Rohstoffs wurden ab etwa 1700 nach Alternativen gesucht. Im 19. Jahrhundert wurden Verfahren zur Gewinnung von Holzschliff und des höherwertigen, aber aufwendiger zu erzeugenden Zellstoffs entwickelt.

Produktion

Holzstoff wird aus dem Rohstoff Holz, der hauptsächlich aus Lignocellulose besteht, gewonnen. Lignocellulose besteht aus Cellulosemolekülen, die zu zu Fasern zusammengelagert sind. Eine Matrix aus Lignin durchwirkt die Cellulose, so dass ein druck- und reißfester Verbund entsteht. Bei der Herstellung von Holzstoff erfolgt eine Zerfaserung des Holzes mit verschiedenen Verfahren. Durch die fast vollständige Verwendung des Rohstoffs sind hohe Ausbeuten möglich. Bei der Herstellung von Zellstoff hingegen wird der Ligninanteil mit chemischen Methoden entfernt, so dass bei geringerer Ausbeute und höherem Aufwand der höherwertige Zellstoff gewonnen wird, der fast vollständig aus Cellulose besteht. Meist wird Rundholz oder Prügelholz eingesetzt, wobei Nadelholz wegen der Langfaserigkeit bevorzugt wird. Unterschiedliche Verfahren führen zu den verschiedenen Holzstoff-Sorten.



Schematische Darstellung eines Vierpressen-schleifers, links aufgeschnitten, rechts geschlossen.

Holzschleifer Schema

Schliff-Verfahren

Schliff-Produkte werden durch Zerfaserung von Holz mit Hilfe von Schleifsteinen erzeugt.

Holzschliff

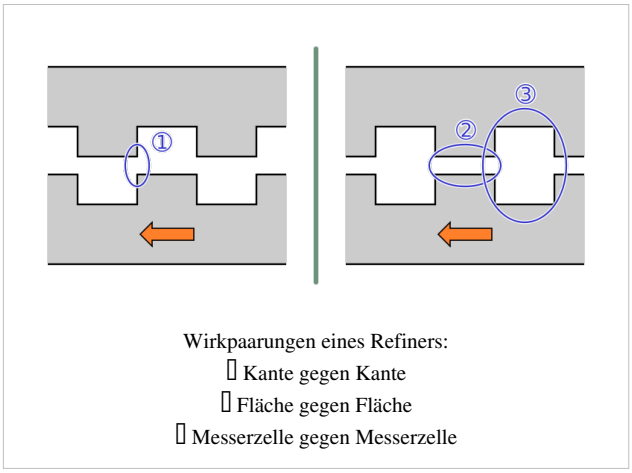
Die Herstellung von Holzschliff erfolgt mechanisch. Entrindete Holzprügel (Meterholz) werden unter Zusatz von heißem Wasser auf rotierende Schleifsteine gepresst und zerschliffen.[1] Anschließend kann eine weitere Vermahlung zur Anpassung der Fasern erfolgen.

Druckschliff

Eine modernere Produktuktionsvariante ist der Druckschliff. Gegenüber üblichem Holzschliff, der bei einer Temperatur unter 100°C erzeugt wird erlaubt die Kapselung des Schleifers einen höheren Druck und dadurch eine höhere Temperatur. Das erweicht die Ligninmatrix. Dadurch kann das Ausgangsholz leichter zerfasert und eine größer Länge der Cellulosefasern erreicht werden.

Refiner-Verfahren

Bei den Refiner-Verfahren erfolgt zunächst eine Zerkleinerung in Hackschnitzel und, nach weiteren Prozessschritten, die Zerfaserung im Refiner.



Wirkpaarungen eines Refiners:
① Kante gegen Kante
② Fläche gegen Fläche
③ Messerzelle gegen Messerzelle

Thermo Mechanical Pulp (TMP)

Bei der TMP-Erzeugung werden Hackschnitzel bei Temperaturen bis 140°C zwischen den Kanten eines Refiners zerfasert (Faserstoffmahlung). Bei dieser Temperatur erweicht das Lignin und der Faserverbund löst sich unter Bildung längerer Fasern auf. Dadurch nähern sich die Eigenschaften teilweise denen des teureren Zellstoffs an, wie z. B. höhere Reißfestigkeit des daraus hergestellten Papiers.[2] [3]

Chemo Thermo Mechanical Pulp (CTMP)

Eine Variante des TMP ist die chemo-thermische Holzstofferzeugung (CTMP) bei der die Hackschnitzel zusätzlich chemisch vorbehandelt werden. Das Produkt ist durch die chemische Vorbehandlung dunkler als TMP. CTMP kann auch gebleicht werden und wird dann als BCTMP bezeichnet.[2] [3]

Je nach gewünschter Papierqualität (Opazität (Lichtstreufähigkeit), Volumen (Steifigkeit), Helligkeit, Oberlächeneigenschaften, Binde- und Festigkeitseigenschaften) und nach ökonomischen Aspekten werden unterschiedliche Holzstoffe eingesetzt. Oft findet auch eine Kombination mit anderen Rohstoffen, wie z. B. mit aufbereitetem Altpapier oder langfaserigem Zellstoff aus Nadelholz, statt, um die gewünschte Papierqualität zu erreichen.[4]

Chemischer Nachweis

Holzschliff kann durch Rotfärbung des enthaltenen Lignins mit salzsaurer Phloroglucinlösung nachgewiesen und so von Zellstoff unterschieden werden.

Vor- und Nachteile

Vorteile

- Holzstoff ist für die Kartonherstellung deutlich vorteilhafter als Zellstoff, da das Lignin im Zellstoffverbund zusätzliche Steifigkeit gibt. Auch für Zeitungspapier ist ligninfreies Papier aus Zellstoff ungeeignet. Die Herstellung von Holzstoff ist zudem einfacher und damit kostengünstiger als die Herstellung von Zellstoff, da der komplexe Kochvorgang zur Ligninentfernung entfällt.
- Die Ausbeute bezogen auf den Holzeinsatz liegt bei Holzstoff bei etwa 90 %, da fast alle Inhaltsstoffe des Holzes, darunter auch das Lignin, im Holzstoff nahezu unverändert vorhanden sind. Bei der Zelluloseherstellung liegt die Ausbeute durch die Entfernung des Lignins deutlich niedriger (etwa 50 %).[3]

Nachteile

- Der größte Nachteil von Holzstoff bei vielen Anwendungen besteht im Ligningehalt. Unter Licht- und Sauerstoffeinfluss vergilbt das Lignin. Papier mit einem hohen Holzstoffgehalt verfärbt sich dadurch schnell (Zeitungspapier).
- Die sichtbare Papierqualität mit Holzstoff ist schlechter als bei Zellstoff, da es zu einer deutlich stärkeren Flockenbildung kommt, wodurch die Formation beeinträchtigt ist.
- Für den Schleifvorgang wird sehr viel Energie benötigt, um die Schleifscheiben und Häckselanlagen anzutreiben. Der Energiebedarf ist abhängig von der Intensität der Mahlung und liegt zwischen 1500 und 3500 kWh/t. Dieser hohe Energiebedarf und die Verfügbarkeit von preiswertem Altpapier haben in Mitteleuropa zur Verwendung von nahezu 100% Altpapier zur Herstellung von Zeitungspapier geführt. Innerhalb Europas wird TMP nur noch in Skandinavien zu Zeitungspapier verarbeitet.
- Papier aus Holzschliff hat niedrige Festigkeitswerte, da die Fasern bei der Herstellung stark beschädigt werden.[2] Durch Mischen mit Zellstoff kann die Festigkeit erhöht werden.

Literatur

H. Sixtas: *Handbook of Pulp*. VCH-Wiley, 2006, S. 1071f. ISBN 3-527-30999-3

Weblinks

- Informationen zu Holzschliff [5] im BAM-Portal

Siehe auch

- Papierzerfall

Referenzen

[1] Glossar der Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal (http://www.zpr.de/site/index.php?mod=glossar)

[2] *Holzstofferzeugung.* (http://www.industry.siemens.de/paper/de/mechanical_pulp/mechanical.htm) In: *Pulp and Paper Technologies.* Siemens AG, abgerufen am 12. August 2009.

[3] *Wofür braucht man Holzstoff?* (http://www.austropapier.at/index.php?id=126), Informationen auf der Seite der Austropapier, abgerufen am 06.01.2010

[4] *Holzstoff - Zukunfts- oder Auslaufmodel?* (http://www.ipwonline.de/web/download/zellchem/2001/dp100105.pdf), Vortrag auf der ZELLCHEMING-Hauptversammlung, 27. Juni 2001
[5] http://www.bam-portal.de/searchExpert.do?action=search&query=Holzschliff

Holztafelbau

Der **Holztafelbau**, auch als **Holztafelbauweise** bezeichnet, ist eine verbreitete Holzbauweise von Fertighäusern. Als Tafeln werden die flächigen, selbsttragenden Holzkonstruktionen bezeichnet. Sie stellen die Wände des Gesamtbauwerks einschließlich aller wesentlichen Einbauten dar, werden in einem Werk vorgefertigt und anschließend auf der Baustelle zu einem Gesamtbauwerk zusammengefügt.[1]

Der Holztafelbau ähnelt dem Holzrahmenbau, bei dem die Holztafeln aber nur unvollständig bis zu einem Rahmen vormontiert werden und erst auf der Baustelle mit Wärmedämmung und Einbauten sowie abschließend der zweiten Beplankung versehen werden.



Holzrahmen, der durch Dämmung, Einbauten und abschließende Beplankung zur Holztafel wird

Konstruktion

Bei der Holztafelbauweise werden zunächst die Holztafeln vorgefertigt und nach der Anlieferung auf der Baustelle zum Bauwerk zusammengefügt

Vorfertigung der Holztafeln

Die Holztafeln sind Verbundkonstruktionen aus Rippen die mit Hilfe von Nägel, Klammern oder Schrauben oder Leim mit unterschiedlichen Baustoffen, wie Vollholz oder Holzwerkstoffen, beplankt werden.[2] [3]

Entsprechend ihrer Anordnung im Gebäude als Wand-, Decken- oder Dachtafeln, werden die einzelnen Bauteile und ihre Baustoffe sinnvoll kombiniert und dimensioniert, damit sie tragende, aussteifende, raumabschließende, dämmende oder bauphysikalische Funktionen übernehmen können.

Zusammenfügen der Holztafeln

Bei der Holztafelbauweise wird der räumliche Baukörper modular aus einzelnen ebenen Holztafeln zusammengesetzt.[2]

In der Fertigung im Werk werden Großtafeln in Gebäudeabmessungen aus Einzeltafeln, deren Größen von den Standardformaten der Beplankungswerkstoffe bestimmt werden, zusammengesetzt. Die Großtafeln werden zur Baustelle transportiert und können innerhalb kurzer Zeit zum Bauwerk zusammenmontiert werden.

Vergleich mit anderen Bauweisen

(siehe auch Holzbau und Fertighaus)

Rund 15 % der Ein- und Zweifamilienhäuser in Deutschland werden inzwischen, mit zunehmender Tendenz, in Holzbauweise errichtet.[4] Dabei spielt die Holztafelbauweise eine wichtige Rolle. Ihr besonderer Vorteil liegt unter anderem in der schnellen Montage vor Ort und der witterungsunabhängigen Herstellung der Holztafeln im Werk.[1]

Des Weiteren handelt es sich, im Gegensatz zur Massivbauweise, um eine trockene Bauweise. Da die Gebäudehülle nach dem Aufbau sofort dicht ist, ist das Gebäude umgehend wind- und wetterfest. Die Maßhaltigkeit und

Genauigkeit ist bei der Holztafelbauweise durch den hohen Vorfertigungsgrad sehr hoch. Es gibt sowohl sogenannte *Typenhäuser* mit vorgegebener Gestaltung, als auch vollkommen individuell variierbare Gebäudeformen. So fertigen verschiedene - vor allem skandinavische Hersteller - fast ausschließlich individuelle Häuser.

Im Wesentlichen zeichnen sich Häuser in Holztafelbauweise dadurch aus, dass sie in der Regel gut gedämmt und dadurch sehr energiesparend sind. Wie bei anderen Bauweisen auch, kann zusätzlich moderne Haustechnik eingebaut werden, wie beispielsweise Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, Wärmepumpen, Holzpelletheizungen oder Solarthermie. Dadurch ergeben sich Energieverbräuche, die die Anforderungen der geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) unterschreiten.

Weblinks

- *Holzrahmenbau/ Holztafelbau* [5] Informationen zu Holzbauweisen auf www.infoholz.de, Informationsseite des Deutschen Forstwirtschaftsrats e.V.
- *DIN 1052-1 Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung* [6], auf www.umwelt-online.de, Stand April 1988

Referenzen

[1] Dietmar Grütze: *Bau-Lexikon.* Carl Hanser Verlag, München 2007, ISBN 3-446-40472-4, S. 131 u. 132.
[2] H. Frey; H. August: *Bautechnik - Fachkunde Bau.* Europa Verlag, Haan-Gruiten 2003, ISBN 3-8085-4460-0, S. 393.
[3] www.umwelt-online.de: *Holzbauwerke - DIN 1052-1 - Berechnung und Ausführung* (http://www.umwelt-online.de/recht/bau/din/1052_1ges.htm), Stand 04/1988, abgerufen am 17. März 2010
[4] www.infoholz.de: *Das Holzhaus* (http://www.infoholz.de/html/f_start_page.phtml?p1=1268822191a827881017&p3=1434&p3=119), abgerufen am 17. März 2010
[5] http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1268822191a827881017&p3=1434
[6] http://www.umwelt-online.de/recht/bau/din/1052_1ges.htm

Holztechnik

Als **Holztechnik** oder **Holztechnologie** bezeichnet man die unterschiedlichsten Techniken und Fertigungsverfahren, um den Werkstoff Holz in Halbwaren oder Endprodukte umzuwandeln. Dabei wird die Erzeugung von Halbwaren wie Schnittholz und Holzwerkstoffen als Holzbearbeitung bezeichnet. Die Verarbeitung zum Endprodukt wird Holzverarbeitung genannt.

Die Holztechnik umfasst auch die Kombination des Materials Holz mit anderen Werkstoffen und Baustoffen, wie z. B. in den wichtigen Teilbereichen Möbelbau, Innenausbau und Holzbau.

Auch die zur Holzbe- und Holzverarbeitung notwendigen Maschinen, wie z. B. Sägen, Bohrer, Hobel etc. werden als Holztechnik bezeichnet.

Daneben gibt es Berufe, z. B. des Holztechnikers, und Studiengänge, welche die Anwendung bzw. Entwicklung der Holztechnik zum Inhalt haben.



Verbindungsmittel Holzdübel

Holzbe- und Holzverarbeitung

Die Holztechnik kann in zwei Bereich untergliedert werden:



OSB-Produktion, unmittelbar vor der Presse

Holzbearbeitung

(siehe Hauptartikel Holzbearbeitung)

Als Holzbearbeitung wird der bzw. die ersten Schritte der Bearbeitung von Holz bezeichnet, die noch nicht zum Endprodukt führen. Häufig wird Stammholz eingesetzt, um in Sägewerken daraus Schnittholz, wie z. B. Balken, Bretter und Leisten herzustellen. Aus diesen Zwischenprodukten bzw. aus Stammholz oder häufig auch aus minderen Holzqualitäten lassen sich Holzwerkstoffe herstellen. Unterschieden wird zwischen Vollholz-, Holzspan-, Holzfaser- und Verbundwerkstoffen.



Tischkreissäge

Holzverarbeitung

(siehe Hauptartikel Holzverarbeitung)

Als Holzverarbeitung wird die Weiterverarbeitung der Produkte der Holzbearbeitung zum Endprodukt bezeichnet. Dazu gehört z. B. der Möbelbau, der Innenausbau und der Holzbau.

Aus- und Weiterbildung

(siehe auch Artikel Holzbau)

Zahlreiche Berufe aus den unterschiedlichsten Branchen werden der Holztechnik zugeordnent, wie z. B. Schreiner/Tischler, Zimmermann, Drechsler, Stellmacher, Böttcher, Holzinstrumentenbauer (z.B. Geigenbauer) und andere. Davon sind einige Berufe oder Gewerke in der Ausbildung nicht mehr oder kaum noch vertreten. Im Handwerk oder auch in der Holzindustrie schließt sich üblicherweise die Meisterausbildung als nächste Stufe an.

Dazu gibt es einige Bildungsgänge im Bereich des beruflichen Schulwesens (z. B. das Berufskolleg in Nordrhein-Westfalen), in denen man die Fachhochschulreife und die allgemeine Hochschulreife mit dem Schwerpunkt Holztechnik erwerben kann. Hier sind auch die Fachschulen für Technik mit dem Abschluss staatlich geprüfte Technikerin oder Techniker mit der Fachrichtung Holztechnik (Holztechniker) zu finden.[1]

Fachschulen bilden staatlich geprüfte Holztechniker aus, diese stehen zwischen dem Meistergrad und dem Ingenieur.

Berufsakademien, Fachhochschulen und Universitäten bieten den Einstieg in Ingenieur-, Lehramts- und Wissenschaftslaufbahnen an.[2]

Literatur

- André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8.

Weblinks

- Internetpräsenz der Zeitschrift *holztechnologie - Die Fachzeitschrift für Holztechnologie* [3]

Siehe auch

- Holzwirtschaft
- Industriedesign
- Ingenieurholzbau

Referenzen

[1] Berufsakademie Melle: *Studiengang Holztechnik* (http://www.ba-melle.de/studiengang-holztechnik.html), abgerufen am 23. Februar 2010

[2] www.studienwahl.de *Holzwirtschaft, Holztechnik, Holzbau, Ausbau* (http://www.studienwahl.de/index.aspx?e1=4&e2=1&e3=3&e4=4&e5=0&e6=0&tn=0#Anker_ID_b8d9c9e4d60b7f77d500016401cc4129), Informationssystem der Bundesländer und der Bundesagentur für Arbeit, abgerufen am 23. Februar 2010

[3] http://www.holztechnologie.de/

Holztrocknung

Als **Holztrocknung** bezeichnet man Verfahren zum Entzug von Feuchte aus Holz.

Ziel

Ziel kontrollierter Trocknungsverfahren ist die Erreichung der Verwendungsfeuchte des Holzes. Diese liegt meist zwischen 10 % und 15 % Holzfeuchte (bezogen auf das Gewicht des darrtrockenen Holzes). Zum Vergleich: Waldfrisches Holz enthält rund 40% Wasser. Nur durch eine kontrollierte Trocknung können Trocknungsschäden (Reißen, Verschalen, Verwerfen des Holzes) vermieden werden. Bei der Trocknung von Holz für die Verbrennung zur Energieerzeugung (Brennholztrocknung) steht ein schneller Wasserentzug im Vordergrund, um Verbrennungseigenschaften und Heizleistung des Brennstoffs zu verbessern.

Verfahren

Die Holztrocknung erfolgt während der Holzverarbeitung entweder durch Freilufttrocknung (vor allem bei Brennholz) oder durch technische Trocknung mittels thermischer Verfahren (Verdunstung, Verdampfung) in Trocknern. Weitere Verfahren zur schnellen Trocknung sehr permeabler und daher leicht zu trocknender Hölzer sind die Hochtemperaturtrocknung und die Hochfrequenztrocknung.

Konvektionstrocknung

Das häufigste Verfahren ist die Konvektionstrocknung, meist in Form der Frischluft-Abluft-Trocknung, bei der das Trocknungsgefälle durch Steuerung der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit der Trocknungsluft und der relativen Luftfeuchte in der Trocknungskammer geregelt wird. In der **Aufwärmphase** wird zunächst zur besseren Wärmeübertragung die relative Luftfeuchte auf einem hohen Niveau gehalten, teilweise durch Einsprühen von Wasser in die Trocknungskammer noch erhöht. In der **Trocknungsphase** wird dann je nach Holzart das Trockungsgefälle optimiert. Die **Konditionierungsphase** am Ende des Prozesses dient dem Feuchteausgleich

innerhalb des Holzes. Eine teilweise Rückgewinnung der aufgewandten Energie kann durch Nutzung der Kondensationswärme aus der Abluft geschehen.

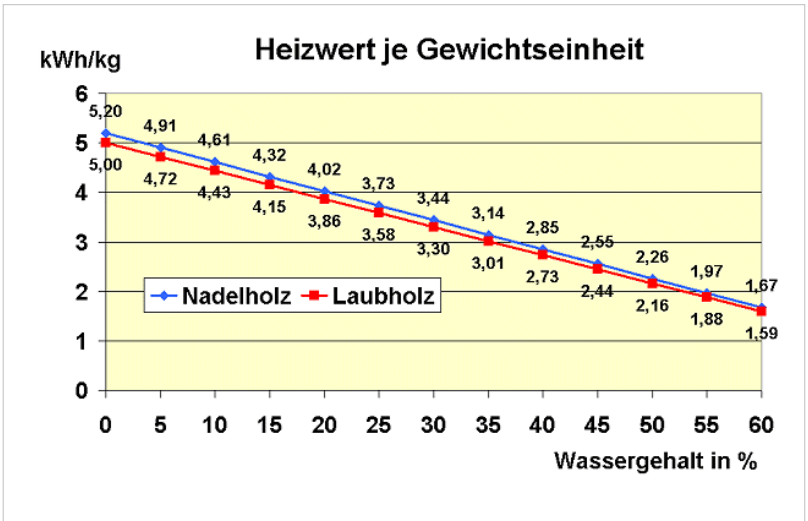
Freilufttrockung

Die Freilufttrocknung als die ursprünglichste Form der Konvektionstrocknung hat im Bereich der Schnittholztrocknung an Bedeutung verloren. Für die Brennholztrocknung ist sie nach wie vor das am Weitesten verbreitete Verfahren. Das zu trocknende Holz wird gegen Niederschläge geschützt bei möglichst ungehinderter Luftzirkulation im Freien gelagert. Die Trocknung erfolgt ohne Fremdenergieeinsatz durch die Verdunstung von Wasser aus dem Holz und durch Luftbewegung (Konvektion). Die Freilufttrocknung ist das einfachste und energiesparendste Trocknungsverfahren. Nachteilig kann die relativ lange Trocknungsdauer sein (bei Scheitholz vier bis zwölf Monate).[1]

Holzvakuumtrocknung

Die kurze Trockenzeit der Vakuumtrocknung und die damit verbundene rasche Verfügbarkeit von Hölzern haben der Vakuumtrocknung auch im Holzsektor einen festen Anwendungsbereich erschlossen. Grundprinzip dieses Verfahrens, das vor allem für Werthölzer und schwer zu trocknende Hölzer zum Einsatz kommt, ist die Druckabhängigkeit des Siedepunktes des Wassers. Wird der Druck in einer Vakuumanlage unter den Druck abgesenkt, bei dem das Wasser im Holz bei gegebener Holztemperatur zu sieden und zu verdampfen beginnt, so führt dies zu einem Gesamtdruckgefälle über den Brettquerschnitt und damit zu einer gleichmäßigen und rasch ablaufenden Dampfströmung im Holz in Richtung Oberfläche. Damit ist eine relativ schnelle Trocknung bei niedrigen Temperaturen möglich. Allerdings sind hierbei die spezifischen Eigenschaften des Holzes in Bezug auf seine Feuchteleitfähigkeit zu beachten und die Parameter Druck und Temperatur in geeigneter Weise zu steuern.

Brennholztrocknung



Bei der Brennholztrocknung steht der kostengünstige und energieeffiziente Feuchteentzug aus dem Brennmaterial im Vordergrund – der Heizwert von Brennholz steigt linear bei abnehmendem Feuchtegehalt. Trocknungsschäden spielen dagegen keine Rolle. Aus Kostengründen und um den Umweltvorteil des biogenen Brennstoffs Holz zu erhalten, muss der durch die Trocknung erzielte Energiegewinn bei der Brennholznutzung deutlich höher sein als der Energieaufwand für die Trocknung. Bei der Freilufttrocknung ist der Energieaufwand minimal. Bei der Konvektionstrocknung können der finanzielle Aufwand und die Energienutzung optimiert werden, indem anderweitig nicht nutzbare Abwärme zur Holztrocknung verwendet wird. Wird Abwärme aus der Erzeugung von Bioenergie (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung bei Biogasanlagen) zur Holztrocknung verwendet, so erhält der Betreiber der Bioenergieanlage eine zusätzliche Vergütung für den eingespeisten Strom (KWK-Bonus) – seit 2009 allerdings nur bei der gewerbliche Trocknung von Hackschnitzeln oder der Trocknung von Sägemehl für die Produktion von Brennstoffpellets.[2] Neben der Kammertrockung gibt es für Brennholz weitere Verfahren der Konvektionstrocknung (z.B. Trommeltrockner) sowie der Kontaktttrocknung (z.B. Schneckentrockner für Holzhackschnitzel).[1] [3]

Literatur

- Thomas Trübswetter (2006): Holztrocknung. Hanser Fachbuchverlag, 204 S. ISBN 3446404775
- Ulf Lohmann (1999): Holz Handbuch, DRW-Verlag. ISBN 3871813486
- Brunner, R. (1987): Die Schnittholztrocknung, 5. Auflage

Weblinks

- IBT-Krämer Institut für Brennholztechnik [4] (Informationen zur Brennholztrocknung)

Referenzen

[1] Georg Krämer, 2008: Einführung. In: Tagungsband Energieholz-Fachtagung: Qualitätssicherung als Wettbewerbsfaktor im Scheitholzmarkt. Holzfachschule Bad Wildungen. pdf (http://www.ibt-kraemer.de/mediapool/57/574217/data/Leseprobe_Tagungsband_Scheitholz_270608.doc)

[2] Top Agrar (2008): Neuer Wärmebonus erlaubt auch Holztrocknung. 2008-10-16 (http://www.michael-kraaz.com/mediapool/36/368172/data/TopAgrar_Neuer_Waermebonus_erlaubt_auch_Holztrocknung_2008-10-16.pdf) (pdf)

[3] Florian Gerlach, 2006: Nicht länger das Aschenputtel der Holzbranche. In: energie pflanzen VI/2006, S. 38-42.

[4] http://www.ibt-kraemer.de/

Holzverzuckerung

Die **Holzverzuckerung** oder **Holzhydrolyse** ist ein Verfahren, bei dem Traubenzucker (Glucose) aus Holz gewonnen wird. Dies geschieht durch einen hydrolytischen Aufschluss der Cellulose, die etwa 50% des Holzes ausmacht.

Hydrolyse

Für die Holzverzuckerung wird das zerfaserte Holz in sauren Lösungen gekocht. Bei dem Prozess lagern sich Wassermoleküle an die Cellulose und bilden Oligosaccharide, vor allem Di- oder Trisaccharide, unter anderem mit Glucoseanteil. Je nach Verfahren kommen unterschiedliche Säuren zum Einsatz, nämlich konzentrierte Salzsäure (HCl) beim Bergius-Rheinau-Verfahren und dem Udic-Rheinau-Verfahren oder verdünnte Mineralsäuren, beispielsweise Schwefelsäure(H_2SO_4) beim Scholler-Tornesch-Verfahren.

Produkte

Neben der Glucose entsteht eine Reihe weiterer Nebenprodukte aufgrund der im Holz neben der Cellulose vorhandenen Hemicellulose und des Lignins. Die Holzzuckerlösungen werden aufgrund dieses hohen Verunreinigungsgrades vor allem zur Vergärung zu Alkohol oder als Nährsubstrat für die Hefefermentation verwendet. Für die Verwendung in der Chemischen Industrie muss die Lösung aufwendig gereinigt und entsalzt werden. Die Ausbeute der Verzuckerung von einer Tonne trockenem Laubholz (atro) im Udic-Rheinau-Prozess liegt bei 220kg kristalliner Glucose, 70 kg kristalliner Xylose, 280 kg Lignin und 220 kg organischer Reststoffe[1] .

Biotechnologische Verfahren

Im Kontext der Diskussion um die Entwicklung der Bioraffinerie wird Holz als zentraler Rohstoff zur Gewinnung von Zucker und anderen Produkten diskutiert. In diesem Fall soll die Verzuckerung allerdings über spezielle Enzyme, die Cellulasen, auf biotechnologischem Weg stattfinden.

Literatur

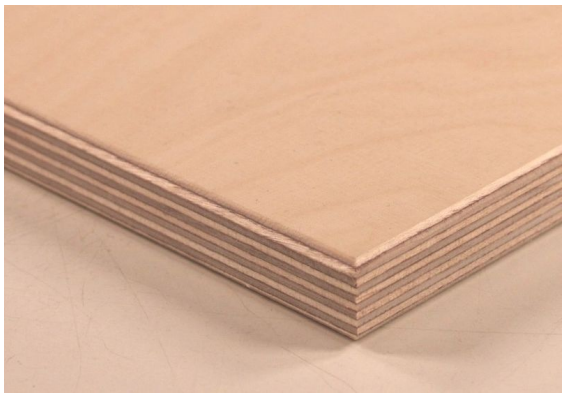
- Stichwort „Holzverzuckerung“ in: Herder-Lexikon der Biologie. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg 2003. ISBN 3-8274-0354-5

Referenzen

[1] Hans G. Hirschberg, 1999: Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau. Chemie, Technik und Betriebswirtschaft. Springer Verlag, S. 441-442. ISBN 3540606238 (Abschnitt auf Google Books (http://books.google.de/books?id=dZkTdPyZR64C&dq=Holzverzuckerung&q=Holzverzuckerung#v=snippet&q=Holzverzuckerung&f=false))

Holzwerkstoff

Holzwerkstoffe sind Werkstoffe, die durch Zerkleinern von Holz und anschließendes Zusammenfügen der Strukturelemente erzeugt werden. Größe und Form der Holzpartikel entscheiden schlussendlich über die Art des Holzwerkstoffes und seine Eigenschaften. Die Holzpartikel können ohne oder mit Bindemitteln oder mechanischen Verbindungen miteinander verbunden sein.



Sperrholz

Beschreibung

Holzwerkstoffe können aus verschiedenen Typen von zerkleinertem Holz bestehen, die sich im Wesentlichen durch ihre Größe unterscheiden. Zu den größten Strukturelementen gehören Schnitthölzer, vor allem Bretter, sowie Furniere unterschiedlicher Dicke. Kleine Elemente stellen Holzspäne unterschiedlicher Größe (Grob- bis Feinspäne), Hackschnitzel, Holzwolle, Holzfasern und Stäube dar. Neben Holz können auch andere lignocellulosischen Materialien wie Getreidestroh, Hanfschäben oder *Miscanthus* verwendet werden.



Sägespäne

Eigenschaften



OSB-Produktion, unmittelbar vor der Presse

Die Eigenschaften der Holzwerkstoffe ändern sich stark mit der Größe und Form der Holzpartikel. Im Vergleich zu Vollholz verändern sich bei der Zerkleinerung des Holzes eine Reihe von Eigenschaften. So nimmt die Homogenität des Materials bei zunehmendem Aufschluss zu, zugleich sinkt jedoch die Festigkeit der Produkte und auch der Energieeinsatz und die Umweltbeeinträchtigungen wachsen gegenüber dem Vollholzeinsatz. Die Dämmeigenschaften und die Oberflächengüte verbessern sich dagegen. Die Anforderungen an die Holzqualität sinken, je kleiner die Holzpartikel sind. So sind sie bei Brettschichtholz beispielsweise deutlich höher als für Spanplatten.

Herstellung

Üblicherweise werden platten- oder strangförmige Holzwerkstoffe durch Mischung der verschiedenartigen Holzpartikelformen mit natürlichen und synthetischen Bindemittel n (Klebstoffen) und ggf. einer Zugabe weiterer Additive, zum Beispiel Hydrophobierungsmittel, Holzschutzmittel oder Farbpartikel, im Zuge einer anschließenden Heißverpressung hergestellt. Die „neuen“ bzw. „innovativen Holzwerkstoffe“ werden meist mit modernen Verfahren der Kunststofftechnik wie Extrusion oderSpritzguss verarbeitet. Auch mechanische Verbindungen beispielsweise über Schrauben, Dübel oder Nut-Feder-Verbindungen sind möglich.

Arten von Holzwerkstoffen

Holzwerkstoffe lassen sich aufgrund der unterschiedlichen verwendeten Strukturelemente unterscheiden. Dabei unterscheidet man in Werkstoffe auf Vollholzbasis, Furnierwerkstoffe, Spanwerkstoffe, Faserwerkstoffe und Verbundwerkstoffe aus verschiedenen Strukturelementen.

Vollholzwerkstoffe und Furnierwerkstoffe



Fichten-Sperrholz

Als Vollholzwerkstoffe bzw. Werkstoffe auf Vollholzbasis werden alle Holzwerkstoffe zusammengefasst, die auf Massivholzelementen, vor allem Bretter oder Stäbchen, basieren. Demgegenüber bestehen Holzwerkstoffe auf Furnierholzbasis aus dünnen Schälfurnieren. Vollholz- und Furnierholzwerkstoffe unterscheiden sich entsprechend im Wesentlichen bezüglich der Dicke der eingesetzten Holzelemente, entsprechend können beide sowohl als Sperrholz aus jeweils um 90° gedreht aufeinander verklebten Lagen oder alsSchichtholz mit parallel liegenden Lagen gefertigt werden. Bei ersteren verlaufen die Fasern der sichtbaren Oberflächen auf beiden Seiten parallel. Die Anzahl der Lagen ist daher meist ungerade.

Zu den Holzwerkstoffen auf Vollholzbasis gehören:

- Brettsperrholz (auch als Massivholzplatten oder Leimholzplatten bezeichnet), bei dem dickere Brettlagen querverleimt werden. Brettsperrhölzer können ein- oder mehrschichtig sein und werden

vor allem als tragende Wand-, Dach- oder Deckenplatten verwendet. Massivholzplatten mit Dicken über 12 Zentimeter werden in der Regel als Hohlraumkonstruktionen gefertigt.



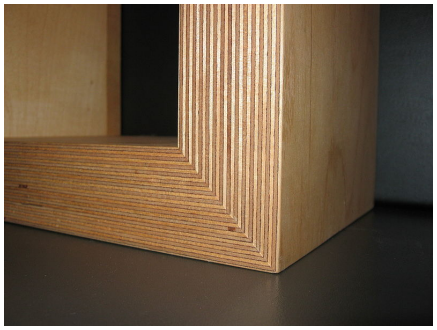
Fichten-Leimholz

- Brettschichtholz und andere Brettstapelkonstruktionen, bei denen der der Faserverlauf der Brettlagen überwiegend gleichgerichtet ist. Die Bretter können einfach verleimt oder auch mechanisch über Nägel, Dübel oder Nut-Feder- bzw. Schwalbenschwanzsysteme verbunden sein.
- Stabsperrholz, Lamelliertes Holz oder andere stabförmig verklebte Elemente aus Vollholz
- Vollholzelemente aus kreuzweise geschichteten Brettern, die über Dübel und Nägel verbunden sind und als große Bauelemente beispielsweise im Hausbau verwendet werden. Dabei können komplette Wände mit ausgeschnittenen Fenstern und Türen als Elemente vorliegen.

Bei den Vollholzwerkstoffen haben vor allem die Güte der eingesetzten Hölzer, die Art der Verbindung, der Schichtaufbau und die Schnittrichtung Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften des Werkstoffs. So kann bspw. die Tragfähigkeit eines Schichtholzes erhöht werden, wenn Brettschichten mit hoher Festigkeit in den Außenlagen eingesetzt werden. Die Schnittrichtung beeinflusst die Formbeständigkeit, da von ihr Spannungen innerhalb des Werkstoffs abhängig sind.

Die Einteilung von Furnierholzwerkstoffen erfolgt ebenso wie bei den Vollholzwerkstoffen primär nach dem Plattenaufbau, wobei im Falle des Furnierholzes durch die geringe Dicke der eingesetzten Elemente eine größere Variationsbreite möglich ist. Zu den Holzwerkstoffen auf Furnierholzbasis gehören:

- Furniersperrholz (FU) - besitzt eine hohe Formbeständigkeit durch querverleimte Furniere. Hierzu gehören auch die Multiplex-Platten mit bis zu 35 Furnierschichten.
- Furnierschichtholz
- Furnierstreifenholz
- Biegesperrholz - meist dreilagig, wobei die mittlere Schicht dünner ist als die äußeren. Wie schon der Name sagt, lässt sich diese Sperrholzsorte leicht biegen ohne zu brechen (i.d.R. bis auf den Durchmesser einer Weinflasche)



40mm dicke Birke-Multiplex-Platte mit 45°-Gehrung



Furniersperrholzplatte aus querverleimten Furnierhölzern, beschichtet mit Linoleum

Furnierholzwerkstoffe werden in der Regel unbeschichtet gefertigt, können jedoch auch mit verschiedenen Werkstoffen beschichtet sein. Dazu gehört insbesondere Melaminharz (Resopal), aber auch Linoleum und andere Materialien. Besondere Furniersperrhölzer sind zudem lackiert, metallbewehrt oder fungizid-geschützt. Eine Besonderheit stellt das Kunstharzpressholz (KP) dar, bei dem Furnierholz mit Kunstharz, vor allem Phenolharz imprägniert und unter hohen Temperaturen zu einem Holzwerkstoff mit sehr hoher Dichte und Festigkeit verpresst wird.

Holzspanwerkstoffe


Ein kleines Stück einer Flachpressplatte

Holzspanwerkstoffe werden aus Holzspänen, Kunstharzleim und Additiven unter Wärme und Druck hergestellt. Die Holzspäne werden mit Hackern und speziellen Zerspanermessern aus Voll- und Sägerestholz gewonnen. Man unterscheidet folgende Unterarten:

- Flachpressplatte (FPY), allgemein als Spanplatte bezeichnet
- Strangpressplatte
- Spanholzformteile
- Grobspanplatte (auch *OSB-Platte* genannt)
- Spanstreifenholz (LSL)

Holzspanwerkstoffe sind die bedeutendsten Holzwerkstoffe weltweit mit einem breiten Anwendungsspektrum. Dem entsprechend gibt es eine Vielzahl an Klassifizierungsmerkmalen (nach Herstellung, Oberfläche, Form, Größe, Aufbau oder Zweck) für die klassische Spanplatte und OSB-PLatte und die vielen Spezialanwendungen. Eine normgerechte Einteilung kann nach EN 309 vorgenommen werden.

Holzfaserwerkstoffe


MDF-Platte

Faserplatten werden aus Holz, Sägenebenprodukten oder Resthölzern, aber auch aus anderen holzfaserhaltigen Pflanzen wie zum Beispiel Flachs oder Raps hergestellt. Der strukturelle Zusammenhalt beruht im Wesentlichen auf der Verfilzung der Holzfasern und ihren holzeigenen Bindekräften, es können aber auch Klebstoffe als Bindemittel eingesetzt werden. Je nach Herstellungsverfahren (trockene oder nasse Vliesbildung) und Verdichtung der Holzfasern werden folgende Untergruppen unterschieden: Bei Holzfaserplatten, die im Nassverfahren hergestellt wurden:

- Die *Holzfaserdämmplatte* (HFD) (auch Poröse Faserplatte und „Soft Board“ (SB)) ist ein Plattenwerkstoff von geringer Dichte (230-350 kg/m³) dessen Einsatz zur Wärme- und Schallisolation im Bauwesen erfolgt. Poröse Faserplatten können auch mit Bitumen gebunden sein.
- Die *Mittelharte Faserplatte* (MB) ist ein Plattenwerkstoff mit einer Dichte von 350 bis 800 kg/m³.
- Die *Harte Faserplatte* (HB oder HFH) (auch „Hartfaserplatte“) mit einer Dichte über 800 kg/m³ findet Verwendung für Schalungen, Innenausbau, Türen, Möbel und Verpackungen.

Extraharte Faserplatten (HFE) haben eine noch deutlich höhere Dichte.

Bei Holzfaserplatten, die im Trockenverfahren hergestellt wurden:

- Die *Mitteldichte Faserplatte* (MDF) wird im Trockenverfahren hergestellt. Sie löst durch ihre Homogenität, höhere Festigkeit und durch die besseren Oberflächeneigenschaften zunehmend die Flachpressspanplatten (P2) ab.
- Die *Hochdichte Faserplatte* (HDF) besteht aus mit Leim getränkten und unter Druck und Hitze verpressten Holzfasern, die besonders hoch verdichtet wurden. Sie findet Verwendung als Trägermaterial für hohe Belastung bei geringer Materialstärke (z. B. Laminatfußböden).

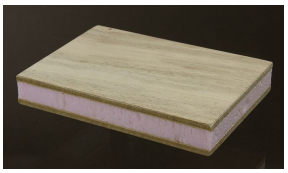
Faserplatten niedriger Dichte ohne Klebstoffzugabe werden vor allem als Dämmstoffe eingesetzt. Auch ultraleichte Faserplatten (ULDF) gibt es auf dem Markt. Eine normgerechte Einteilung kann nach EN 216 vorgenommen werden.

Verbundwerkstoffe

Verbundwerkstoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie aus verschiedenen Materialien bestehen. Dabei können sie sowohl aus unterschiedlichen Holzfragmenten wie auch aus Holzelementen und anderen Materialien wie Kunststoffen, Beton oder Papier bestehen. Auch die Art des Verbundes kann sich stark unterscheiden.

Beispiele für Holzverbundwerkstoffe sind

- Wood Plastic Composites oder *Holz-Polymer-Werkstoffe* sind thermoplastisch verarbeitbare Verbundwerkstoffe aus Holz, Kunststoffen und Additiven, die meist mit modernen Verfahren der Kunststofftechnik verarbeitet werden.
- Leichtbauplatten mit hochfesten Decklagen und einem leichteren Kern aus Holzwerkstoffen, Schaumstoffen, Balsaholz oder Waben (Papierwabenplatten)
- Kunstharzpressholz, auch als **Lignostone** bekannt, ist ein im Autoklaven verdichteter Werkstoff basierend auf Holz, erfunden 1915 von Fritz und Hermann Pfleumer. Er wird noch heute aus zusammen mit Kunstharz verpressten Buchenholzfurnieren erzeugt.



Sandwichplatte aus Furnier und Polystyrolkern



Verbundplatte aus OSB-Mittellage und MDF-Decklagen



Zementgebundene Spanplatte



Profilblock aus einem Wood-Plastic-Composite

Sonstige

- Arboform, auch als **Flüssigholz** bekannt, ist ein thermoplastisch verarbeitbarer Werkstoff aus Lignin und Cellulose, der mit den etablierten Kunststoffverarbeitungsformen wie Spritzguss, Extrusion, Pressen, Tiefziehen und Blasformen verarbeitet werden kann. Dieser innovative Holzwerkstoff hat bereits in vielen kleinen Produktserien Anwendung gefunden.

Bindemittel und Zusatzstoffe

Bindemittel spielen bei der Herstellung von Holzwerkstoffen eine zentrale Rolle, so beträgt der Bindemittelanteil bei Spanplatten 8-10%, bei innovativen Biowerkstoffen wie den Wood Plastic Composites sind es sogar mehr als 20%. Während bei den konventionellen Holzwerkstoffen vor allem Formaldehyd enthaltende Kunstharze als Bindemittel eingesetzt werden, sind es bei den Wood Plastic Composites i.d.R. gesundheitlich weniger bedenkliche Kunststoffe oder sogar Biokunststoffe. Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen sind zwar in der Entwicklung, spielen in der Holzwerkstoffindustrie praktisch jedoch noch keine Rolle [1] . Weitere Zusatzstoffe in Holzwerkstoffen können sein: Flammschutzmittel, Holzschutzmittel, Hydrophobierungsmittel, Härter, etc.

Verwendung von Holzwerkstoffen

Holzwerkstoffe werden vor allem in der Bau- und Möbelindustrie eingesetzt. Für Sperrholz gibt es eine breite Anwendungspalette als Baustoff, als Dämmstoffe werden insbesondere Holzfaserplatten eingesetzt. Die Möbelindustrie ist Hauptabnehmerin von Spanplatten – ungefähr 50% der in Deutschland hergestellten Spanplatten werden zu Möbeln (Schränke, Regale, Tische, Wohn- und Sitzmöbel, etc.) verarbeitet. International konkurrenzfähig und für den Export bestimmt sind vor allem hochwertige und innovative Möbel(systeme). Darüber hinaus finden Holzwerkstoffe im Fahrzeugbau und als Verpackungsmaterial Anwendung.



Stahlskelettbau verkleidet mit OSB-Platten

Wirtschaftliche Bedeutung

Zur Holzwerkstoffindustrie zählen die Holzfaser-, Spanplatten-, OSB-Platten- und Massivholzplattenhersteller sowie die Furnier- und Sperrholzerzeuger. 2008 hatte die Holzwerkstoffbranche 15.000 direkte Beschäftigte. Die 71 Betriebe erwirtschafteten einen Umsatz von rund 5,6 Milliarden Euro im Jahr. [2] Holzwerkstoffe sind in der Regel wesentlich preisgünstiger als Massivholz. Deutschland ist der größte Hersteller von Holzwerkstoffen in Europa. Circa 10% des Waldholzes werden in Deutschland für die Produktion von Holzwerkstoffen genutzt . [3] 2008 wurden 7,5 Mio. m3 Spanplatten, ca. 1 Mio. m3 OSB-Platten, 3,9 Mio. m3 MDF-Platten und 175.000 m3 Sperrholz produziert. Nachdem die traditionellen Holzwerkstoffe in Europa und Deutschland jahrelang z.T. hohe Zuwachsraten aufwiesen, brach die Produktion 2008 mit Ausnahme von Wood Plastic Composites (WPC) im Vergleich zum Vorjahr ein: von -2% beim Sperrholz bis -9,3% bei den MDF-Platten. Die Spanplatten- und OSB-Plattenproduktion nahm im Schnitt um 6-7% ab. [4] Auch in Europa sank die Holzwerkstoffproduktion um durchschnittlich 8-9% auf ca. 56 Mio. m3. Nur die Wood Plastic Composites verzeichneten einen Produktionszuwachs um 78% in Deutschland. [5]

Umweltwirkungen

Bedenken bezüglich des Einsatzes von Holzwerkstoffen gibt es im Hinblick auf Emissionen von Schadstoffen. Hier werden besonders Formaldehyd aus den Bindemitteln angeführt, aber auch flüchtige organische Verbindungen (VOC), welche aus dem Holz an sich stammen (beispielsweise Terpene). Formaldehydemissionen aus den Bindemitteln werden von manchen Herstellern durch den Einsatz formaldehydfreier Kleber (z.B. Polyurethan-Kleber) vermieden. Darüber hinaus müssen die zahlreichen Zusatzstoffe wie Flammschutzmittel, Holzschutzmittel, Hydrophobierungsmittel oder Härter auf ihre Umweltwirkung überprüft werden. Neben der Herkunft des Holzes für Holzwerkstoffe (Zertifizierung) sind es in erster Linie die Bindemittel und Zusatzstoffe, die über die Nachhaltigkeit von Holzwerkstoffen entscheiden.

Literatur

- Peter Niemz, André Wagenführ: *Werkstoffe aus Holz.* In: André Wagenführ, Frieder Scholz: *Taschenbuch der Holztechnik.* Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig 2008; S.127-259. ISBN 978-3-446-22852-8.
- Manfred Dunky, Peter Niemz: *Holzwerkstoffe und Leime.* Springer Verlag, Heidelberg 2002. ISBN 3-540-42980-8.
- nova-Institut GmbH [Hrsg.): *BIB 2010 - Branchenführer Innovative Biowerkstoffe 2010*, ISBN 978-3-9812027-2-4 ([6] online).

Weblinks

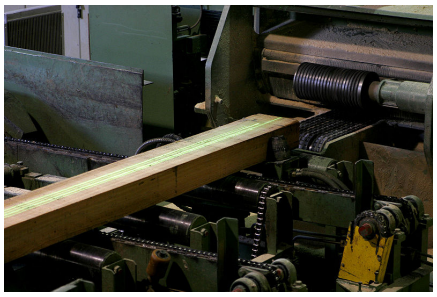
- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V (deutsch) [4]
- European Panel Federation (englisch) [5]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [5]
- Beschreibung von Kunstharzpressholz Lignostone [7]

Referenzen

[1] http://www.vhi.de/Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI): Bindemittel in Holzwerkstoffen
[2] http://www.bshd.eu/sites/branche.php Bundesverband Säge- und Holzindustrie Deutschland
[3] Mantau/Sörgel 2007: Holzverbrauchsentwicklung
[4] Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Branchendaten 2008
[5] Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Holz-Zentralblatt 13. Mai 2009 und 14. Mai 2009
[6] http://www.biowerkstoff.info
[7] http://www.roechling.com/de/hochleistungs-kunststoffe/duroplastische-kunststoffe/kunstharzpressholz/werkstoffe.html

Holzwirtschaft

Die **Holzwirtschaft** ist die Branche, die sich mit der wirtschaftlichen Verwertung des Rohstoffes Holz befasst. Sie umfasst den *Holzhandel*, die *Holzindustrie* und das *Holzhandwerk*. Die Holzwirtschaft erhält ihren Rohstoff aus der Forstwirtschaft und zu einem kleineren Teil aus dem Recycling. Er wird zu Zwischen- und Endprodukten (Halb- und Fertigwaren) wie Bauholz, Holzwerkstoffen, Möbeln, Papier, chemischen Produkten, Brennholz und anderem verarbeitet.[1]



Lasergesteuerter Holzzuschnitt in einem Sägewerk

Teilweise wird die Zellstoffproduktion und Papierherstellung, trotz der Verwendung von Holz, nicht zur Holzwirtschaft gezählt. Häufig werden dennoch Papierprodukte in den Handelsstatistiken gemeinsam mit Holzprodukten aufgeführt.

Der größte Teil der Holzwirtschaft in Deutschland ist mittelständisch und vor allem handwerklich aufgestellt. Nur ein geringer Prozentsatz der Betriebe hat eine industrielle Struktur. Großbetriebe existieren fast ausschließlich im Bereich Holzwerkstoffe.



Auch Holzpellets und andere energetisch nutzbare Holzprodukte werden von der Holzwirtschaft erzeugt

Definition

Holzwirtschaft



Herstellung von OSB-Platten

Deutschland

Zur Holzwirtschaft gehören folgende Branchen:[1]

- Holzhandel
- Sägeindustrie
- Holzwerkstoffindustrie: Funiere, Sperrholz, Holzfaser- und Spanplatten
- Zellstoff- und Papierindustrie: Holzschliff, Zellstoff, Papier
- Funierindustrie
- Möbelbau

Darüber hinaus werden der Holzhausbau, die Verpackungsindustrie, das Druckgewerbe, die Brennholzherstellung und andere Bereiche der Holzwirschaft zugeordnet.

Österreich

In Österreich wurden aufgrund ihrer politischen Vertretungsstruktur (Verbände) folgende Branchen zur Holzwirtschaft gezählt:

- Sägeindustrie
- Holzverarbeitende Industrie (HVI)
- Zellstoff-, Holzschliff- und Papierindustrie
- Holzhandel
- Holzverarbeitendes Gewerbe



Quelle: Deutsche Fotothek

Papiermaschine: Trocknungs- und Aufrollungsphase

EU

Nach Beschluss des Europäischen Parlaments, auf Grundlage der Mitteilung der Europäischen Kommission, weicht die offizielle statistische EU-Berichterstattung bzw. die EU-Definition der Holzwirtschaft von der österreichischen deutlich ab. Zum einen ist die Möbelindustrie nicht in der Holzwirtschaft enthalten, da die meisten statistischen Ämter keine Erfassung der Möbel auf Holzbasis zulassen (für Österreich wird sich die Datenlage lt. Statistik Austria diesbezüglich bald ändern). Zum anderen wird zur Holzwirtschaft des Verlags- und Druckereiwesen sowie Vervielfältigung dazugezählt. In der statistischen Erfassung der Holzwirtschaft lt. EU-Definition bzw. lt. Leistungs- und Strukturerhebung der Statistik Austria gibt es keine Unterscheidung nach Industrie und Gewerbe; die Beschäftigungszahl wird allerdings in jeder Sparte miterhoben.

Bedeutung

Holzbilanz

Die Gesamtholzbilanz lag 2004 in Deutschland bei 220 Mio m³, wovon etwas weniger als die Hälfte auf Holzeinfuhren fiel. Seit 2002 ist Deutschland Nettoexporteur von Holz und Produkten auf der Basis Holz (einschließlichlich Papier). Der größte Teil des Holzaußenhandels entfällt auf Halb- und Fertigwaren und nur ein geringer Teil auf Roh- und Restholz. Wichtige Exportländer sind derzeit (2008) Frankreich, die Niederlande und Österreich. Bedeutendstes Importland war in dem Jahr Polen.[2] Nur etwa 4% des Importaufkommens entfallen auf Hölzer aus tropischen Ländern.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die wichtigsten Kennzahlen der deutschen Holz- und Möbelindustrie im Jahr 2008 (Betriebe mit mehr als 50 Beschäftigten):[2]

- 31,2 Mrd. € Gesamtumsatz
- davon 7,8 Mrd. € im Exportgeschäft
- 151.683 Beschäftigte

Dabei machten die einzelnen Bereiche diese Anteile an Umsatz bzw. Beschäftigten aus:

- Möbelbau: 51 % bzw. 55 %
- baunaher Bereich : 15 % bzw. 18 %
- Holzwerkstoffindustrie: 16 % bzw. 10 %
- Übrige Branchen (Säge-, Hobel-, Imprägnierwerke, weitere): 18 % bzw. 18 %

Energetische Nutzung

Durch die steigenden Energiepreise und die zunehmenden Klimaschutzbemühungen ist die Nachfrage nach dem nachwachsenden Rohstoff Holz als Brennstoff gestiegen. Dadurch entstehen neue Entwicklungschancen für den Holzhandel. Sowohl Abfallprodukte der Holzindustrie wie auch Waldholz werden vor allem in Form von Scheitholz, aber zunehmend auch als Hackschnitzel oder Holzpellets verstärkt nachgefragt.

Mit sogenannten Kurzumtriebsplantagen (KUP) wird zudem versucht, auf landwirtschaftlichen Flächen effizient Holz für die energetische Nutzung zu erzeugen.

Ökologische Aspekte

Die gesteigerte Nachfrage nach Holz führt nach Einschätzung von Umweltverbänden zu einer weiter verstärkten Vernichtung von Urwäldern. Wie die Umweltstiftung World Wide Fund For Nature (WWF) Deutschland Anfang 2009 per Umfrage bei 68 der größten holzverarbeitenden Unternehmen in Deutschland, Österreich und der Schweiz ermittelte, kennen zwei Drittel der Unternehmen nicht den genauen Herkunftsort des Holzes. Dies wäre jedoch die Voraussetzung für einen wirksamen Urwaldschutz. Der WWF fordert daher zur Eindämmung des Raubbaus die Einführung eines gesetzlich festgeschriebenen Nachweis- und Kontrollsystems. [3] Der Holzhandel erkennt aufgrund der teilweisen Übernutzung von Wäldern die Notwendigkeit der Zertifizierung an, verweist allerdings auch darauf, dass nach Erhebungen der FAO nur 5% des Holzeinschlags in tropischen Wäldern durch die Holznutzung verursacht werde.

Literatur

- http://www.boku.ac.at/mi/lehre/Schwarzbauer/Holzmarktlehre/skriptum3_2007.pdf

Weblinks

- Informationen des Landes Nordrhein-Westfalen zur Holzwirtschaft des Bundeslandes [4]
- Studiengang der Holzwirtschaft an der Universität Hamburg [5]
- Internetpäsenz des Verbands der deutschen Säge- und Holzindustrie (VDS) [6]
- Internetpräsenz des Gesamtverbands Deutscher Holzhandel e.V. (GD Holz) [5], mit umfassenden Informationen zum Holzhandel, Holzeigenschaften, Holzverwendung, etc.

Referenzen

[1] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen *Forst- und Holzwirtschaft* (http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/forstwirtschaft/index.php), Definition und statistische Informationen, abgerufen am 18. Februar 2010

[2] Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi): *Holz- und Möbelindustrie* (http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/branchenfokus,did=197720.html?view=renderPrint), statistische Daten und weitere Informationen, abgerufen am 18. Februar 2010

[3] WWF Magazin 3/2009, Seite 7

[4] http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/forstwirtschaft/index.php

[5] http://www.holzwirtschaft.org

[6] http://www.saegeindustrie.de/Saegeindustrie.html

Holzwolle

Holzwolle ist ein durch maschinelle Entstaubung staubarmes Holzprodukt aus feinen Holzfasern. Sie ist elastisch und antistatisch.



Holzwolle

Herstellung

Holzwolle wird grundsätzlich durch Hobeln (längs und parallel zur Rollenachse) von Rundholzabschnitten hergestellt. Dabei wird in erster Linie Fichtenholz verwendet, gelegentlich auch Kiefer oder Pappel. Die Stärke und Breite der einzelnen Fadenspäne variiert. Die Länge der Späne beträgt ca. 500 mm.

Verwendung

Holzwolle wird bis heute hauptsächlich als Verpackungspolster verwendet. Holzwolle wird als Anzündhilfe, zur Euterreinigung bei Kühen und Ziegen, als Unterlage für Hundekäfige oder Gehege z.B. für Huskies, Nerze oder auch andere Tiere und als Unterlage in der Erdbeerernte verwendet.

Wenn Holzwolle mit einem Verbundstoff wie Magnesit (Magnesiumcarbonat) gebunden und konserviert wird, spricht man von Holzwolleplatten. Diese werden als Dämmstoff zur Wärme- und Schalldämmung in Wand und Decke verwendet. Sie sind ökologisch empfehlenswert, da sie keine künstlichen Bindemittel oder Schadstoffe enthalten.

Weblink

- Wissenswertes über Holzwolle [1]

Referenzen

[1] http://www.251grad.de/17.html

Holzwolle-Leichtbauplatte

Holzwolle-Leichtbauplatte	
Herkunft	
Rohstoffe	Holz; Zement / Magnesit
Primärenergieverbrauch (Herstellung)	35 kWh/m^3
Materialeigenschaften	
Wärmeleitzahl λ	0,093
Rohdichte ρ	360 kg/m^3
Dampfdiffusionswiderstand μ	2-5
Brandschutzklasse	B1
Einsatz	
Einsatzbereiche	Wand, Decke in Verb. mit Putzträger; Akustikplatte
Materialkosten	75-95 €/m^2 für U-Wert=0,2 W/m^2K

Holzwolle-Leichtbauplatten (auch HWL-Platten genannt) bestehen aus langfaseriger Holzwolle und Bindemitteln auf mineralischer Grundlage. Zum Einsatz kommen HWL-Platten als verputzbare Dämmplatten im Innen- und Außenbereich, sie sind nicht zu verwechseln mit den wesentlich stärker Wärme dämmenden Holzfaserdämmplatten.

Geschichte

HWL-Platten sind bereits seit 1938 genormt und gehören damit zu den ältesten technisch hergestellten Dämmstoffen aus Nachwachsenden Rohstoffen.[1]

Materialien und Herstellung

Für HWL-Platten und auch für Holzwollschichten in Verbundplatten werden Nadelhölzer, vor allem Fichte und Kiefer, sowie Zement oder kaustisch gebrannter Magnesit als Bindemittel verwendet. Mit Magnesit gebundene Platten erkennt man an der beigen Farbe, Produkte mit Zement als Bindemittel haben dagegen einen grauen Farbton.

Nach einer Trocknung der Hölzer werden diese in Holzwollemaschinen langfaserig gehobelt. Danach werden die Fasern in einem Mischer mit kaustisch gebranntem Magnesit oder Zement vermischt. Anschließend wird diese Rohmasse in eine Einlegeformstrang geleitet, um dann je nach Plattenformat und -dicke geformt zu werden.

Nach der Vorpressung wird das Material durch eine Säge zwischen den einzelnen Formen getrennt. Die gefüllten Formen werden daraufhin gestapelt, noch einmal stapelweise gepresst und belastet, so dass Form auf Form bündig liegen. Nach der Trocknungszeit werden die Plattenstapel ausgeschalt, nochmals getrocknet und auf das benötigte Maß zugeschnitten.

Die Herstellung erfolgt gemäß DIN EN 13168.

Eigenschaften und Anwendungen

Holzwolle-Leichtbauplatten sind formstabil und sehr fest. Ihre Fähigkeit zur Wärmedämmung ist gering (0,093 W/mK gegenüber ca. 0,4 W/mK bei Standard-Dämmstoffen), die Wärmekapazität und damit der sommerliche Wärmeschutz dagegen hoch. Weitere Stärken der Holzwolle-Leichtbauplatte sind eine gute Schalldämmung (verputzt) bzw. Schallabsorption (unverputzt) und Feuchte-Regulierungsfähigkeit. Sie gelten als schwer entflammbar (Brandschutzklasse B1). Verwendet werden HW-Platten vor allem als Putzträger bei Decken- der Dachuntersicht sowie als Akustikplatten zur Schalldämmung. Im Mauerwerks- und Betonbau werden sie zur Dämmung gut wärmeleitender Bauteile, als Putzträger und Akustikplatte genutzt, im Holzbau als Putzträger oder zur Beplankung im Innen- oder Außenbereich. [2] ,[3]

Mehrschicht-Leichtbauplatte

Die Mehrschicht-Leichtbauplatte (ML-Platte) ist eine Kombination der Holzwolle-Leichtbauplatte mit Hartschaum (HS-ML-Platten) oder Mineralfaser (Min-ML-Platte) als Dämmstoff. Entsprechend der höheren Dämmwirkung der mineralischen bzw. synthetischen Dämmstoffe werden so bis zu doppelt so hohe Dämmwerte erreicht wie bei der reinen Holzwolle-Leichtbauplatte.

Die Platten werden dreilagig oder zweilagig angeboten. Bei dreilagigem Aufbau wird die zusätzliche Dämmschicht zwischen den zwei Deckschichten aus mineralisch gebundener Holzwolle eingebettet. Dabei besteht die Hartschaumschicht aus Polystyrol-Partikelschaum, bei Einsatz einer Mineralfaserschicht sind die Fasern senkrecht zur Plattenfläche angeordnet. Die Stärke der Holzwolleschichten beträgt mindestens 5 mm.

Bei der Herstellung der ML-Platte wird bei der Formgebung ein Holzwolle-Bindemittel-Vlies in den Formstrang gestreut. Danach wird zwischen zwei Rohgutschächten über eine Mehrschichtenanlage die vorgefertigte Polystryrol-Partikelschaum- oder Mineralfaserplatte zugeführt. Für die ML-Dreischichtplatte wird anschließend über den zweiten Rohgutschacht das obere Holzwolle-Bindemittel-Vlies aufgebracht.

Im Gegensatz zu reinen Holzwolle-Leichtbauplatten ist die Entsorgung der ML-Platten aufwändiger, da letztere kaum deponiert werden können[4] .

Weblinks

- Holzwolle-Bauplatte (Erklärung) [5]
- Bundesverband der Leichtbauplattenindustrie [6]

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2008: Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen. 2. Auflage, S. 24.
[2] Ingo Gabriel und Heinz Ladener (Hrsg.), 2008: Vom Altbau zum Niedrigenergie- und Passivhaus. Ökobuch-Verlag. S. 74-75, ISBN 9783936896329
[3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2008: Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen. 2. Auflage, S. 24-27.
[4] http://www.waermedaemmstoffe.com/htm/leichtbauplatten.htm, abgerufen am 5.8.2009
[5] http://www.baumarkt.de/lexikon/Holzwolle-Platte.htm
[6] http://www.leichtbauplatten.de/

Hydraulikflüssigkeit

Eine **Hydraulikflüssigkeit** ist ein Fluid, das zur Übertragung von Energie (Volumenstrom, Druck) in Hydrauliksystemen in der Fluidtechnik benötigt wird. Der Gesamtmarkt der Hydrauliköle stellt nach den Motorenölen den zweitgrößten Bereich der Schmiermittel dar. In Deutschland werden jährlich etwa 150.000 t verbraucht, davon etwa 60.000 t bei mobilen Anwendungen.



Zweiwegebagger mit umfassender Hydraulikanlage

Eigenschaften

Hydraulikflüssigkeiten müssen gute Schmiereigenschaften, eine hohe Alterungsbeständigkeit und ein hohes Benetzungs- und Haftvermögen aufweisen. Außerdem benötigen sie einen hohern Flammpunkt und einen niedrigen Pourpoint. Zum Einsatz in hydraulischen Systemen ist eine Verträglichkeit mit Dichtungen sowie eine Harz- und Säurefreiheit wichtig. Weitere Eigenschaften sind ein geringer Temperatureinfluss auf die Viskosität (sowohl dynamische als auch kinematische Viskosität), eine geringe Kompressibilität und eine Scherstabilität sowie eine geringe Schaumbildung.

Zu den Aufgaben der Hydraulikflüssigkeiten gehört vor allem die möglichst verlustfreie Übertragung der hydraulischen Leistung von der Pumpe zum Motor bzw. Zylinder. Neben dieser Hauptaufgabe erfüllt die Hydraulikflüssigkeit die Schmierung und den Korrosionsschutz für die beweglichen Teile (Kolben-, Schiebegleitflächen, Lager, Schaltelemente) und die Metalloberflächen des hydraulischen Systems. Außerdem führt sie Verunreinigungen (beispielsweise durch Abrieb), Wasser und Luft sowie Verlustwärme ab.

Typen

Je nach Verwendungszweck und geforderter Eigenschaft bestehen Hydraulikflüssigkeiten aus unterschiedlichen Typen von Flüssigkeiten auf unterschiedlicher Materialbasis.

Hydrauliköle auf Mineralölbasis

Die am häufigsten eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten werden auf Mineralölbasis mit entsprechenden Additiven hergestellt. Sie werden auch als Hydrauliköl bezeichnet. Die Anforderungen an diese Hydrauliköle sind in der ISO 6743/4 mit den Bezeichnungen HL, HM, HV festgelegt. In Deutschland sind die Bezeichnungen H, HL, HLP, HVLP nach DIN 51 524 üblich.

H: ohne Wirkstoffzusätze, entsprechen den Schmierölen nach DIN 51 517. Diese Hydrauliköle finden heute kaum noch Verwendung.

HL: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit (auch ***HL*** nach DIN 51 524, Teil 1). Sie weden bei Drücken bis 200 bar eingesetzt und genügen den üblichen thermischen Belastungen.

HM: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes, der Alterungsbeständigkeit sowie zur Verminderung des Fressverschleißes im Mischreibungsgebiet (auch ***HLP*** nach DIN 51 524, Teil 2)

HV: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes, der Alterungsbeständigkeit, zur Verminderung des Fressverschleißes im Mischreibungsgebiet sowie zur Verbesserung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens (auch ***HVLP*** DIN 51 524, Teil 3)

HLPD: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes, der Alterungsbeständigkeit und detergierenden Zusätzen (deutsche Bezeichnung, nicht genormt)

Neben diesen genormten Hydrauliköl können auch Motoren- und Getriebeöle für mobilde Hydraulikanwendungen genutzt werden. Vor allem die ATF-Öle (*Automatic Transmission Fluid*) werden in hydrodynamischen Wandlern eingesetzt.

Schwer entflammbare Flüssigkeiten

Eine zweite Gruppe stellen die schwer entflammbaren Flüssigkeiten dar, die vor allem dort eingesetzt werden, wo Mineralöle aufgrund hoher Brandrisiken nicht nutzbar sind. Insbesondere für den Einsatz im Steinkohlebergbau ist der Einsatz von schwer entflammbaren Flüssigkeiten vorgeschrieben. Sonstige Hauptanwendungen sind Anlagen, bei denen die Hydraulikflüssigkeit bei Leckagen mit glühendem oder heissem Metall oder offenem Feuer in Berührung kommen kann (Druckgiessereien, Schmiedepressen, Kraftwerksturbinen, Hütten- und Walzwerke).

Die schwer entflammbaren Flüssigkeiten werden in folgende Gruppen eingeteilt:

HFA: Öl-in-Wasser-Emulsionen mit einem Wassergehalt von mehr als 80 % und Konzentrat auf Mineralölbasis oder auf Basis von löslichen Polyglykolen. Bei Konzentrat auf Mineralölbasis besteht Gefahr der Entmischung und des Mikrobenwachstums. Die Flüssigkeit ist schwer entflammbar und einsetzbar für Temperaturen zwischen +5 °C bis +55 °C, aufgrund der sehr niedrigen Viskosität entstehen hohe Leckverluste.

HFB: Wasser-in-Öl-Emulsionen mit einem Wassergehalt von mehr als 40 % und Mineralöl. Die Flüssigkeit ist schwer entflammbar und einsetzbar für Temperaturen zwischen +5 °C bis +60 °C. In Deutschland ist sie aufgrund mangelhafter brandtechnische Eigenschaften nicht zugelassen und wird selten verwendet.

HFC: Wasserglykole mit einem Wassergehalt über 35 % und Polyglykol-Lösung. Die Flüssigkeit ist schwer entflammbar und einsetzbar für Temperaturen zwischen -20 °C bis +60 °C sowie Drücken von bis zu 250 bar. Handelt sich um die häufigste Hydraulikflüssigkeit unter den schwer entflammbaren Flüssigkeiten.

HFD: Wasserfreie Synthetische Flüssigkeiten mit einer höheren Dichte als Mineralöl oder Wasser (nicht HFD-U), können Probleme beim Ansaugverhalten von Pumpen verursachen und greifen viele Dichtungswerkstoffe an. Die Flüssigkeit ist schwer entflammbar und einsetzbar für Temperaturen zwischen -20 °C bis +150 °C. Dabei handelt es sich je nach Hauptbestandteil um folgende Typen:

- **HFD-R:** Phosphorsäureester
- **HFD-S:** wasserfreie chlorierte Kohlenwasserstoffe
- **HFD-T:** Mischung aus HFD-R und HFD-S
- **HFD-U:** wasserfreie andere Zusammensetzung (bestehend aus Fettsäureestern)

Umweltfreundliche Hydraulikflüssigkeiten

Für den Einsatz in biologisch kritischer Umgebung (Baumaschinen in Wasserschutzgebieten, Forstmaschinen im Wald, Pistengeräte im Gebirge etc.) wurden Hydraulikflüssigkeiten entwickelt, die biologisch abbaubar sind. Diese Fluide können aus Mineralöl produziert werden, oft werden sie aber auf Basis nachwachsender Rohstoffe, wie z. B. pflanzlicher Öle hergestellt. Biologisch abbaubare Fluide aus nachwachsenden Rohstoffen werden auch als Biohydraulikflüssigkeiten bezeichnet. Umweltfreundliche Hydraulikflüssigkeiten sind Schadstoffe der Schadstoffklasse I, die Kennzeichnung ist HE (**H**ydraulic **E**nvironmental).

Bei den umweltfreundlichen Hydraulikflüssigkeiten werden folgende Typen unterschieden:

- **HETG** (Basis **T**ri**g**lyceride= pflanzliche Öle): Diese Fluide sind biologisch sehr gut abbaubar und i.d.R. nicht wassergefährdend. Gegenüber Mineralölen besitzen sie eine geringere Alterungsbeständigkeit und können nur

eingeschränkt unter Temperaturbelastung eingesetzt werden.

- **HEPG** (Basis **P**oly**g**lycole): Polyglycole werden aus Mineralöl hergestellt, sie sind biologisch sehr gut abbaubar und nicht wassergefährdend. Ihre Eigenschaften sind mit denen von Mineralölen vergleichbar, sie sind wasserlöslich und nicht mit Mineralölen oder Pflanzenölen mischbar.
- **HEES** (Basis synthetische **Ester**): Synthetische Ester können sowohl auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen als auch auf Basis von Mineraöl produziert werden. Sie biologisch sehr gut abbaubar und nicht wassergefährdend oder erfüllen die Wassergefährdungsklasse 1. Sie besitzen eine hohe Alterungsbeständigkeit und sind gegenüber extremen Arbeitstemperaturen unempfindlich.
- **HEPR** (andere Basisflüssigkeiten, in erster Linie Poly-alpha-olefine).

Der Anteil der Biohydraulikölen konnte in Deutschland in den letzten Jahren massiv gesteigert werden; er betrug im Jahr 2000 nur etwa 3 % und stieg bis 2005[1] auf fast 20 % des Gesamtmarktes.[2] Einer der zentralen Gründe hierfür stellt das Markteinführungsprogramm Bioschmierstosffe des BMELV dar, bei dem die Umstellung auf Bioschmierstoffe in den Jahren 2000 bis 2008 gezielt gefördert wurde.

Wasser

Wasser ist als Hydraulikflüssigkeit in jeder Hinsicht unbedenklich. Reines Wasser wird aber in der Leistungshydraulik nicht verwendet, stattdessen wird es mit Öl zu einer Emulsion gemischt, ähnlich dem Kühlschmiermittel bei spanabhebenden Maschinen. Die erste technische Nutzung der Hydraulik erfolgte mit Wasser als Fluid. Wasser hat eine praktisch konstante niedrige Viskosität. Der Kompressionsfaktor liegt bei ca. 60 % des Wertes des Hydrauliköls.

Einteilung:

- Leitungswasser (gefiltert)
- Technisches Wasser (Wasser-Öl-Emulsion)
- See- bzw. Salzwasser (gefiltert, wegen der Aggressivität nicht geeignet)

Literatur

- Robert Bosch GmbH: *Taschenbuch für Handwerk und Industrie*.' 6. Auflage, Herausgegeben von der Robert Bosch GmbH, 2005; S. 525-527. ISBN 978-3-87125-501-4

Referenzen

[1] Volker Lenz, Michael Weber: *Schmier- und Verfahrensstoffe*. In: Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow 2006; Seiten 239–261 (PDF-Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_254marktstudie_2006.pdf))

[2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.): *Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen.* Gülzow 2006; Seite 57 (PDF-Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_303fg_dafa_071107.pdf))

Hydriertes Pflanzenöl

Hydriertes Pflanzenöl	
Kurzbeschreibung	Pflanzenölbasierte Kraftstoffkomponente oder Kraftstoff
Eigenschaften	
Aggregatzustand	flüssig
Dichte	775-785 kg/m^3
Cetanzahl	99
Soweit möglich und gebräuchlich, werden SI-Einheiten verwendet. Wenn nicht anders vermerkt, gelten die angegebenen Daten bei Standardbedingungen.	

Als **Hydrierte Pflanzenöle** (HVO, *Hydrogenated* oder *Hydrotreated Vegetable Oils*) werden Pflanzenöle bezeichnet, die durch eine katalytische Reaktion mit Wasserstoff (Hydrierung) in Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden. Durch diesen Prozess werden die Pflanzenöle in ihren Eigenschaften an fossile Kraftstoffe (insbesondere Dieselkraftstoff) angepasst, damit sie diese als Beimischung ergänzen oder auch vollständig ersetzen können.

Herstellung

Hydrierte Pflanzenöle können sowohl in bestehenden Raffinerien gemeinsam mit anderen Fetten und Mineralölkomponenten sowie in eigenen Pflanzenölanlagen hergestellt werden.

Hydrierung in Mineralölraffinerien

Bei der Hydrierung in Mineralölraffinerien werden dem bei der Aufarbeitung des mineralischen Rohöls entstehenden Vakuumgasöl Pflanzenöle wie bsp. Rapsöl in Anteilen bis zu 30 Prozent beigemischt.

Im anschließenden Hydrotreating werden dann diese Pflanzenöle gemeinsam mit der Mineralölfraktion chemisch modifiziert, indem die so genannten Heteroatome wie Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff unter Einbindung von Wasserstoff entfernt werden. Neben den aus den Pflanzenölen produzierten Kohlenwasserstoffen entstehen entsprechend als Nebenprodukte Schwefelwasserstoff (H_2S), Wasser (H_2O) und Ammoniak (NH_4). Die Kohlenwasserstoffe werden in einem anschließenden Schritt (Hydrocracking) erneut unter Wasserstoffeinbindung in kleinere Ketten gespalten (Cracken), wobei Methan (CH_4), Propan (C_3H_8) und Wasser als Nebenprodukte entstehen.

In einem moderneren Verfahren wird auf das Hydrocracking verzichtet und die Triglyceride werden nach der Zugabe des Pflanzenöls in einem als Mitteldestillatentschwefelung bezeichneten Verfahren gespalten. Auf diese Weise ist es möglich, Kraftstoffe mit einem Rapsölanteil von 10 bis 30 Prozent herzustellen, wobei das Pflanzenöl in Form von Paraffinen (Mischungen aus gesättigten Kohlenwasserstoffketten) vorhanden sind. Die Biologische Abbaubarkeit der Pflanzenöle geht in dem Prozess verloren, zudem steigt der Bedarf an Wasserstoff für die Hydrierungsprozesse im Vergleich einer reinen Mineralölraffination.

Pflanzenölanlagen

Hydriertes Pflanzenöl kann neben der Verarbeitung in der Mineralölraffinerie auch in speziell für Pflanzenöle konstruierten Anlagen erfolgen. Die am weitesten fortgeschrittene Technologie ist das Verfahren zur Herstellung des auf Palmöl basierenden Kraftstoffs NEXBtL des finnischen Unternehmen Neste Oil.

Für das Verfahren werden die Pflanzenöle und andere Fette vorbehandelt, indem Feststoffe und Wasser aus dem Ölen abgeschieden werden. Dieser Prozess erfolgt analog zur Raffination von Pflanzenöl oder zur Biodieselproduktion. Daran anschließend erfolgt ein Hydrotreating-Verfahren in speziellen Festbettreaktoren mit Kobalt- oder Nickelmolybdän-Katalysatoren bei Temperaturen von 350 bis 450 °C und einem Wasserstoffpartialdruck von 48 bis 152 bar, bei dem der Kraftstoff entsteht.

Für die Umwandlung werden etwa 1,23 Tonnen Pflanzenöl für eine Tonne Kraftstoff eingesetzt, als Nebenprodukt entsteht vor allem Brenngas.

Eigenschaften

Die bei der Mineralöldestillation aus den Pflanzenölen hergestellten Paraffine bestehen aus Mischungen von unterschiedlich langen gesättigten Kohlenwasserstoffketten. Die Dichte dieser hydrierten Pflanzenöle liegt bei etwa 780 kg/m^3 und ist damit gegenüber mineralischen Dieselkraftstoff deutlich niedriger, die Cetanzahl liegt mit Werten bis zu 99 deutlich höher als die von Dieselkraftstoff, Biodiesel und reinem Pflanzenöl-Kraftstoff. Der in diesem Prozess hergestellte Kraftstoff, der teilweise auf Mineralöl und teilweise auf Pflanzenölen basiert, erfüllt bei entsprechender Prozessführung die Anforderungen der Normung für Dieselkraftstoff und kann entsprechend genutzt werden.

Der NEXBtL-Kraftstoff besitzt aufgrund der fehlenden Mineralölkomponenten eine niedrigere Gesamtdichte von 775 bis 785 kg/m^3 als diese für Dieselkraftstoff vorgeschrieben ist. Er ist frei von Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Aromaten.

Wirkung der Beimischung

Die Produktion von hydrierten Pflanzenölen (und tierischen Fetten) soll aktuell vor allem für die Beimischung zu bestehenden Kraftstoffen für Automobilantriebe erfolgen, wobei insbesondere eine Beimischung zu Dieselkraftstoffen im Fokus steht. Aufgrund der fehlenden Erfahrungen mit hydrierten Pflanzenölen gibt es bislang kaum Untersuchungen zu den veränderten Kraftstoffeigenschaften, nach Kaltschmitt et al. zeichnet sich jedoch für Dieselkraftstoffe eine Verringerung der Abgasemission durch die Beimischung ab.

Literatur

- *Hydrierung.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 746-748. ISBN 978-3-540-85094-6.

Weblinks

- Sami Oja (Neste Oil): *NExBTL – Next Generation Renewable Diesel.* [1] Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Biokraftstoffe“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V vom 12. März 2008.

Referenzen

[1] http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/NeueBiokraftstoffe/3_NExBTL.pdf

- I -

Iberischer Drachenkopf

Iberischer Drachenkopf	
Systematik	
Unterklasse:	Asternähnliche (Asteridae)
Ordnung:	Lippenblütlerartige (Lamiales)
Familie:	Lippenblütler (Lamiaceae)
Unterfamilie:	Nepetoideae
Gattung:	*Lallemantia*
Art:	Iberischer Drachenkopf
Wissenschaftlicher Name	
Lallemantia iberica	
(M. Bieb.) Fisch. & C. A. Mey.	

Der **Iberische Drachenkopf** (*Lallemantia iberica*) ist eine Art aus der Familie der Lippenblütler (Lamiaceae). Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Teile von Kleinasien und Transkaukasien, in Osteuropa wurde sie regional als Ölpflanze eingebürgert und dient hier als Rohstoff für die Herstellung von Linolenölen.

Merkmale

Der Iberische Drachenkopf ist eine krautige, einjährige Pflanze mit einer Wuchshöhe von 30 bis 50 Zentimetern. Sie besitzt einen vierkantigen Stängel, an dem die lineal-lanzettlichen Blätter kreuzgegenständlich angeordnet sind. Die Wurzeln reichen als Anpassung an trockene Standorte sehr tief in den Boden.

Die weißen Blüten bilden Scheinquirle, die ähnlich einer Ähre aufgebaut sind.[1] Die Einzelblüten sind zwittrig und werden vor allem durch Bienen befruchtet. Die Blühzeit liegt im Juli bis August, die Samenreife erfolgt von August bis September.[2]

Als Früchte werden offene Kapseln mit je vier Samen ausgebildet. Die braunen bis schwarzen Same besitzen einen weißen Nabel, haben eine Länge von 5 Millimetern, eine Breite von 2 Millimetern und sind bis zu 1,5 Millimeter dick. Das Tausendkernegewicht beträgt 4,5 bis 5 Gramm. Die Samen enthalten bis zu 38 Prozent Öl, dieses besteht zu etwa 70 Prozent als Linolenöl.[1] Damit zählt das Öl zu den am schnellsten trocknenden Pflanzenölen.

Verbreitung

Das natürliche Verbreitungsgebiete des Iberischen Drachenkopfs liegt in den gemäßigten bis subtropischen Regionen Kleinasiens bis Mittelasiens. Entsprechend ist die Pflanze vor allem in den Ländern Iran, Irak, Jordanien, Syrien, Israel, Libanon und der Türkei sowie Armenien, Aserbaidschan, Turkmenistan und Teilen der Kaukasusregion Russlands zu finden.[3] In der Türkei wird er bis in Höhen von 2.150 Metern angetroffen.[2]

Ökologie

Der Iberische Drachenkopf ist eine wärmeliebende Art ohne größere Ansprüche an das Klima. Er wächst vor allem in sonnigen Lagen und ist trockenheitstolerant. Gegenüber hohen Niederschlägen und Kälte ist er dagegen empfindlich. Er braucht kalkhaltige Böden und wächst besonders gut an Verwitterungsstandorten, während tonige Böden nicht geeignet sind. Staunässe sowie schwachsaure Böden sind als Standorte ebenfalls nicht geeignet.

Nutzung

Anbau

Der Iberische Drachenkopf wird als Ölpflanze kultiviert. Dabei wächst er entsprechend seiner ökologischen Ansprüche vor allem auf trockenen bis mittelfeuchten Kalkböden. Innerhalb einer Fruchtfolge stellt er keine Ansprüche an Vorfrüchte, wobei allerdings für die Unterdrückung von Wurzelkonkurrenten vor allem Getreide geeignet sind. Er ist für jede Nachfrucht geeignet.

Die Frühjahrsaussaat erfolgt Mitte April, wobei die Minimaltemperatur für die Keimung bei etwa 2 bis 3°C liegt. Die Keimdauer beträgt 2 bis 3 Wochen, die Vegetationszeit ist mit 90 bis 120 Tagen relativ kurz. Eine späte Aussaat reduziert den Ertrag teilweise beträchtlich, so konnte nachgewiesen werden, dass eine Aussaat Mitte Mai weniger als 60 Prozent der Samenerträge und nur etwa 80 Prozent des Ölertrages bedingt.

Die Ernte erfolgt mit dem Mähdrescher bereits kurz vor der vollständigen Samenreife, um Verluste durch das Herausfallen der Körner aus den Früchten zu vermeiden. Der Samenertrag liegt bei etwa 20 Dezitonnen (auch Doppelzentner) pro Hektar.[1]

Düngung

Der Nährstoffbedarf der Pflanze bei einem Körnerertrag von 15 dt/Hektar ist mit rund 70 kg N pro Hektar gering. Bei den weiteren Hauptnährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium genügen mäßige Bodengehalte (mittlere Versorgungsstufe).

Pflanzenschutz

Gegenüber Unkräutern ist der Iberische Drachenkopf aufgrund seines schnellen Wachstums sehr konkurrenzstark, eine Entfernung ist entsprechend nur bei Wurzelkonkurrenten sinnvoll. Herbizide sind für den Anbau der Pflanze nicht zugelassen. Durch starke Niederschläge und Kälte kann es zu Stängelfäule durch *Botrytis*-Befall kommen, wobei Saatgut aus nördlicheren Bereichen dagegen wahrscheinlich weitgehend resistent ist.

Verwendung

Bisher wurde der Iberische Drachenkopf vor allem in den Gebieten der GUS als Ölpflanze angebaut. In Deutschland wird die Pflanze vereinzelt als Arzneipflanze kultiviert (20 Hektar im Jahr 1999)[4] .

Die Hauptverwendung der Pflanze erfolgt für die Herstellung von Öl als Alternative für Leinöl, insbesondere von Linolenöl für die chemische Industrie. Dabei kommt es bei der Herstellung von Lacken und Ölfarben, Holzschutzmitteln, Möbelpolitur sowie bei der Herstellung von Linoleum zum Einsatz.

Junge Pflanzen können zudem als Nahrungsmittel und als Arzneipflanze genutzt werden. Erntereste werden zu Tierfutter verarbeitet.

Literatur

- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: *Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Iberischem Drachenkopf.* (Volltext [5])
- Armin Vetter, Günter Wurl, Torsten Graf: *Iberischer Drachenkopf – ein neuer Linolensäurelieferant für die chemische Industrie?.* (Volltext [6])
- A. Biertümpfel, T. Graf: *Iberischer Drachenkopf - eine interessante Ölpflanze für Thüringen.* (Präsentation [7])
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: Anbautelegramm Iberischer Drachenkopf. [8] (pdf) Januar 2008

Referenzen

[1] Artporträt im Informationssystem Nachwachsende Rohstoffe (http://www.inaro.de/Deutsch/Kulturpf/Drachenkopf/Anbaute.html)
[2] Datenblatt in Plants For A Future (http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?21413)
[3] Datenblatt im Germplasm Resources Information Network (GRIN) (http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?21413)
[4] Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller, 2002: Chancen und Potenzial des deutschen Arzneipflanzenanbaus. Gülzower Fachgespräche: Band 20, Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow. S. 57 und 63 (pdf (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_30gfg20_arznei.pdf))
[5] http://www.tll.de/ainfo/pdf/idra0805.pdf
[6] http://www.tll.de/ainfo/pdf/idra0403.pdf
[7] http://www.tll.de/ainfo/pdf/idra1205.pdf
[8] http://www.tll.de/ainfo/pdf/idra0708.pdf

Industrieholz



OSB-Produktion, unmittelbar vor der Presse

Als **Industrieholz** wird Rohholz bezeichnet, das nicht als Vollholz bzw. Schnittholz weiterverarbeitet wird sondern in weiteren Verarbeitung mechanisch zerkleinert oder chemisch aufgeschlossen wird. Es ist damit vom Industrierestholz, der Restholzfraktion der holzverarbeitenden Industrie, zu unterscheiden. Das Industrieholz setzt sich entsprechend vor allem aus dünneren oder minderwertigen Rohholzbestandteilen verschiedener Holzarten zusammen.

Industrieholz findet wie Industrierestholz vor allem Verwendung für die Herstellung von Holzschliff und Zellstoff als Grundstoffe der Papierherstellung, Holzwolle sowie für die Produktion von Holzwerkstoffen wie Span- und Faserplatten. Je nach Verwendungsart unterscheidet man Industrieholz in *Schleifholz* bzw. *Papierholz* (S), *Zelluloseholz* (Z), *Plattenholz* (P) und *Holzwolleholz* (H), eine weitere Unterteilung erfolgt in Laub- und Nadelholz (L und N) sowie in Holz 1. und 2. Klasse (1 und 2). Entsprechend kann das gewünschte Holz entsprechend genau bezeichnet werden, ZN2 bedeutet entsprechen Zelluloseholz/Nadelholz 2. Klasse.

Weblinks

- Industrieholz [1]

Referenzen

[1] http://www.wald-prinz.de/industrieholz-sortimente-das-schleifholz-papierholz/401

Industriepflanze

Eine **Industriepflanze** ist eine Nutzpflanze, die zur stofflichen Nutzung angebaut wird. Sie ist somit ein nachwachsender Rohstoff (Nawaro), unterscheidet sich aber von anderen Nawaros, die energetisch genutzt werden (Energiepflanzen).

Stoffliche Verwendung können z. B. Öl-, Stärke-, Zucker-, Faser-, Färber-, Arznei- und Proteinpflanzen finden.

Bedeutende Industriepflanzen in Deutschland sind Raps, Kartoffeln, Getreide, Mais, Zuckerrüben und andere. Auf rund 2,4 % der deutschen Ackerfläche wurden in 2009 Industriepflanzen angebaut.[1]



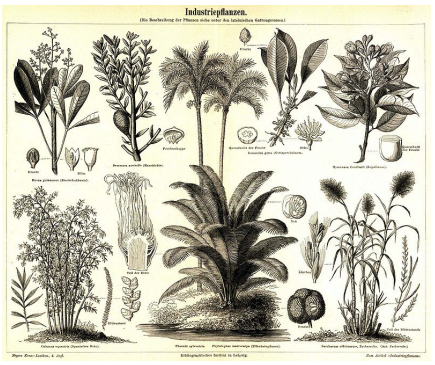
Kartoffelfeld



Faserpflanze: Querschnitt durch eine Hanfpflanze

Definition und Abgrenzung

Nutzpflanzen dienen schon seit Jahrtausenden als Rohstoffquelle. Der Begriff Industriepflanze oder auch Fabrikpflanze war bereits im 19. Jahrhundert gebräuchlich und wurde seinerzeit in *Brockhaus' Konversationslexikon* (1894-1896) folgendermaßen definiert: *„Industriepflanzen, auch Fabrikpflanzen, die Pflanzen, die in der Industrie ausgedehnte Verwendung finden. Da in den meisten Fällen große Mengen der betreffenden Pflanzen gebraucht werden, so sind die I. zum größten Teile wichtige Kulturpflanzen. Zu den wichtigsten I. gehören die Textil- oder Gespinstfaserpflanzen, die Farbepflanzen, die Nahrungspflanzen, die Gewürzpflanzen, die Öle und Fette liefernden Pflanzen und die Pflanzen, aus denen Kautschuk, Gummi, Harze und Balsame gewonnen werden, die Gerbepflanzen, die Korkeiche,*



Industriepflanzen (nach Meyers Konversations-Lexikon von 1888)

Weberkarde, verschiedene iodliefernde Algen usw. Außerdem sind noch anzuführen diejenigen Bäume und Sträucher, deren Holz zu Bauzwecken, in der Tischlerei in der Maschinenfabrikation usw. oder als Brennholz dient.“[2]

Die heutige Definition von Industriepflanzen schließt dagegen industriell verarbeitete Pflanzen für Nahrungsmittel und Pflanzen zur energetischen Verwendung (Brennholz) nicht ein. Eine Definition im heutigen Sinn ist: *„Bei Industriepflanzen werden Inhaltsstoffe (z. B. Öle, Fette, Stärke) oder die Pflanzenfasern einer stofflichen Verwertung zugeführt. Voraussetzung ist eine Verwendung im Non-food-Bereich."*[3]

Eingang in den Sprachgebrauch haben u. a. auch die Bezeichnung *Industriekartoffel* für Kartoffeln zur Stärkegewinnung (Stärkekartoffel), sowie die Bezeichnung *Industrierübe* für Zuckerrüben. Während aus sogenannten Quotenrüben Zucker für Nahrungsmittelzwecke produziert wird, werden Industrierüben für Non-food-Bereiche verwendet: *„Zucker für die Arzneimittel und pharmazeutische Zubereitung (Human- und Tiermedizin), für chemische und synthetische Stoffe (thermoplastische Kunststoffe), für Zitronen- und Aminosäuren (Futtermittelindustrie) und für Fermentationsprodukte (Hefeproduktion)“*[4] .

Pflanzengruppen und Nutzung

(siehe Hauptartikel Nachwachsende Rohstoffe)

Zahlreiche verschiedene Pflanzen werden für die stoffliche Nutzung angebaut. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über in Deutschland angebaute und genutzte Industriepflanzen.

Pflanzengruppen nach Nutzungen	**Pflanzenarten**	**Verwendungen**
Ölpflanzen	Raps, Sonnenblume, Öllein, Mohn, Leindotter, Krambe	Land- und Forstwirtschaft (Hydraulik-, Getriebe- oder Sägekettenöl) Bahn (Schmier- und Weichenschmieröl) Bauindustrie (Linoleum/Fußbodenbelag, Schalöl, Farben, Lacke) Reinigung (Schaumbremser in Waschmitteln, Seifen und Reinigungssubstanzen) Spezielle Kunststoffe
Stärke- und Zuckerpflanzen	Kartoffel, Weichweizen, Mais, Zuckerrübe, Topinambur	Papierindustrie (Erhöhung der Reißfestigkeit und der Bedruckbarkeit von Papier und Pappe) Feinchemikalien (z. B. Aminosäuren) Bauindustrie (Bindemittel in Gipskarton- und Mineralfaserplatten, Abbindeverzögerer und Einschalungsmittel für Beton) Kompostierbare Werkstoffe (Verpackungen, Einweggeschirr/-besteck, Folien, Pflanztöpfe) Polymer-Monomere Kunststoffe (Polyurethane als Ausgangsstoffe für Synthetikfasern, Schaum- und Hartkunststoffe sowie Lacke) Klebstoffe (Tapetenkleister und Leim) Reinigungsmittel (Seifen, Waschpulver, Tenside) Pharmazie und Kosmetik (Geschmackstoffe und Konservierungsmittel, Antibiotika, Vitamine, Zahnpasten, Cremes, Puder)
Faserpflanzen	Faserlein, Hanf, Fasernessel Kenaf	Langfasern: Textilien, Seile Kurzfasern: Baustoffe (Platten, Putz, Dämmstoffe, Vliesstoffe) Naturfaserverstärke Werkstoffe (Naturfaserverstärkter Kunststoff) Autoindustrie (Formpressteile, Reibbeläge) Papier (Verpackungsmaterial, Filtermaterial, Banknoten, Zigarettenpapier) Schäben: Einstreu, energetische Nutzung
Färberpflanzen	Färberwau, Färberkrapp, Färberknöterich, Färberwaid, Saflor	Textilfarben Innenanstrichfarben Kinder-Malfarben und gefärbtes Kinderspielzeug Färben von Leder, Papier und Lebensmitteln

Arzneipflanzen	Wurzeldrogen: Gelber Enzian Blatt- und Krautdrogen: Johanniskraut Blütendrogen: Echte Kamille Frucht- und Samendrogen: Mariendistel	Salben (z. B. aus Ringelblumenblüten bei Wunden/Sonnenbrand) Tee (z. B. aus Kamillenblüten bei Entzündungen) Öl (z. B. aus Nachtkerzensamen bei Bluthochdruck) Extrakte (z. B. aus Herbstzeitlosen-Knollen bei Gicht)
Proteinpflanzen	Ackerbohne, Lupine, Eiweißerbse	Papier- und Verpackungsindustrie (Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit, Bedruckbarkeit, Haftung wasserlöslicher Druckfarben Leim oder Kleber (z. B. Etikettierklebstoff, Bindemittel für Sperrholz) Einkapselung von Pharmazeutika Biologisch abbaubare Werkstoffe

|+ Industriepflanzen in Deutschland und ihre Nutzung [5]

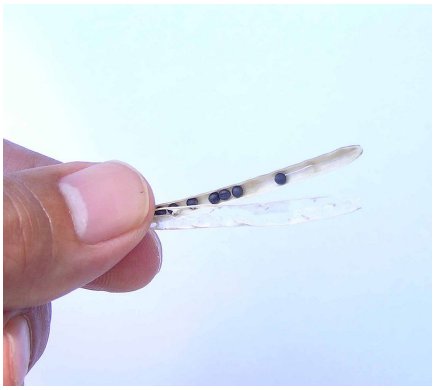
Anbau und Verwendung in Deutschland

In 2009 wurden auf rund 17 % (2 Mio. ha) der deutschen Ackerfläche nachwachsende Rohstoffe angebaut. Rund 86 % davon dienten dem Anbau von Energiepflanzen, 14 % dem Anbau von Industriepflanzen (also rund 2,4 % der deutschen Ackerfläche). Rund 600.000 t Stärke und 240.000 t Zucker werden jährlich industrielle verarbeitet. Stärke wird vor allem in der Papierindustrie eingesetzt (Papierstärke), Zucker vor allem in Fermentationsprozessen zur Produktion chemischer Erzeugnisse. In 2004 gingen 45.000 t Pflanzenöl in die Herstellung von Schmierstoffen und Hydraulikölen, 110.000 t wurden in der Oleochemie verwendet.[5]

1997 hatte die Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe noch unter 500.000 ha und 2003 bei etwa 800.000 ha gelegen. Bis 2007 fand eine starke Zunahme auf über 2.000.000 ha statt, die seit dem auf diesem Bereich stagniert.[6]



Rapsfeld kurz vor der Ernte



Rapsschote mit den ölhaltigen Körnern

	Anbaufläche in 1.000 Hektar
Stoffliche Nutzung	**294**
Industriestärke	130
Industriezucker	22
technisches Rapsöl	120
technisches Sonnenblumenöl	8,5
technisches Leinöl	2,5
Pflanzenfasern	1
Arznei- und Farbstoffe	10
Energetische Nutzung	**1.701,5**
Raps für Biodiesel/Pflanzenöl	942
Stärke/ Zucker für Bioethanol	226
Pflanzen für Biogas	530
Dauerkulturen für Festbrennstoffe	3,5

|+ Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2009, vorläufige Daten)[1]

Perspektive

Die Bedeutung von Nawaros hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Allerdings nahm vor allem der Anbau von Energiepflanzen zu, während der Anbau von Industriepflanzen nur leicht zunahm. Die Bedeutung der stofflichen Nutzung von Nawaros in der deutschen chemischen Industrie lag 1991 bei 8,0 % und wuchs über 8,9 % in 1998 auf 11,2 % in 2005. Zukünftig wird eine weiterhin zunehmende Bedeutung erwartet. [7] Wichtige Faktoren sind die Bemühungen, unabhängiger von Erdöl zu werden, um die Treibhausgasemissionen zu senken, Ressourcen zu schonen und unabhängiger von Importen zu werden. In Bioraffinerien z. B. soll zukünftig Biomasse mit chemischen, biotechnischen und anderen Verfahren in stofflich und anderweitig nutzbare Verbindungen umgesetzt werden. Mit diesen und weiteren Ansätzen sollen in den USA bis 2030 rund 25 % des Rohstoffbedarfs der chemischen Industrie mit Nawaros wie z. B. Industriepflanzen gedeckt werden.[8]

Weblinks

- Informationsseite *Nachwachsende Rohstoffe* [9], betrieben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
- Meyers Großes Konversations-Lexikon, Band 9. Leipzig 1907, S. 815-816 [10]
- Seite der "Emsland Group", größter deutscher Industriekartoffelverarbeiter und Stärkehersteller [11]

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Info-Graphik: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2009) (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads/pics/NR_Anbau_Tabelle_2009_01.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=<body style="margin:0; background:#fff;">&wrap= | &md5=1475c2707454112085ee10e4266ab8fb)

[2] Eintrag *Industriepflanzen* in: *Brockhaus' Konversationslexikon*, 14. Aufl. 1894-1896, S. 586.

[3] Eintrag *Industriepflanzen* im Glossar von C.A.R.M.E.N. e. V. (http://www.carmen-ev.de/dt/service/glossar/glossar_hij.html#24)

[4] Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V.: *Zuckerrüben* (http://www.bdp-online.de/de/Pflanzenzuechtung/Kulturarten/Zuckerrueben/)

[5] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Pflanzen für die Industrie (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_197industriepfl2005.pdf)
[6] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Info-Graphik: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (1997 bis 2009) (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads/pics/RZ_Grafik_Anbau_09_rgb_300_DE_01.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=<body style="margin:0; background:#fff;">&wrap= | &md5=43774fffc8fc5866a0bcdb8237481375)
[7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Info-Seite und Graphik: Rohstoffmengen zur stofflichen Nutzung (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/service/daten-und-fakten/industrielle-nutzung/rohstoffmengen.html)
[8] Bioraffinerien - USA und Europa gehen gemeinsamen Weg (http://www.gdch.de/taetigkeiten/nch/inhalt/jg2005/biomas_neu.pdf), Nachrichten aus der Chemie, Oktober 2005
[9] http://www.nachwachsenderohstoffe.de
[10] http://www.zeno.org/Meyers-1905/A/Industriepflanzen
[11] http://www.emsland-group.de/

Industrierestholz


gebündelte Schwarten in einem Sägewerk

Als **Industrierestholz** bezeichnet man alle Hölzer, die als Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle in der holzbearbeitenden und -verarbeitenden Industrie anfallen. Diese fallen bei der Produktion der gewünschten Hauptprodukte sowie bei verschiedenen Nebenprodukten der Holzwerkstoffindustrie (Spanplatten und andere) an und stehen vor allem für eine energetische Nutzung zur Verfügung. Auch ein Teil des Altholzes sowie insbesondere die Sägenebenprodukt fallen in diese Rohstoffgruppe. Nach der Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz wird Industrierestholz als *in Betrieben der Holzbe- oder -verarbeitung anfallende Holzreste sowie anfallende Verbundstoffe mit überwiegendem Holzanteil (mehr als 50 Masseprozent)*[1] definiert.

Industrierestholz kann in seiner Gesamtheit einen Anteil von 50% und mehr am gesamten verarbeiteten Stammholz ausmachen, die durchschnittliche Ausbeute der Sägewerke bei der Nutzholzfertigung beträgt etwa 65 bis 70% und der Rest fällt als Industrierestholz an. In Deutschland fallen pro Jahr etwa acht bis zehn Millionen Tonnen an, von denen etwa ein Drittel energetisch genutzt werden kann.[2]

Zusammensetzung


Anfallende Sägespäne in einem Sägewerk

Industrierestholz besteht entsprechend seiner Herkunft aus der holzverarbeitenden Industrie vor allem aus Holzresten in Form von Hackschnitzeln, Holzverschnitt, Schwarten, Spreißeln, Rindenstücken, Spänen und Holzstäuben.[2]

Holzschwarten entstehen beim Einschneiden von Rundholz während Verschnitt bzw. Abschnitte beim Ablängen von Hölzern produziert werden und als Abfall anfallen. Auch Spreißel fallen bei der Bearbeitung von Rohholz und Holzwerkstoffen an und können

gemeinsam mit den Schwarten und Abschnitten zu Hackschnitzeln für die stoffliche und energetische Nutzung verarbeitet werden. Holzspäne und Schleifstäube werden ebenfalls gesammelt und können sowohl stofflich (Spanplatten) wie energetisch (Holzpellets) genutzt werden.[2]

Nutzung

Industrierestholz wird zu einem größten Teil energetisch als Brennstoff genutzt, obwohl auch für viele dieser Materialien der Einsatz in einer stofflichen Nutzung, insbesondere in der Holzwerkstoffindustrie, eine größere Wertschöpfung bedeutet.[2] Die in Deutschland anfallenden Mengen an Sägenebenprodukten (als Teil der Industrierestholzmenge) werden praktisch komplett genutzt und decken gut ein Drittel des Rohstoffbedarfs der Holzwerkstoffindustrie. Der Anteil der Sägenebenprodukte am Holz von Spanplatten liegt bei rund 50%, bei der Mitteldichten Faserplatte (MDF) sind es 70%[3] . Die Holzschliff- und Zellstoffindustrie verarbeitet vergleichsweise geringe Mengen.



Sägespäne



Rindenmulch

Der Bedarf der Energieerzeugung an Resthölzern für die Pelletproduktion und Hackschnitzelkraftwerke nimmt seit einigen Jahren stark zu und erhöht damit die Nachfrage nach diesem Rohstoff. Da es sich um Koppelprodukte handelt, hängt das Angebot an Sägenebenprodukten vor allem von der Nachfrage nach Schnittholz ab. Eine Steigerung der Nachfrage, wie derzeit durch die vermehrte energetische Nutzung der Fall, kann zu einer Verknappung mit Preissteigerung führen, so dass anstelle von Sägenebenprodukte verstärkt andere Rohstoffquellen wie sonstige Industrieresthölzer oder Waldrestholz genutzt werden.

Im Gegensatz zu anderen Industrieresthölzern sind Rindenreste aufgrund ihres hohen Wasseranteils und Verschmutzungen nur sehr selten stofflich nutzbar. Sie werden zu einem gewissen Anteil zur Herstellung von Rindenkompost verwendet, der als Mulchmaterial im Garten- und Landschaftsbau dient. Ein weiterer Teil wird in entsprechenden Feuerungsanlagen verbrannt.[2]

Literatur

- *Industrierestholz.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 141-143. ISBN 978-3-540-85094-6

Referenzen

[1] Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz: *§2 Begriffsbestimmungen.* (http://bundesrecht.juris.de/altholzv/__2.html)

[2] *Industrierestholz.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 141-143. ISBN 978-3-540-85094-6

[3] Torsten Leps (Hochschule Rosenheim), 2009: Holzwerkstoffe – Stand der Technik, Chancen, Entwicklungen und Trends. Vortrag zum C.A.R.M.E.N Forum 30.03.09 (pdf (http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/foren/forum09/07_Leps.pdf))

- J -

Jatropha

Jatropha

Jatropha integerrima
Systematik
Eurosiden I *Ordnung:* Malpighienartige (Malpighiales) *Familie:* Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae) *Unterfamilie:* Crotonoideae *Tribus:* Jatropheae *Gattung:* *Jatropha*
Wissenschaftlicher Name
Jatropha
L.

Jatropha ist eine Pflanzengattung in der Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae). Ihr von den griechischen Worten für Arzt (Iatros) und Ernährung (Trophe) abgeleiteter botanischer Name weist auf die medizinische Nutzung der Samen einiger Arten sowie auf die essbaren Wurzelknollen des früher zu dieser Gattung gestellten Maniok (*Manihot esculenta*) hin.

Beschreibung

Jatropha-Arten sind immergrüne oder laubabwerfende Bäume, Sträucher oder mehrjährige krautige Pflanzen mit oft dicken und knolligen Wurzeln. Ein Drittel bis die Hälfte der etwa 175 Arten ist stamm- oder wurzelsukkulent, ein großer Anteil weiterer Arten ist zumindest xerophytisch. Bei baumförmigen Arten sind die Stämme oft weichholzig und an der Basis angeschwollen. Krautige Arten sind dagegen häufig Geophyten mit nur kurzlebigen Zweigen. Bei fast allen Arten sind Zweige oder Blätter behaart, doch sind die Haare nie brennend. Sie enthalten einen Milchsaft, der bei vielen Arten rötlich ist.

Die wechselständigen und spiralig oder zweilig angeordneten Laubblätter sind gestielt, einfach und gewöhnlich gelappt. Die Blattränder sind glatt. Die fast immer vorhandenen Nebenblätter sind meist geteilt, bei sukkulenten Arten häufig drüsenhaarig, manchmal auch dornig.

Jatropha-Arten sind meist einhäusig (monözische), selten zweihäusig (diözische), getrenntgeschlechtige Pflanzen. Die end- oder achselständigen Blütenstände sind gabelig verzweigt und weisen eine besondere Anordnung der Blüten auf: In der Mitte eines Blütenstandes steht endständig eine weibliche Blüte (teils auch einige wenige weibliche Blüten), die von den auf den Verzweigungen stehenden männlichen Blüten umringt wird. Alle Blüten sind mit je fünf Kron- und Kelchblättern ausgestattet. Die Nektardrüsen am Grunde der Blüten können frei stehen oder zu einer ringförmigen Scheibe verschmolzen sein. Männliche Blüten tragen sechs bis zehn Staubblätter in zwei Kreisen. In den weiblichen Blüten sind meist zwei bis drei (bis fünf) Fruchtblätter zu einem oberständigen Fruchtknoten verwachsen gewöhnlich mit drei freien Griffeln mit je einer zweilappigen Narbe. Die Bestäubung erfolgt meist durch Insekten (Entomophilie).

Es entwickeln sich dreilappige Kapselfrüchte, die bei Reife aufplatzen und die Samen mehrere Meter weit schleudern. Die ölhaltigen Samen sind etwa eiförmig und tragen ein Caruncula genanntes Anhängsel.

Verbreitung

Jatropha-Arten sind weltweit in tropischen und subtropischen Gebieten beheimatet. Verbreitungsschwerpunkte bilden Asien, Amerika und Afrika. Auf Madagaskar ist nur eine einzige Art endemisch.

Verwechslungsmöglichkeiten

Pflanzen mit Brennhaaren, ähnlich denen der heimischen Brennnesseln (*Urtica*) und nur einfacher Blütenhülle (ohne Kelchblätter), die früher zu *Jatropha* gezählt wurden, gehören zur Gattung *Cnidoscolus*.

Verwendung

Siehe Hauptartikel Purgiernuss

Eine relevante Nutzung liegt nur bei der Purgiernuss (*Jatropha curcas*) vor. Aufgrund ihrer Genügsamkeit kann diese sogar in trockenen Savannengebieten angebaut werden. Trotz der geringen Bedürfnisse produziert die Pflanze Öl: Ihr Samen hat einen Ölanteil von über 30 %, das obendrein mit einer Cetanzahl von etwa 60 (Raps hat lediglich etwa 54) eines der effektivsten technisch nutzbaren Pflanzenöle der Welt ist. Der Anbau ist demnach besonders lohnend, nicht nur für die Subsistenzwirtschaft (Ölproduktion für den Eigenbedarf), sondern auch für den Weiterverkauf auf dem internationalen Markt.



Purgiernuss (*Jatropha curcas*), Samen

Derzeit liegt die weltweite Anbaufläche bei weniger als 1 Million Hektar, etwa 80% dieser Fläche entfallen dabei auf die asiatischen Länder, insbesondere Indien, China und Indonesien[1] . Aber auch in Südamerika und Afrika erfährt der kommerzielle Jatropha-Anbau einen Boom. Neuen Studien zufolge besteht weltweit ein Anbaupotenzial von zirka 30 Millionen Hektar.

Systematik

Allgemein

Als offizielle Erstbeschreibung der Gattung gilt die 1753 erschienene Auflistung im Werk *Species Plantarum* von Carl von Linné.[2]

Die bekannteste Art ist die Purgiernuss (*Jatropha curcas*). Diese, aus dem tropischen Amerika stammende, etwas sukkulente Pflanze wird weltweit in tropischen Gebieten zur Gewinnung von Biodiesel angepflanzt. Die Art ist einhäusig getrenntgeschlechtig. Hier noch Kurzbemerkungen zu einigen weiteren Arten:

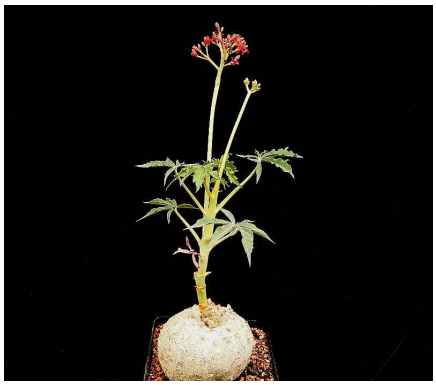
- *Jatropha cathartica* (Syn.: *Jatropha berlandieri* Torrey) aus Mexiko und den südlichen USA produziert einjährige Triebe. Ihre sukkulente, kugelförmige Knollenwurzel wird in Kultur fast immer überirdisch gesetzt.
- *Jatropha dhofarica* bildet in der Dhofar-Region Omans bis zu 3 m große, leicht sukkulente Sträucher.
- *Jatropha glandulifera* ist eine leicht sukkulente, indische Art mit auffallenden Drüsenhaaren.
- *Jatropha gossypiifolia* ist eine etwas sukkulente, aus dem tropischen Amerika stammende Pflanze, die wegen ihrer blutroten Blüten und des rotbraunen Laubes eine Zierpflanze ist.
- *Jatropha integerrima* ist ein aus Mittel- und Südamerika stammender xerophyter Strauch. Sie ist wegen ihrer fast ganzjährig erscheinenden Blüten eine Zierpflanze.
- *Jatropha macrantha* stammt aus Peru und bildet niedrige, kahle Sträucher mit sukkulenten Zweigen.
- *Jatropha macrorhiza* aus Mexiko und den südlichen USA besteht größtenteils aus einer sukkulenten Knollenwurzel, die jährlich nur einen dünnen und kurzlebigen Zweig hervorbringt.
- *Jatropha mahafalensis* ist die einzige Art aus Madagaskar.
- *Jatropha malacophylla* aus Mexiko und den südlichen USA bildet kleine, sukkulente Sträucher oder Bäume mit stark angeschwollenen Stämmen.
- *Jatropha multifida* ist eine seltene, etwas sukkulente Zierpflanze mit auffallend gefiederten Blättern, die aus dem tropischen Amerika stammt.
- *Jatropha podagrica* ist eine sukkulente, aus Mittelamerika stammende Art mit flaschenförmig verdicktem Stamm. Sie wird bei uns als Zimmerpflanze angeboten.
- *Jatropha spicata* bildet in Süd- bis Ostafrika sukkulente Sträucher mit knollig verdickten Basen.
- *Jatropha variifolia* stammt aus Südafrika und Mosambik, wo sie sukkulente Sträucher mit verdickten Basen und Knollenwurzeln bildet.

Viele früher in die Gattung gestellte Arten werden mittlerweile anderen Gattungen zugeordnet; beispielsweise ist die als „Hyänengift“ bekannte *Jatropha globosa* Gaertn. jetzt *Hyaenanche globosa* (Gaertn.) Lamb..

Artenliste

In der folgenden Auflistung der rund 190 anerkannten Arten[3] ist neben dem botanischen Autorkürzel auch die Veröffentlichung mit Erscheinungsjahr der Erstbeschreibung angegeben:

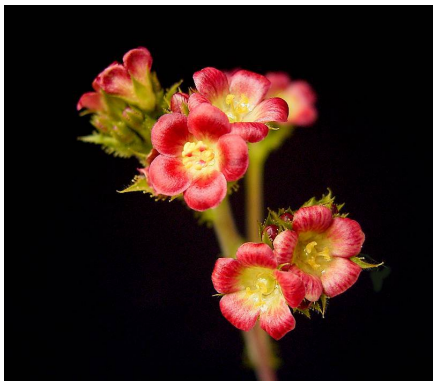
- *Jatropha aceroides* (Pax & K.Hoffm.) Hutch. in D.Oliver & auct. suc. (eds.), Fl. Trop. Afr. 6(1): 789 (1912).
- *Jatropha aethiopica* Müll.Arg., Flora 47: 485 (1864).
- *Jatropha afrotuberosa* Radcl.-Sm. & Govaerts, Kew Bull. 52: 188 (1997).
- *Jatropha alamanii* Müll.Arg., Linnaea 34: 207 (1865).
- *Jatropha andrieuxii* Müll.Arg., Linnaea 34: 208 (1865).
- *Jatropha angustifolia* Griseb., Nachr. Königl. Ges. Wiss. Georg-Augusts-Univ. 1: 171 (1865).
- *Jatropha aspleniifolia* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 19: 108 (1894).
- *Jatropha atacorensis* A.Chev., Bull. Soc. Bot. France 58(8): 206 (1911 publ. 1912).
- *Jatropha augustii* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, XVI: 191 (1924).
- *Jatropha bartlettii* Wilbur, J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 70: 99 (1954).
- *Jatropha baumii* Pax in O.Warburg (ed.), Kunene-Sambesi Exped.: 283 (1903).
- *Jatropha bornmuelleri* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 133 (1910).
  - *Jatropha bornmuelleri* var. *bornmuelleri*
  - *Jatropha bornmuelleri* var. *penicillata* Fern.Casas, Fontqueria 55(22): 2 (2003).
- *Jatropha botswanica* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 142 (1991).
- *Jatropha breviloba* (Morong) Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, XIV: 38 (1919).
- *Jatropha brockmanii* Hutch., Bull. Misc. Inform. Kew 1911: 360 (1911).
- *Jatropha bullockii* E.J.Lott, Madroño 31: 180 (1984).
- *Jatropha calcarea* Fern.Casas, Fontqueria 55: 302 (2006).
- *Jatropha campestris* S.Moore, J. Linn. Soc., Bot. 40: 196 (1911).
- *Jatropha capensis* (L.f.) Sond., Linnaea 23: 118 (1850).
- *Jatropha cardiophylla* (Torr.) Müll.Arg. in A.P.de Candolle, Prodr. 15(2): 1079 (1866).
- *Jatropha cathartica* Terán & Berland., Mem. Comision Limites: 9 (1832).
- *Jatropha catingae* Ule, Bot. Jahrb. Syst. 42: 218 (1908).
- *Jatropha chacoana* Fern.Casas, Candollea 39: 11 (1984).
- *Jatropha chamelensis* Pérez-Jim., Bol. Soc. Bot. México 42: 35 (1982).
- *Jatropha chevalieri* Beille, Bull. Soc. Bot. France 55(8): 83 (1908).



Die stammsukkulente *Jatropha cathartica*, Habitus mit Blättern und Blütenstand



Jatropha glandulifera, blühende Pflanze



Jatropha gossypiifolia, Blüten

- *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., Supl. Gaz. Lit. Mexico: 4 (2 July 1794).
- *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll.Arg. in A.P.de Candolle, Prodr. 15(2): 1079 (1866).
- *Jatropha clavuligera* Müll.Arg., Linnaea 34: 209 (1865).
- *Jatropha collina* Thulin, Nordic J. Bot. 11: 531 (1991).
- *Jatropha confusa* Hutch., Bull. Misc. Inform. Kew 1911: 361 (1911).
- *Jatropha contrerasii* J.Jiménez Ram. & M.Martínez Gordillo, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 65: 22 (1994).
- *Jatropha conzattii* J.Jiménez Ram., Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 62: 83 (1991).
- *Jatropha cordata* (Ortega) Müll.Arg. in A.P.de Candolle, Prodr. 15(2): 1078 (1866).
- *Jatropha costaricensis* G.L.Webster & Poveda, Brittonia 30: 265 (1978).
- *Jatropha crinita* Müll.Arg., Linnaea 34: 207 (1865).
- *Jatropha cuneata* Wiggins & Rollins, Contr. Dudley Herb. 3: 272 (1943).
- Purgiernuss (*Jatropha curcas* L.), Sp. Pl.: 1006 (1753).
- *Jatropha decipiens* M.E.Jones, Contr. W. Bot. 18: 56 (1933).
- *Jatropha decumbens* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, VII: 398 (1914).
- *Jatropha dehganii* J.Jiménez Ram., Acta Bot. Mexi. 30: 5 (1995).
- *Jatropha dhofarica* Radcl.-Sm., Kew Bull. 35: 253 (1980).
- *Jatropha dichtar* J.F.Macbr., Candollea 5: 381 (1934).
- *Jatropha dioica* Cerv., Supl. Gaz. Lit. Mexico: 4 (2 July 1794).
- *Jatropha dissecta* (Chodat & Hassl.) Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 72 (1910).
- *Jatropha divaricata* Sw., Prodr.: 98 (1788).
- *Jatropha eglandulosa* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 63 (1910).
- *Jatropha elbae* J.Jiménez Ram., Cact. Suc. Mex. 31: 3 (1986).
- *Jatropha ellenbeckii* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 33: 284 (1903).
- *Jatropha elliptica* (Pohl) Oken, Allg. Naturgesch. 3(3): 1595 (1841).
- *Jatropha erythropoda* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, III: 66 (1910).
- *Jatropha euarguta* M.G.Gilbert & Thulin, Nordic J. Bot. 11: 418 (1991).
- *Jatropha excisa* Griseb., Abh. Königl. Ges. Wiss. Göttingen 19: 94 (1874).
- *Jatropha flavovirens* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 30 (1910).
- *Jatropha fremontioides* Standl., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 22: 37 (1940).
- *Jatropha gallabatensis* Schweinf., Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 18: 661 (1868).
- *Jatropha galvanii* J.Jiménez Ram. & L.M.Contr., Cact. Suc. Mex. 26: 3 (1981).
- *Jatropha gaumeri* Greenm., Publ. Field Columb. Mus., Bot. Ser. 2: 256 (1907).
- *Jatropha giffordiana* Dehgan & G.L.Webster, Madroño 25: 30 (1978).
- *Jatropha glandulifera* Roxb., Fl. Ind. ed. 1832, 3: 688 (1832).



Jatropha macrantha, Blüte



Jatropha podagrica, Blütenstand



Jatropha variifolia, Blütenstand

- *Jatropha glauca* Vahl, Symb. Bot. 1: 78 (1790).
- *Jatropha gossypiifolia* L., Sp. Pl.: 1006 (1753).
  - *Jatropha gossypiifolia* var. *elegans* (Pohl) Müll.Arg. in A.P.de Candolle, Prodr. 15(2): 1087 (1866).
  - *Jatropha gossypiifolia* var. *gossypiifolia*.
- *Jatropha grossidentata* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, VII: 398 (1914).
- *Jatropha guaranitica* Speg., Anales Soc. Ci. Argent. 16: 93 (1883).
- *Jatropha hastifolia* Fern.Casas, Fontqueria 55: 109 (2003).
- *Jatropha hernandiifolia* Vent., Jard. Malmaison: 52 (1803).
  - *Jatropha hernandiifolia* var. *hernandiifolia*.
  - *Jatropha hernandiifolia* var. *portoricensis* (Millsp.) Urb., Symb. Antill. 4: 349 (1905).
- *Jatropha heynei* N.P.Balakr., Bull. Bot. Surv. India 3: 40 (1962).
- *Jatropha hieronymi* Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(2): 287 (1898).
- *Jatropha hildebrandtii* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 19: 108 (1894).
  - *Jatropha hildebrandtii* var. *hildebrandtii*.
  - *Jatropha hildebrandtii* var. *torrentis-lugardi* Radcl.-Sm., Kew Bull. 28: 283 (1973).
- *Jatropha hintonii* Wilbur, J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 70: 95 (1954).
- *Jatropha hippocastanifolia* Croizat, J. Arnold Arbor. 24: 168 (1943).
- *Jatropha hirsuta* Hochst., Flora 28: 82 (1845).
- *Jatropha hirsuta* var. *glabrescens* (Pax & K.Hoffm.) Prain in W.H.Harvey & auct. suc. (eds.), Fl. Cap. 5(2): 424 (1920).
  - *Jatropha hirsuta* var. *hirsuta*.
  - *Jatropha hirsuta* var. *oblongifolia* Prain in W.H.Harvey & auct. suc. (eds.), Fl. Cap. 5(2): 424 (1920).
- *Jatropha horizontalis* M.G.Gilbert, Nordic J. Bot. 11: 416 (1991).
- *Jatropha humboldtiana* McVaugh, Bull. Torrey Bot. Club 72: 35 (1944).
- *Jatropha humifusa* Thulin, Nordic J. Bot. 11: 527 (1991).
- *Jatropha hypogyna* Radcl.-Sm. & Thulin, Kew Bull. 46: 144 (1991).
- *Jatropha inaequispina* Thulin, Nordic J. Bot. 11: 530 (1991).
- *Jatropha* × *induta* (Chodat & Hassl.) Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 72 (1910).
- *Jatropha integerrima* Jacq., Enum. Syst. Pl.: 32 (1763).
- *Jatropha intercedens* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 31 (1910).
- *Jatropha intermedia* (Chodat & Hassl.) Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 63 (1910).
- *Jatropha isabelliae* Müll.Arg. in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 11(2): 489 (1874).
- *Jatropha jaimejimenezii* V.W.Steinm., Contr. Univ. Michigan Herb. 24: 181 (2005).
- *Jatropha kamerunica* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, II: 102 (1910).
  - *Jatropha kamerunica* var. *kamerunica*.
  - *Jatropha kamerunica* var. *trochainii* Leandri, Bull. Soc. Bot. France 83: 525 (1936).
- *Jatropha katharinae* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, III: 28 (1910).
- *Jatropha krusei* J.Jiménez Ram. & Mart.Gordon, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 71: 35 (2000).
- *Jatropha lagarinthoides* Sond., Linnaea 23: 118 (1850).
- *Jatropha latifolia* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 23: 531 (1897).
  - *Jatropha latifolia* var. *angustata* Prain in W.H.Harvey & auct. suc. (eds.), Fl. Cap. 5(2): 424 (1920).
  - *Jatropha latifolia* var. *latifolia*.
  - *Jatropha latifolia* var. *subeglandulosa* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 146 (1991).
  - *Jatropha latifolia* var. *swazica* Prain in W.H.Harvey & auct. suc. (eds.), Fl. Cap. 5(2): 424 (1920).
- *Jatropha loristipula* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 146 (1991).

- *Jatropha macrantha* Müll.Arg., Linnaea 34: 209 (1865).
- *Jatropha macrocarpa* Griseb., Abh. Königl. Ges. Wiss. Göttingen 19: 94 (1874).
- *Jatropha macrophylla* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 80 (1910).
- *Jatropha macrorhiza* Benth., Pl. Hartw.: 8 (1839).
  - *Jatropha macrorhiza* var. *macrorhiza*.
  - *Jatropha macrorhiza* var. *septemfida* Engelm. in J.T.Rothrock, Rep. U.S. Geogr. Surv., Wheeler 6: 243 (1878).
- *Jatropha mahafalensis* Jum. & H.Perrier, Bull. Écon. Madagascar: 179 (1910).
- *Jatropha maheshwarii* Subram. & Nayar, Bull. Bot. Surv. India 6: 331 (1965).
- *Jatropha malacophylla* Standl., Proc. Biol. Soc. Wash. 37: 45 (1924).
- *Jatropha malmeana* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, XVI: 191 (1924).
- *Jatropha marginata* Chiov., Fl. Somala 2: 391 (1932).
- *Jatropha marmorata* Thulin, Nordic J. Bot. 22: 429 (2002 publ. 2003).
- *Jatropha martiusii* (Pohl) Baill., Adansonia 4: 268 (1864).
- *Jatropha matacensis* Castell., Bol. Acad. Nac. Ci. 40: 255 (1958).
- *Jatropha mcvaughii* Dehgan & G.L.Webster, Madroño 25: 36 (1978).
- *Jatropha melanosperma* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 19: 110 (1894).
- *Jatropha microdonta* Radcl.-Sm., Kew Bull. 28: 284 (1973).
- *Jatropha minor* Urb., Symb. Antill. 9: 213 (1924).
- *Jatropha miskatensis* Thulin, Nordic J. Bot. 22: 427 (2002 publ. 2003).
- *Jatropha mollis* Pax, Annuario Reale Ist. Bot. Roma 6: 184 (1896).
- *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., Adansonia 4: 268 (1864).
  - *Jatropha mollissima* var. *glabra* Müll.Arg. in A.P.de Candolle, Prodr. 15(2): 1092 (1866).
  - *Jatropha mollissima* var. *mollissima*.
- *Jatropha monroi* S.Moore, J. Bot. 63: 147 (1925).
- *Jatropha moranii* Dehgan & G.L.Webster, Madroño 25: 34 (1978).
- Korallen-Purgiernuss (*Jatropha multifida* L.), Sp. Pl.: 1006 (1753).
- *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill., Adansonia 4: 267 (1864).
- *Jatropha nana* Dalzell & Gibson, Bombay Fl.: 229 (1861).
- *Jatropha natalensis* Müll.Arg., Flora 47: 485 (1864).
- *Jatropha neopauciflora* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 134 (1910).
- *Jatropha neriifolia* Müll.Arg., Flora 47: 486 (1864).
- *Jatropha nogalensis* Chiov., Fl. Somala 1: 306 (1929).
- *Jatropha nudicaulis* Benth., Bot. Voy. Sulphur: 165 (1846).
- *Jatropha oaxacana* J.Jiménez Ram. & R.Torres, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 65: 1 (1994).
- *Jatropha obbiadensis* Chiov., Fl. Somala 1: 308 (1929).
- *Jatropha oblanceolata* Radcl.-Sm., Kew Bull. 28: 522 (1973 publ. 1974).
- *Jatropha octandra* Cerv., Supl. Gaz. Lit. Mexico: 4 (2 July 1794).
- *Jatropha orangeana* Dinter ex P.G.Mey., Mitt. Bot. Staatssamml. München 3: 612 (1960).
- *Jatropha ortegae* Standl., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 22: 37 (1940).
- *Jatropha pachypoda* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 47 (1910).
- *Jatropha pachyrrhiza* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 150 (1991).
- *Jatropha palmatifida* Baker, Bull. Misc. Inform. Kew 1895: 227 (1895).
- *Jatropha palmatifolia* Ule, Bot. Jahrb. Syst. 42: 219 (1908).
- *Jatropha papyrifera* Pax & K.Hoffm., Notizbl. Bot. Gart. Berlin-Dahlem 10: 385 (1928).
- *Jatropha paradoxa* (Chiov.) Chiov., Ann. Bot. (Rome) 18: 324 (1930).
- *Jatropha paxii* Croizat, J. Arnold Arbor. 24: 168 (1943).
- *Jatropha pedatipartita* Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(2): 287 (1898).

- *Jatropha pedersenii* Lourteig, Ark. Bot., n.s., 3: 83 (1955).
- *Jatropha peiranoi* Lourteig & O'Donnell, Lilloa 9: 135 (1943).
- *Jatropha pelargoniifolia* Courbai, Ann. Sci. Nat., Bot., IV, 18: 150 (1862).
  - *Jatropha pelargoniifolia* var. *glabra* (Müll.Arg.) Radcl.-Sm., Kew Bull. 37: 683 (1983).
  - *Jatropha pelargoniifolia* var. *pelargoniifolia*.
  - *Jatropha pelargoniifolia* var. *sublobata* (O.Schwarz) Radcl.-Sm., Kew Bull. 37: 683 (1983).
- *Jatropha peltata* Cerv., Supl. Gaz. Lit. Mexico: 3 (2 July 1794).
- *Jatropha pereziae* J.Jiménez Ram., Acta Bot. Mex. 30: 2 (1995).
- *Jatropha phillipseae* Rendle, J. Bot. 36: 30 (1898).
- *Jatropha platyphylla* Müll.Arg. in A.P.de Candolle, Prodr. 15(2): 1077 (1866).
- *Jatropha podagrica* Hook., Bot. Mag. 74: t. 4376 (1848).
- *Jatropha prunifolia* Pax ex Engl., Abh. Königl. Akad. Wiss. Berlin 1894: 14 (1894).
- *Jatropha pseudocurcas* Müll.Arg., Linnaea 34: 208 (1865).
- *Jatropha puncticulata* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, XVI: 192 (1924).
- *Jatropha purpurea* Rose, Contr. U. S. Natl. Herb. 1: 357 (1895).
- *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill., Adansonia 4: 268 (1864).
  - *Jatropha ribifolia* var. *ambigua* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, III: 28 (1910).
  - *Jatropha ribifolia* var. *ribifolia*.
- *Jatropha riojae* Miranda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 13: 456 (1942).
- *Jatropha rivae* Pax, Annuario Reale Ist. Bot. Roma 6: 185 (1896).
  - *Jatropha rivae* subsp. *parvifolia* (Chiov.) M.G.Gilbert & Thulin, Nordic J. Bot. 11: 414 (1991).
  - *Jatropha rivae* subsp. *quercifolia* M.G.Gilbert & Thulin, Nordic J. Bot. 11: 415 (1991).
  - *Jatropha rivae* subsp. *rivae*.
- *Jatropha robecchii* Pax, Annuario Reale Ist. Bot. Roma 6: 184 (1896).
- *Jatropha robertii* S.Moore, J. Bot. 56: 212 (1918).
- *Jatropha rosea* Radcl.-Sm., Kew Bull. 42: 118 (1987).
- *Jatropha rufescens* Brandegee, Univ. Calif. Publ. Bot. 4: 88 (1910).
- *Jatropha rumicifolia* Fern.Casas, Fontqueria 55: 31 (2001).
- *Jatropha rzedowskii* J.Jiménez Ram., Cact. Suc. Mex. 30: 82 (1985).
- *Jatropha scaposa* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 151 (1991).
- *Jatropha schlechteri* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 28: 24 (1899).
  - *Jatropha schlechteri* subsp. *schlechteri*.
  - *Jatropha schlechteri* subsp. *setifera* (Hutch.) Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 152 (1991).
- *Jatropha schweinfurthii* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 19: 110 (1894).
  - *Jatropha schweinfurthii* subsp. *atrichocarpa* Radcl.-Sm., Kew Bull. 28: 285 (1973).
  - *Jatropha schweinfurthii* subsp. *schweinfurthii*.
  - *Jatropha schweinfurthii* subsp. *zambica* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 154 (1991).
- *Jatropha seineri* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 43: 84 (1909).
- *Jatropha somalensis* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 68 (1910).
- *Jatropha spicata* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 19: 109 (1894).
- *Jatropha spinosa* Vahl, Symb. Bot. 1: 79 (1790).
- *Jatropha spinosissima* Thulin, Nordic J. Bot. 11: 532 (1991).
- *Jatropha standleyi* Steyerm., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 22: 152 (1940).
- *Jatropha stephanii* J.Jiménez Ram. & M.Martínez Gordillo, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 61: 1 (1991).
- *Jatropha stevensii* G.L.Webster, Ann. Missouri Bot. Gard. 74: 117 (1987).

- *Jatropha stigmatosa* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, XVI: 192 (1924).
- *Jatropha stuhlmannii* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenw. Ost-Afrikas, C: 240 (1895).
  - *Jatropha stuhlmannii* subsp. *somaliensis* Radcl.-Sm., Kew Bull. 42: 107 (1987).
  - *Jatropha stuhlmannii* subsp. *stuhlmannii*.
- *Jatropha subaequiloba* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 154 (1991).
- *Jatropha sympetala* S.F.Blake & Standl., Proc. Biol. Soc. Wash. 33: 118 (1920).
- *Jatropha tacumbensis* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, XVI: 191 (1924).
- *Jatropha tanjorensis* J.L.Ellis & Saroja, J. Bombay Nat. Hist. Soc. 58: 834 (1962).
- *Jatropha tehuantepecana* J.Jiménez Ram. & A.Campos Vilb., Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 65: 26 (1994).
- *Jatropha tenuicaulis* Thulin, Nordic J. Bot. 11: 417 (1991).
- *Jatropha tetracantha* Chiov., Fl. Somala 2: 393 (1932).
- *Jatropha thyrsantha* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, VII: 397 (1914).
- *Jatropha tlalcozotitlanensis* J.Jiménez Ram., Cact. Suc. Mex. 30: 80 (1985).
- *Jatropha trifida* Chiov., Fl. Somala 2: 388 (1932).
- *Jatropha tropaeolifolia* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 56 (1910).
- *Jatropha tupifolia* Griseb., Nachr. Königl. Ges. Wiss. Georg-Augusts-Univ. 1: 170 (1865).
- *Jatropha uncinulata* Radcl.-Sm., Kew Bull. 46: 327 (1991).
- *Jatropha unicostata* Balf.f., Proc. Roy. Soc. Edinburgh 12: 94 (1884).
- *Jatropha variabilis* Radcl.-Sm., Kew Bull. 39: 789 (1984).
- *Jatropha variegata* Vahl, Symb. Bot. 1: 79 (1790).
- *Jatropha variifolia* Pax in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 54 (1910).
- *Jatropha velutina* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 37 (1910).
- *Jatropha vernicosa* Brandegee, Zoe 5: 206 (1905).
- *Jatropha villosa* Wight, Icon. Pl. Ind. Orient. 3: t. 1159 (1846).
- *Jatropha weberbaueri* Pax & K.Hoffm. in H.G.A.Engler, Pflanzenr., IV, 147, I: 45 (1910).
- *Jatropha websteri* J.Jiménez Ram., Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 63: 25 (1992).
- *Jatropha weddeliana* Baill., Adansonia 4: 267 (1864).
- *Jatropha woodii* Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(2): 287 (1898).
- *Jatropha zeyheri* Sond., Linnaea 23: 117 (1850).

Synonyme

Für die Gattung gibt es eine Reihe von Synonymen:

- *Adenorhopium* Rchb.
- *Adenoropium* Pohl
- *Castiglionia* Ruiz & Pav.
- *Collenucia* Chiov.
- *Curcas* Adans.
- *Jatropa* Scop., orth. var.
- *Loureira* Cav.
- *Mesandrinia* Raf.
- *Mesandrinia* Ortega
- *Tempate*
- *Zimapania* Engl. & Pax

Literatur

- C. Linnaeus: Species Plantarum (ed.1) 1: 1006, 1753
- Urs Eggli (Hrsg.): *Sukkulentenlexikon Band 2 Zweikeimblättrige Pflanzen (Dicotyledonen) ausgenommen Aizoaceae, Asclepiadaceae, Cactaceae und Crassulaceae*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 2002. ISBN 3-8001-3915-4; dieser Band 2 beschreibt u. a. rund 60 sukkulente Arten der Gattung *Jatropha*.

Weblinks

- Beschreibung der Gattung in der Western Austalian Flora [4] (engl.)
- Kurzbeschreibung der Gattung in der Flora of Zimbabwe [5] (engl.)
- Eintrag bei GRIN [6]
- Internationale Pflanzennamen der Arten [7]
- Jatropha-Plattform: Viele Informationen zu Jatropha und Marktentwicklungen [8] (engl.)

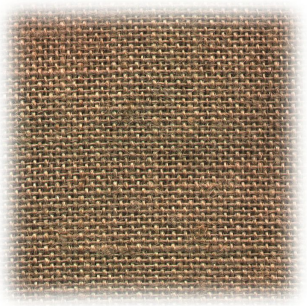
Beträge zu einzelne Arten:

- Steckbrief der *Jatropha ciliata* [9]
- Steckbrief der *Jatropha macrantha* [10]
- Steckbrief der *Jatropha podagrica* [11]

Referenzen

[1] GEXSI Global Market Study on Jatropha: eine Studie über den derzeitigen Stand des weltweiten Jatrophaanbaus, mit mehreren Fallbeispielen, per Download (http://www.jatropha-platform.org/traitement1.php) erhältlich (Stand: Juli 2008)
[2] Sp. Pl.: 1006 (1753).
[3] Artenliste bei Kew Checklists (http://www.kew.org/wcsp/home.do) (*Jatropha* in der Suchbox eingeben); abgerufen am 27. März 2008.
[4] http://florabase.calm.wa.gov.au/browse/profile/21696
[5] http://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/genus.php?genus_id=864
[6] http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/genus.pl?6189
[7] http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Jatropha.html
[8] http://www.jatropha-platform.org/
[9] http://www.boga.ruhr-uni-bochum.de/html/Jatropha_ciliata_Foto.html
[10] http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Jatropha_macrantha_Foto.html
[11] http://www.bogos.uni-osnabrueck.de/Bilder/Site/Jatropha_podagrica(Bluete)(85-12-0552-70).html

Jute

Jute	
	
Fasertyp	Naturfaser, Bastfaser
Eigenschaften	
Faserlänge	Faserbündel bis 300 cm (ca. 20 Einzelfasern); Einzelfaser etwa 2 mm[1]
Faserdurchmesser	2,4 µm (Zelle)[2]
Elastizitätsmodul	17,3 N/mm[2]
Festigkeit	40,3 cN/tex[2]
Bruchkraft	1,2 N[2]
Produkte	Taue, Seile, Kordeln

Jute ist eine Bastfaser aus den Stängeln der *Corchorus*-Pflanzen *Corchorus capsularis* und *Corchorus olitorius*. Diese einjährigen, krautigen Pflanzen erreichen Wuchshöhen von bis zu 4 Metern. Sie stammen aus Ostasien und benötigen ein immerfeuchtes, tropisches Klima (optimale Temperatur 27 bis 31°C, Niederschlag > 1.500 mm/Jahr). *Corchorus olitorius* ist im tropischen Afrika und Asien heimisch. Die Früchte sind giftig.

Anbau

Jute wird insbesondere in den alluvialen Böden des Gangesdeltas in den wechselfeuchten Tropen angebaut. Sie benötigt dort durch die jährlichen Überschwemmungen keinen Dünger und keine Pflanzenschutzmittel. Nach der Aussaat in die vorbereiteten Böden, werden die Pflanzen bei einer Größe von 15-20 cm verzogen und nach etwa vier Monaten geerntet[3] . Die Weltproduktion von Jutefasern lag im Jahr 2007/08 bei etwa 2,7 Mio. t. Größter Produzent war Indien (etwa 1,6 Mio. t), gefolgt von Bangladesch (0,9 Mio. t) und anderen südasiatischen Ländern (Myanmar mit etwa 0,04 Mio. t und Nepal mit etwa 0,02 Mio. t).[4] Die Weltproduktion schwankt etwa zwischen 2,3 und 2,8 Mio. t auf einer Anbaufläche von über 1,3 Mio. ha.

C. olitorius wird im Handel und der Industrie auch als *Tossa Jute*, *C. capsularis* als *Weiße Jute* bezeichnet. Eine Reihe von Pflanzen liefert Fasern, die denen der Jute sehr ähnlich sind aber nicht zur gleichen Gattung gehören, z.B. die Fasern von Kenaf und Roselle. Da die Fasern im Handel letztlich kaum noch zu unterscheiden sind, werden sie oft zu der Kategorie "Jute und ähnliche Fasern" zusammengefasst.[5]

Gewinnung der Fasern

Nach dem Rösten für 20 Tage unter Wasser werden die Fasern von Hand ausgelöst, in fließendem Wasser gewaschen und getrocknet. Vor dem Spinnen werden die Fasern in der Regel mit einem mineralölhaltigen Öl behandelt (sog. Batschen) um die Verarbeitung zu erleichtern. Dieses Verfahren wird aufgrund möglicher gesundheitlicher Schäden kritisiert[6] . Problematisch ist dieses Öl jedoch nur in technischen Anwendungen, z.B. in Automobilen als Türinnenverkleidungen, das es in textilen Anwendungen während des Herstellungsprozesses letztlich wieder ausgewaschen wird.[7]

Eigenschaften

Als Naturfasern sind Jutefasern vollständig biologisch abbaubar. Sie besitzen einen goldenen und seidigen Glanz, folglich wird sie auch „die goldene Faser“ genannt. Sie ist durch ein hohes Wasseraufnahmevermögen, eine geringe Reißfestigkeit (20-25 Rkm) und eine gute Verrottbarkeit gekennzeichnet. Jutefasern haben eine hohe Dehnfestigkeit bei niedriger Dehnbarkeit, was die Qualität als industrielles Garn und Gewebe bedingt. Sie lassen sich gut färben, sind jedoch sehr fäulnisanfällig und riechen streng.

Nutzung

Jutefasern werden u. a. für Verpackungsmaterialien (beispielsweise Säcke), grobe Garne und Teppiche verwendet. Jute gehört zu den „nachwachsenden Rohstoffen“ und ist ein wichtiger Konkurrent zu den heimischen Naturfasern Flachs und Hanf beispielsweise in Faserverbundwerkstoffen.

Die Blätter von *Corchorus olitorius* heißen auf arabisch Malachija oder Nalta und werden als Gemüse gegessen. Teilweise werden sie auch getrocknet und zu einer Suppe verarbeitet. In Indien wird *Corchorus olitorius* auch als Faserpflanze angebaut, die Qualität steht der von *Corchorus capsularis* aber deutlich nach. Als Koppelprodukt von Jute fällt bei der Gewinnung der Faser aus dem Stroh der hölzerne Kern in Form kleiner Bruchstücke (Schäben) an. Hochwertige Anwendungen existieren dafür jedoch nicht.

Wirtschaftliche Bedeutung

Jute ist mengenmäßig nach der Baumwolle die wichtigste Naturfaser. Weltweit leben 10 - 12 Mio Kleinbauern und viele 100.000 Menschen von ihrer Weiterverarbeitung. Durch die Zunahme der Schüttgüter und die Verdrängung mit sythetischen Fasern seit den 70er Jahren brach der internationale Handel sowie die realen Preise stark ein. Nur noch ein Drittel der Fasern gehen in den Export mit einem Handelsvolumen von 0,5 Mio USD. Der Rest wird in den Hauptanbauländern Indien und Bangladesch verbraucht. Hauptimportland ist inzwischen Pakistan[8] . Die Verwendung von Jute als Verpackungsmaterial für den Großhandel ist in Indien gesetzlich vorgeschrieben[9] .

Da die Jute mengenmäßig alle technisch genutzten Naturfasern dominiert, beeinflusst sie maßgeblich die Preise der anderen Naturfasern. In den letzten Jahren wurde eine Fülle neuer Produkte mit hoher Wertschöpfung für Jutefasern entwickelt: Heimtextilien, Verbundwerkstoffe, Geotextilien, Papier, Technische Textilien, Chemieprodukte und Modeartikel. Die steigende Nachfrage nach Jutefasern insbesondere aus Indien (für Verpackungen) und China (u.a. für Verbundwerkstoffe) zusammen mit mehrjähringen schlechten Ernten führte im Dezember 2009 zu der Entscheidung Bangladeschs, ein Exportstopp zu verhängen.[10] Dieses wurde erst im Februar 2010 für bestimmte Qualitäten wieder teilweise aufgehoben und infolge des Embargos stieg der Preis für Jutefasern um 50 bis 100%[11] .

Kulturgeschichte

Die Nutzung von Jute begann in Asien zunächst als Kochgemüse und als Faserquelle für den Eigenbedarf. Erst in der ersten Hälfte des 19. Jhd. begann in der schottischen Stadt Dundee, die in der Folgezeit den Beinamen *Juteopolis* erhielt, die maschinelle Verarbeitung der Faser. Erst hiermit erlangte Jute als Faserlieferant weltweite wirtschaftliche Bedeutung. So erreichte der Juteanbau schon um 1900 eine Anbaufläche von etwa 1 Mio. ha.[12] [13]

Der Slogan *"Jute statt Plastik!"* wurde zum Symbol für die bewusste Entscheidung von Konsumenten gegen die Wegwerfgesellschaft und für soziale und ökologische Verantwortung. Die Jute Tasche wurde 1978 von GEPA eingeführt und 3 Mio. mal verkauft. Sie wird inzwischen durch Baumwolltaschen aus ökologischem Anbau und Fairem Handel ersetzt [14] .

Das *Oxford English Dictionary* nimmt (hierin Walter W. Skeat folgend) eine Verwandtschaft mit oder Ableitung von Sanskrit जट *jaṭa* „(Haar-)Strähne, Zopf“ an[15] , doch wird diese Herleitung im *Hobson-Jobson* als „sehr zweifelhaft“ bezeichnet.[16] Ähnliche Worte mit dieser Bedeutung existieren auch in anderen nordindischen Sprachen, darunter dem Bengalischen, das die Sprache in der Hauptanbauregion ist. Die Pflanze findet bereits bei Theophrast Erwähnung (EIP 4.8.14). Archäologisch sind Jutefasern zum Beispiel im Bronzezeitlichen Shahr-i Sokhta im Iran und in Berenike in Ägypten nachgewiesen.

Literatur

- René T. J. Cappers, Roman Footprints at Berenike. Los Angeles 2006.

Sonstiges

In den Anfangsjahren der Umweltbewegung um 1980 gewann der Slogan "Jute statt Plastik", der auf aus Jute gefertigte Einkaufsbeutel gedruckt war, im deutschsprachigen Raum allgemeine Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit.

Weblinks

- Internationale Jutefaser-Arbeitsgemeinschaft [17]
- „Jutefaser“ in Banglapedia [18]

Referenzen

[1] G. Holzmann, M. Wangelin 2009:*Natürliche und pflanzliche Baustoffe - Rohstoff, Bauphysik, Konstruktion*, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, ISBN 978-3-8351-0153-1

[2] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow 2008. (ohne ISBN)

[3] http://www.tradezone.com/tradesites/ganges_delta.html

[4] FAO 2008: *Jute, Kenaf, Sisal, Abacá, Coir and Allied Fibres* (http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/323/en/SB_JUNE08.pdf), FAO Commodities & Trade Division, Juni 2008

[5] R. R. Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres*, Cambridge / Boca Raton, 2005, ISBN 1855736845 / ISBN 0849325978

[6] N. K. Mehrotra, S. Kumar, M. Anthony 1988: *Carcinogenic Property of JBO(P) Variety of Jute Batching Oil*, Drug and Chemical Toxicology, 11(2), 181 - 193

[7] nova-Institut 2004: *Marktreife von PP-NF-Spritzguss - Überblick über die PP-NF-Spritzguss-Technologie und ihre Eigenschaften*.

[8] http://www.fao.org/docrep/006/y4343e/y4343e03.htm

[9] http://www.tradezone.com/tradesites/ganges_delta.html

[10] The Financial Express: *Govt bans raw jute export to meet local demand* (http://www.thefinancialexpress-bd.com/2009/12/09/86369.html), 9. Dezember 2009.

[11] M. Carus: *Wachsende Nachfrage nach europäischen Hanffasern* (http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1049710), www.oekonews.at, 18. April 2010.

[12] G. Holzmann, M. Wangelin 2009: *Natürliche und pflanzliche Baustoffe. Rohstoffe – Bauphysik – Konstruktion.* Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2009; S. 131-147. ISBN 9783835101531

[13] The Open University: *Dundee, jute and empire* (http://openlearn.open.ac.uk/course/view.php?id=3432).

[14] http://www.zeit.de/2006/24/Selbst-schuld-Jutetuete_xml

[15] Oxford English Dictionary, 2. Auflage 1989, s. v. *jute*[1]

[16] Sir Henry Yule: *Hobson-Jobson. A glossary of colloquial Anglo-Indian words and phrases, and of kindred terms, etymological, historical, geographical and discursive.* J. Murray, Londen 1903. s.v. jute (http://dsal.uchicago.edu/cgi-bin/philologic/getobject.pl?c.1:1:285.hobson)

[17] http://www.jute.org

[18] http://translate.google.com/translate?u=http%3A%2F%2Fbanglapedia.search.com.bd%2FHT%2FJ_0135.htm&langpair=en%7Cde&hl=en&ie=UTF8

- K -

Kaltpressung

Die **Kaltpressung** ist der zentrale Verfahrenssschritt bei der Herstellung kaltgepresster Pflanzenöle in Ölmühlen. In der Kaltpressung werden unter anderem die so genannten nativen oder naturbelassenen Pflanzenöle hergestellt. Das Kaltpressverfahren kommt als erste Bearbeitungsstufe in zentralen Ölmühlen im industriellen Maßstab zur Anwendung, in dezentralen Ölmühlen ist es die einzige Bearbeitungsstufe.

Verfahren

siehe auch Ölpresse

Bei der Kaltpressung werden die Ausgangsstoffe, eventuell in zerkleinerter Form, lediglich in einem einzigen Arbeitsgang ausgepresst. Anschließend kann eine Filtration erfolgen. Im Gegensatz dazu kommen bei der Heißpressung bis zur endgültigen Fertigstellung des Öls mehrere Arbeitsschritte zum Einsatz, auch unter Verwendung chemischer Hilfsstoffe. Der Begriff Kaltpressung allein erlaubt jedoch keine exakte Aussage über die bei der Pressung erreichten Temperaturen. Bei Sojaöl und Maisöl sind Temperaturen von bis zu 75°C möglich, für eine schonende Pressung sollten jedoch 45°C nicht überschritten werden.

Je nach Anforderungen und technischer Entwicklung kommen unterschiedliche Arbeitsgeräte zum Einsatz. Waren Spindelpressen bereits seit der Antike im Einsatz, wird in modernen Ölmühlen meist eine Schneckenpresse eingesetzt. In ihr wird während des Auspressens der Ölprodukte wie bei der Spindelpresse eine nur geringe Reibungswärme erzeugt. Außerdem ist die Produktivität im Vergleich zur Spindelpresse deutlich höher. Entscheidenden Einfluss auf die Temperatur des Öls während des Pressvorgangs hat hierbei dann die Justage der Schneckenpresse (z.B. der Auswahl der Pressdüse). Für den reibungslosen Ablauf des Pressvorgangs ist der Wechsel zwischen Verdichtung und Entspannung des Pressguts entscheidend. Dabei fördert die Entspannung den Ölabfluss vom Pressgut zum Seiher. Das aus der Presse austretende Truböl oder Rohöl enthält noch ca. 0,5 bis 0,6 Gewichtsprozent Feststoffe (Partikel), die die Ölalterung beschleunigen und bei technischem Einsatz zu Filterverstopfungen oder erhöhtem Verschleiß an Werkstoffen führen können. Es wird daher durch Sedimentation (absetzen lassen) und Filtration von Sedimenten und Schwebstoffen gereinigt.

Ergebnis

Bei der Produktion von kaltgepressten Ölen können bei Einsatz geringer Temperaturen alle Inhaltsstoffe der Ausgangsprodukte erhalten bleiben. Diese haben Einfluss auf die Qualitätskriterien wie Geschmack, Geruch, Farbe und Vitamingehalt. Kalt gepresste Öle werden geschmacklich von der verwendeten Ölfrucht/ -saat bestimmt. Im Gegensatz dazu sind Pflanzenöle, die durch Warmpressung und Raffination hergestellt werden, geschmacksneutral, da die leicht verderblichen und daher unerwünschten, für Ernährung und Geschmack jedoch durchaus wichtigen Bestandteile aus dem Öl entfernt werden.[1]

Als Pflanzenöl-Kraftstoff sind sachgerecht hergestellte Pflanzenöle aus Kaltpressung geeignet. Da jedoch i.d.R. keine nachträgliche Abtrennung motorschädigender bzw. emissionserzeugender Begleitstoffe wie Phosphor, Calcium und Magnesium erfolgt, ist eine einwandfreie Qualität des Ausgangsmaterials und des Produktionsprozesses Voraussetzung für einen hochwertigen und normgerechten Biokraftstoff.[2]

Literatur

Edgar Remmele, Bernhard Widmann: Pflanzenölgewinnung in Kleinanlagen. Kapitel 13.2.2 in: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.), 2009: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, 2. Auflage, S.725-735, ISBN 9783540850946

Weblinks

- "Kaltpressung von Pflanzenölen" bei Naturkost.de [3]

Referenzen

[1] *Gesunde Fette* bei www.zentrum-der-gesundheit.de (http://www.zentrum-der-gesundheit.de/gesunde-fette.html) besucht am 24. Juni 2009

[2] Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich - Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen. Berichte aus dem TFZ, Nr. 12. (PDF (http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/15951/bericht_12_gesch_tzt.pdf)) -

[3] http://www.naturkost.de/basics/i1001.htm

Kartoffel

Kartoffel	
	
Blüten der Kartoffel (*Solanum tuberosum*)	
Systematik	
	Asteriden
	Euasteriden I
Ordnung:	Nachtschattenartige (Solanales)
Familie:	Nachtschattengewächse (Solanaceae)
Gattung:	Nachtschatten (*Solanum*)
Art:	Kartoffel
Wissenschaftlicher Name	
Solanum tuberosum	
L.	

Die **Kartoffel** (*Solanum tuberosum*), in Teilen Deutschlands, in Österreich und der Schweiz auch als **Erdapfel** und im restlichen deutschsprachigen Raum unter verschiedenen Regionalnamen bekannt, ist eine Nutzpflanze aus der Familie der Nachtschattengewächse (Solanaceae), zu der auch Tomate, Paprika und Tabak gehören. Das Wort Kartoffel leitet sich von "tartufolo", dem italienischen Wort für Trüffel ab. Der Name der Süßkartoffel (*Ipomoea batatas*) leitet sich von der ähnlichen Verwendung und dem ähnlichen Aussehen der Knollen ab, nicht von einer Verwandtschaft. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird „Kartoffel“ für die unterirdischen Knollen verwendet. Über diese Knollen kann sich die Pflanze vegetativ vermehren.

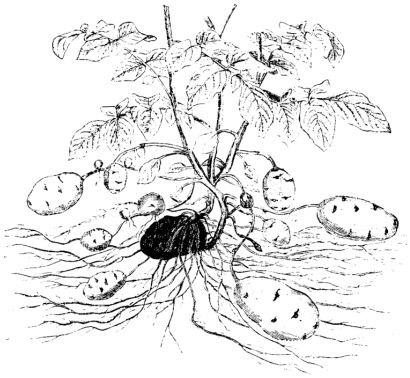
Die Samen werden in tomatenähnlichen Beeren gebildet, welche – wie alle grünen Teile der Pflanze – für Menschen ungenießbar bis leicht giftig sind.

Weltweit werden jährlich etwa 300 Millionen Tonnen Kartoffeln geerntet. Die Kartoffel ist damit in großen Teilen der Welt, auch in Mitteleuropa, ein wichtiges Grundnahrungsmittel.

Beschreibung

Kartoffeln sind aufrecht oder kletternd wachsende, krautige Pflanzen, die über 1 m hoch werden können. Die Sprossachse ist manchmal vierkantig, teilweise sogar geflügelt. Unterirdisch oder knapp über der Oberfläche bildet die Pflanze knollentragende Stolone aus.

Die wechselständig stehenden Blätter sind unpaarig gefiedert, kurzstielig und werden 10 bis 30 cm lang und 5 bis 15 cm breit. Die Teilblätter sind leicht bis stark behaart, stehen sich gegenüber oder sind wechselständig, oft von unterschiedlichster Form und Größe. Die größeren Teilblätter besitzen zum Teil eigene Blattstiele, sind zwischen 2 bis 10 cm lang und 1 bis 6 cm breit. Sie sind eiförmig bis länglich-eiförmig, an der Spitze zugespitzt bis stark zugespitzt. Die kleineren Teilblätter besitzen eine stumpfere Spitze, mit einer eher herzförmigen Basis, meist eiförmig bis kugelförmig und besitzen einen Durchmesser von 2 bis 15 mm.



Unterer Teil einer Pflanze. Die Mutterknolle ist dunkel gezeichnet.

Die Blüten stehen in trugdoldenförmigen Blütenständen. Die Blütenstandstiele sind 5 bis 15 cm lang und behaart, die Blütenstiele sind ebenfalls behaart und 3 bis 35 mm lang. Der Blütenkelch ist glockenförmig, 5-lappig und hat einen Durchmesser von 1,5 bis 2 cm. Die Kelchlappen sind spitz bis stark zugespitzt. Die Kronblätter sind weiß bis blau, die Krone ist doppelt so lang wie der Kelch und hat einen Durchmesser von 3,5 bis 4 cm. Die gelben Antheren stehen frei, aufrecht und porig. Die Frucht ist eine gelblich-grüne, zweikammerige Beere mit vielen Samen.[1]



Früchte der Kartoffelpflanze

Die Keimung erfolgt epigäisch. Am Beginn treten nur die Wurzelanlage und das Hypokotyl aus der Samenschale hervor, während die Keimblätter zunächst noch in ihr verbleiben. Erst später verlassen auch sie die Samenschale, ergrünen und werden zu den ersten Assimilationsorganen. Die zunächst gebildeten Primärblätter sind noch einfacher gebaut als die später gefiederten Folgeblätter.[2]

An den basalen Teilen des Sprosses treiben Achselknospen aus, die in den Boden eindringen und dort waagrecht (plagiotrop) ausläuferartig weiterwachsen und zu den Stolonen werden. Anstatt Laubblättern tragen sie Schuppenblätter. Die Enden dieser Ausläufer verdicken sich und wandeln sich in die Knollen um. Es handelt sich hierbei um ein primäres Dickenwachstum. Es sind also Sprossknollen. Die Knolle besitzt nur kleine, schuppenartige Blätter, die jedoch hinfällig sind, also früh abfallen. In den Achseln der Blattnarben sitzen die Knospen (hier Augen genannt), aus denen die Knolle nach der Ruhephase wieder austreibt. Die Knolle ist polar differenziert: Die Basis, das der Mutterpflanze zugewendete Ende, wird Nabelende genannt. Es ist die Ansatzstelle des Ausläufers, der nach Reifung der Knolle zugrunde geht. An der Spitze sitzt die Endknospe in einer grubenartigen Vertiefung. Beim Wiederaustrieb wächst bevorzugt die Endknospe aus, die dann senkrecht (orthotrop) wachsend einen Luftspross bildet.[2]

In den Schalen der Kartoffel konzentrieren sich Alkaloide, unter anderen Solanin, die eine natürliche Abwehrbarriere zum Beispiel gegen Bakterien und Insekten bilden.


Blatt


Habitus


Kartoffelknollen


Junge Knolle am Stolon


Blüten

Herkunft

Ursprüngliche Herkunft

Die heute kultivierten Kartoffeln stammen von verschiedenen Landsorten ab, die in den Anden vom westlichen Venezuela bis nach Argentinien und der Insel Chiloé bzw. dem Chonos-Archipel im Süden von Chile vorkommen. Auf Chiloé fand man die ältesten bekannten Spuren von wilden Kartoffeln, man schätzt ihr Alter auf 13.000 Jahre. Die chilenischen Landsorten stammen ihrerseits jedoch vermutlich von den peruanischen Andensorten (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) ab, wahrscheinlich nach Hybridisierung mit der Wildart *Solanum tarijense*, die in Bolivien und Argentinien zu finden ist.[3] In dem lange Zeit als Ursprungsland der Kartoffel angesehenen Peru gibt es wiederum mehr als 3.000 endemische Kartoffelsorten. Die meisten können nur in den peruanischen Anden angebaut werden, weil sie aufgrund ihrer geologischen und klimatischen Ansprüche in anderen Weltgegenden nicht gedeihen.[4] Der Hauptunterschied der Andenkartoffel zu den in anderen Anbaugebieten kultivierten Sorten besteht darin, dass sie an andere Lichtverhältnisse (Tag- und Nachtzyklus) angepasst ist.

Kultivierung

Hauptartikel siehe Kulturgeschichte der Kartoffel

Wann, wie und durch wen die Kartoffel nach Europa kam, ist bis heute nicht genau geklärt. Auf ihrem Weg von Südamerika nach Spanien machte die Kartoffel Zwischenstation auf den (spanischen) Kanarischen Inseln. Dies ist bekannt, weil im November 1567 drei Fässer, die Kartoffeln, Orangen und grüne Zitronen enthielten, von Gran Canaria nach Antwerpen, und im Jahre 1574 zwei Fässer mit Kartoffeln von Teneriffa via Gran Canaria nach Rouen verschifft wurden. Geht man davon aus, dass mindestens fünf Jahre nötig waren, um so viele Kartoffel zu erhalten, dass sie zum Exportartikel werden konnten, so fand die Einbürgerung der Pflanze auf den Kanaren spätestens 1562 statt.


Kartoffelanbau, ca. 1910, Russisches Reich

Der früheste Beleg für die Kartoffel in Spanien, findet sich in den Büchern des *Hospital de la Sangre* in Sevilla, das im Jahre 1573 Kartoffeln eingekauft hat. Man nimmt an, dass die Kartoffel Spanien spätestens 1570 und frühestens 1564/65 erreicht hat, da ansonsten der Botaniker Clusius, der das Land 1564 auf der Suche nach neuen Pflanzen bereiste, sie wohl bemerkt hätte. Von Spanien aus gelangte die Kartoffel nach Italien und breitete sich dann langsam auf dem europäischen Festland aus.


Kartoffelernte in der DDR

Auf die britischen Inseln soll die Kartoffel ohne den Umweg über Spanien gelangt sein. Wer die Kartoffel dorthin gebracht hat, ist nicht geklärt. Francis Drake war es jedenfalls nicht, wahrscheinlich auch nicht Walter Raleigh oder Thomas Harriot, Namen, die immer wieder in diesem Zusammenhang genannt werden. Erstmals belegt ist die Kartoffel in England im 1596 in London erschienenen Katalog der Pflanzen, die der Botaniker John Gerard in seinem Garten in Holborn züchtete.[5]

Nach Europa wurde die Kartoffel vielfach wegen der schönen Blüte und des üppigen Laubes als reine Zierpflanze importiert und als seltene Pflanze in botanische Gärten aufgenommen. Mitte des 16. Jahrhunderts tauchte sie in den Niederlanden, in Italien und in Burgund auf. In Deutschland erschien sie erstmals unter der Regierung Karl V.. Nach einigen Quellen sollen die ersten Kartoffeln innerhalb Deutschlands in Oberfranken angebaut worden sein [6] . Der Anbau in großem Stil begann 1684 in Lancashire, 1716 in Sachsen, 1728 in Schottland, 1738 in Preußen und 1783 in Frankreich.

Außerhalb tropischer, arktischer und subarktischer Klimazonen wird die Kartoffel heute weltweit angebaut. Nachdem sich ihre Kultur in Europa durchgesetzt hatte und die Kartoffel zu einem Grundnahrungsmittel geworden war, brachten Europäer sie überall mit, wo sie später Fuß fassten. Im Einzelhandel werden heute neben den einheimischen Kartoffeln auch solche aus Sizilien, von den Kanarischen Inseln, aus Ägypten oder aus Südafrika angeboten. Auf Teneriffa oder auf Madeira wachsen Kartoffeln unter Palmen und neben Bananengärten. Dort sind zwei Ernten im Jahr möglich, der Export erfolgt vornehmlich in die Staaten der Europäischen Union. Aus Gründen des Ertrags werden Kartoffeln im Alpenraum nur noch selten bis auf 2.000 Meter Höhe angebaut.

Systematik

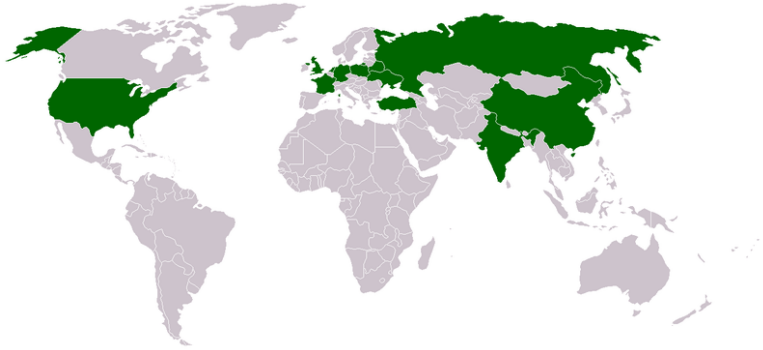
Solanum tuberosum wird innerhalb der Gattung der Nachtschatten (*Solanum*) in die Sektion *Petota* eingeordnet. Zu dieser Sektion gehören schätzungsweise 190 Arten, von denen viele Wildarten sind, die ebenfalls knollentragend sind. Zudem existiert eine große Anzahl an südamerikanischen Landsorten, die zum Teil mit zu *Solanum tuberosum* gerechnet werden, andererseits jedoch auch in bis zu 21 eigene Arten aufgeteilt werden. Die nächsten wilden Verwandten der kultivierten Kartoffel werden im *Solanum brevicaule*-Komplex zusammengefasst. Aufgrund phylogenetischer Untersuchungen konnte die Herkunft der südamerikanischen Landsorten und damit auch der kultivierten Kartoffel auf die südperuanische Art *Solanum bukasovii* aus dem *Solanum brevicaule*-Komplex zurückgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung widerlegten damit die These, dass die kultivierten Kartoffeln mehrere Ursprünge besitzen.[3]

Kartoffelanbau

Wirtschaftliche Bedeutung

Laut der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation FAO [7] betrug im Jahr 2005 die Weltproduktion 322 Millionen Tonnen Kartoffeln.

Die führenden Anbauländer sind: (in Mio. t)



73 % der Welternte von Kartoffeln wird von 12 Staaten erbracht

Land	2005	2003	2002	1995
China	73	68	70	46
Russland	36	37	33	40
Indien	25	25	24	17
Ukraine	19	18	17	15
USA	19	21	21	20
Deutschland	11	10	11	11
Polen	11	14	16	25

In Deutschland nahm die Anbaufläche in den vergangenen Jahren stark ab. Laut dem Statistischen Bundesamt liegt die bundesweite Anbaufläche bei rund 267.400 Hektar Kartoffeln. 1990 waren es noch 548.000 Hektar. Niedersachsen liegt mit insgesamt 114.100 Hektar an der Spitze der Bundesländer. Auf dem zweiten Platz kommt Bayern mit 52.700 Hektar[8] . Die Erntemenge stieg 2004 auf 12,6 Mio. t, gegenüber 9,2 Mio. t im Vorjahr. Deutschland ist zudem wichtigstes Importland für Frühkartoffeln, die überwiegend aus Frankreich, Italien und Ägypten kommen. Wichtige Exportländer sind neben Frankreich die Beneluxstaaten und für Kartoffelprodukte auch Deutschland. Der Selbstversorgungsgrad betrug 2001 in Deutschland rund 108 %.

Marktversorgung von Speisefrühkartoffeln	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Ernte in Tonnen	508.000	447.000	477.000	514.000	453.000	486.000	468.000	559.000
Importe in Tonnen	121.000	136.000	95.000	146.000	112.000	118.000	130.000	107.000

Quelle: Statistisches Bundesamt

Anbaubedingungen

Unter guten Anbaubedingungen können von einem Hektar Ackerland in subtropischen Gebieten zwischen 25 und 35 Tonnen geerntet werden, im tropischen Klima erreichen die Ernten 15 bis 25 Tonnen je Hektar.



Kartoffelfeld in Maine, USA

Für kultivierte Kartoffeln liegen die optimalen Temperaturbedingungen bei einem Tagesmittel zwischen 18 und 20 °C, um die Knollenbildung zu fördern ist eine Maximalnachttemperatur von 15 °C erforderlich, für das Knollenwachstum ist eine Bodentemperatur von 15 bis 18 °C optimal. Sinken die Temperaturen unter 10 oder steigen sie über 30 °C, stellt die Pflanze das Wachstum nahezu ein.

Kultivierte Kartoffeln werden in frühe (90 bis 120 Tage), mittlere (120 bis 150 Tage) und späte (150 bis 180 Tage) Sorten unterteilt. Wird bei zu kalten Temperaturen gepflanzt, können sich diese Angaben jedoch noch erhöhen. Zum erfolgreichen Anbau früher Kartoffelsorten ist eine Tageslänge von 15 bis 17 Stunden erforderlich, spätreifende Sorten erzielen sowohl unter Kurztags- als auch Langtagsbedingungen gute Ernten.

Um die Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen zu unterbinden, wird empfohlen, ein Feld nur alle drei Jahre mit Kartoffeln zu bestellen. Der pH-Wert des Bodens sollte zwischen 5 und 6 liegen, der Bedarf an Nährstoffen liegt bei 80 bis 120 kg Stickstoff je Hektar, 50 bis 80 kg Phosphor je Hektar und 125 bis 160 kg Kalium je Hektar. Der beste Ertrag für Sorten mit einer Reifezeit von 120 bis 150 Tagen wird bei einer Wassermenge von 500 bis 700 mm Niederschlagshöhe erreicht.[9]



Kartoffelfeld von Gut Böckel in Rödinghausen

Europa



Kartoffelfeld in Nakkila (Finnland)

Die Vorbereitung des Ackers auf die Saat erfolgt im Frühjahr. Das Saatbett sollte feinkrümelig sein, um den Saatvorgang, die mechanischen Pflegemaßnahmen und die Ernte zu erleichtern. Der Boden sollte einen guten Luft-, Wasser- und Wärmeaustausch ermöglichen. Flache, große und zusammenhängende Flächen mit feinen, sandigen Böden ohne Steine eignen sich besonders für den Kartoffelanbau. Zudem sind Gebiete mit geringerer Luftfeuchtigkeit, z. B. in trockeneren Regionen oder in höheren Lagen wegen des reduzierten Krankheitsrisikos besonders interessant für den Kartoffelanbau. Die Kartoffeln werden in allen Systemen in Dämmen angebaut, was dem vorher erwähnten Anspruch an den Boden entgegenkommt. Die Pflanzendichte und -anordnung im Feld (Reihen- und Pflanzenabstände) sind abhängig vom Nutzungszweck: Größere Bestandsdichten sind typisch für die Erzeugung von Pflanzgut und haben kleinere Knollen zur Folge. Beim Anbau der Kartoffeln für Nahrungszwecke sind die Bestandesdichten geringer und die Knollen größer.

Das Setzen der Saatgut-Kartoffeln erfolgt durch eine spezielle Legemaschine, welche die kleinen Kartoffelknollen im Abstand von 33 cm in eine Tiefe von 8 bis 10 cm setzt und den bis auf diese Tiefe fein bearbeiteten Ackerboden wieder in Dammform verschließt.

Die Verfahren der Unkrautregulierung sind je nach Anbausystem verschieden. Wichtig ist dabei, dass das keimende Unkraut aus dem Boden gelöst wird und dadurch in der Sonne verdörrt. Diese Maßnahme muss bei entsprechendem Auflauf von Unkräutern so oft wie nötig wiederholt werden, bis die Kartoffelstauden den Boden vollständig abdecken. Meistens überwiegt die mechanische Unkrautbekämpfung, die mit folgenden Geräten betrieben werden kann: Hackgerät mit Gänsefußschar, Vielfachgerät, Rollsternhacke, Netzegge, Dammformer, Dammfräse, Dammstriegel oder gewöhnlicher Striegel.

Gegen Ende der Vegetationszeit, wenn die Knollen genügend groß sind, wird das Kraut abgetötet, um das Wachstum bei der optimalen Knollenbeschaffenheit zu unterbrechen, die Erntefähigkeit herbeizuführen und die Ansteckung der Knollen durch Krankheiten zu verhindern. Für diese Abreifebehandlung gibt es verschiedene Methoden, welche vom Anbausystem abhängig sein können. Dazu gehören das mechanische Zerstören der überirdischen Pflanzenteile und der Einsatz von Pestiziden, um das Wiederaustreiben der Knollen zu verhindern.

Anbau weltweit



Chuños, Kartoffeln, die nach traditionellem Verfahren in Peru und Bolivien im Boden gefriergetrocknet konserviert werden

Dank der großen Anpassungsfähigkeit der Kartoffel wird diese heutzutage praktisch auf der ganzen Welt angebaut. Während der Anbau in entwickelten Ländern über die letzten zwei Jahrzehnte tendenziell abgenommen hat, war in Drittweltländern eine Zunahme zu beobachten, am deutlichsten in Asien. Diese Zunahme beruht sowohl auf der Ausdehnung der Anbauflächen wie auf der einfachen Einbeziehung der Kartoffel in bestehende Anbausysteme: Die Entwicklung von früh reifenden Sorten mit einer Vegetationszeit von 80 bis 100 Tagen erlaubt es z. B. in Indien, die Anbaupause zwischen Reis- und Weizenanbau ideal zu nutzen.

Die Anbautechniken in der Dritten Welt sind sehr unterschiedlich, je nach Wachstums- und Marktbedingungen. In den Anden, Zentralafrika und dem Himalaja werden Kartoffeln hauptsächlich von kleinen Subsistenzbetrieben von Hand angebaut. Ansonsten ist der Anbau in den meisten Regionen stark mechanisiert worden.



Kartoffelernte in Indonesien

Anbaubeispiel Afrika – Äthiopien

In Äthiopien werden Kartoffeln hauptsächlich in Rotations- und Mischanbau („multicropping“)-Systemen während der großen Regenzeit angebaut. Die Saatbettbereitung wird vor der Regenzeit durchgeführt, meist ein bis zwei Monate vor dem Pflanzen. In vielen Regionen ist diese Feldbestellung noch mit Handarbeit oder mit Hilfe von Ochsen verbunden. Als Pflanzgut werden hauptsächlich ganze Knollen verwendet, da diese weniger anfällig auf Krankheiten sind und chemische Pflanzenschutzmittel kaum verwendet werden. Auch die Unkrautkontrolle wird hauptsächlich von Hand erledigt.

Anbaubeispiel Eurasien – Indien

Die Großzahl der landwirtschaftlichen Betriebe in Indien sind kleine Familienbetriebe. Die Kartoffelproduktion erfolgt während des Monsuns von Juli bis September, wie auch im Winter, allerdings nur bei Bewässerung. Je nach Region sind Rotationen von Mais-Kartoffel-Weizen bzw. mit Reis oder Jute üblich.

Anbaubeispiel Amerika – Peru

Peru liegt im Ursprungsgebiet der Kartoffel und noch heute gibt es viele wilde Sorten. Seit ungefähr 7.000 Jahren werden Kartoffeln angebaut und stellten lange Zeit das Hauptnahrungsmittel der Menschen dar. Der Hauptanteil der Kartoffelernte wird von Kleinbauern mit weniger als 3 ha Anbaufläche produziert. Grundsätzlich ist der Kartoffelanbau in zwei Zyklen aufgeteilt: das „frühe Pflanzen“ und das „große Pflanzen“. Je nach Gegend sind die beiden Zyklen unterschiedlich wichtig. In der Fruchtfolge folgen auf Kartoffeln zuerst meist andere südamerikanische Wurzel- oder Knollenfrüchte und danach Quinoa oder Gerste. [10] [11] [12]

Das Internationale Jahr der Kartoffel 2008

Einer Deklaration der UN-Generalversammlung vom November 2005 folgend[13] , wurde am 18. Oktober 2007 in New York das Jahr 2008 als das Internationale Jahr der Kartoffel von den Vereinten Nationen eingeführt.[14]

Die Mission des Internationalen Jahrs der Kartoffel ist, das Bewusstsein für die Bedeutung der Kartoffel als Nahrungsmittel in den Entwicklungsländern zu steigern, Forschung und Entwicklung von kartoffelbasierten Systemen zu fördern und damit zum Erreichen der Millenniumsentwicklungsziele der Vereinten Nationen beizutragen.[15] Die Kartoffel hat ein erhebliches Potenzial, bei der Bekämpfung der Unterernährung beizutragen.[16]

Aus Anlass des Jahrs der Kartoffel gab die Schweizerische Post zudem am 4. März 2008 eine Sonderbriefmarke[17] im Wert von 85 Rappen heraus.

Kartoffelsorten

Weltweit gibt es rund 5.000 Kartoffelsorten. Diese sind aufgrund der vielen verschiedenen Verwendungszwecke und der geographisch weit auseinander liegenden Anbaugebiete gezüchtet worden. Zudem werden ständig weitere Sorten entwickelt. Die weltweit größte Gendatenbank mit zirka 100 wilden und 3.800 in den Anden traditionell kultivierten Kartoffelsorten unterhält das internationale Kartoffelinstitut mit Sitz in Lima, Peru.

Die verschiedenen Sorten können nach der Reifezeit und dem Verwendungszweck unterschieden werden:

Reifezeit



Kartoffel Atlanta

Dieses Kriterium ist für den Produzenten von großer Wichtigkeit. Die Sortenwahl hängt von den klimatischem Bedingungen und der Dauer der Vegetationsperiode ab. Folgende Kategorien werden unterschieden:

- Die **frühreifen Kartoffelsorten** weisen eine Vegetationsperiode von 90–110 Tagen auf. Meist kann man sie im Juni-Juli ernten (wenn die Knollen im März-April gepflanzt worden sind). In Küstengebieten, welche schon früher frostfrei sind, ist sogar noch eine frühere Ernte möglich. Damit die frühreife Kartoffel bereits im Juni–Juli geerntet werden kann, muss schon früh die Anlage für die Knollen gebildet werden sowie auch das Wurzelwachstum schnell erfolgen. Dabei wird nicht nur der Ertrag, sondern auch die Stärkeeinlagerung in die Knollen reduziert, da diese verzögert zum Volumenwachstum erfolgt.

  Beispiele für die frühreifen Sorten sind: Agata, Amandine, Derby, Lady Christl, Lady Felicia

- Die **mittelfrühreifen Kartoffelsorten** weisen eine Vegetationsperiode von 120–140 Tagen auf.

  Beispiele für die mittelfrühreifen Sorten sind: Gourmandine, Bintje, Victoria, Ditta, Nicola, Urgenta, Pamela, Naturella, Désirée, Agria, Eden

- Die **mittelfrüh-späten Kartoffelsorten** weisen eine Vegetationsperiode von 140–160 Tagen auf.

  Beispiele für die mittelfrüh-späten Sorten sind: Atlanta, Lady Jo, Lady Claire, Innovator, Lady Rosetta, Marlen, Fontane, Hermes, Eba, Markies, Panda

Verwendungszweck

Speisekartoffeln werden nach ihren Kocheigenschaften unterschieden. Nach der Handelsklassenverordnung müssen alle im Handel (auch lose) angebotenen Kartoffeln nach diesen Kocheigenschaften eingeordnet werden. In der EU werden Speisekartoffeln in vier Kochtypen eingeteilt, die mit den Buchstaben A bis D sowie Kombinationen daraus bezeichnet werden. Deutsche Kartoffeln werden darüber hinaus mit einem farbigen Streifen auf der Verpackung gekennzeichnet.

- Kartoffel zu Speisezwecken
  - Festkochende Speisekartoffeln

    Kochtypen: A und A-B

    Farbkennzeichnung: grün

    Sorten: Annabelle, Agata, Amandine, Anais[18] , Belana, Charlotte, Cilena, Ditta, Filea, Hansa, Kipfler, Marabel[19] , Linda, Nicola, Primura, Princess, Renate, Selma, Sieglinde, Spunta, Stella, Vitelotte

    Form: Länglich bis oval

    Konsistenz: fest, feinkörnig, feucht

    Kocheigenschaften: Kein Aufspringen

    Geschmack: mild bis angenehm kräftig

    Gerichte: Bratkartoffeln, Gratins, Kartoffelsalat
  - Vorwiegend festkochende Speisekartoffeln

    Kochtypen: B-A und B

    Farbkennzeichnung: rot

    Sorten: Agria, Arkula, Astilla, Atica, Bamberger Hörnchen, Bolero, Christa, Colette, Désirée, Finka, Gala, Gloria, Grandifolia, Granola, Hela, Jelly, Laura, Leyla, Maja, Quarta, Rosara, Saskia, Saturna, Secura, Solara, Satina, Tizia, Ukama

    Form: uneinheitlich

    Konsistenz: feinkörnig, mäßig feucht

    Kocheigenschaften: Geringes Aufspringen

    Geschmack: mild bis angenehm kräftig

    Gerichte: Salz- und Pellkartoffeln, Bratkartoffeln, Suppen
  - Mehlig kochende Speisekartoffeln

    Kochtypen: B-C und C

    Farbkennzeichnung: blau

    Sorten: Adretta, Afra, Arkula, Aula, Bintje, Blauer Schwede, Freya, Karat, Karlena, Koretta, Libana, Likaria, Lipsi, Mariella, Melina, Naturella

    Form: uneinheitlich

    Konsistenz: grobkörnig, trocken

    Kocheigenschaften: häufiges Aufspringen

    Geschmack: angenehm kräftig

    Gerichte: Eintöpfe, Kartoffelpüree
  - übrige Kochtypen

    Kochtypen: C-D und D

    dies sind *keine* Kochtypen im Sinn der Handelsklassenverordnung

Konsistenz: stark mehlig, trocken

Kocheigenschaften: besonders locker bis zerfallend.

- Sorten zur Weiterverarbeitung
  - Veredlungskartoffel

    Pommes Frites: Agria, Eba, Fontane, Innovator

    Pommes Chips: Erntestolz, Fontane, Hermes, Lady Claire, Lady Rosetta

    Kartoffelflocken: Saturna, Eba
  - Wirtschaftskartoffel

    hoher Stärkegehalt
  - Futterkartoffel
  - Pflanzkartoffel

weitere Unterscheidungskriterien

- Stärkegehalt
- Schalenfarbe
  - gelb: Karlena
  - rot: Rode Eersteling
  - blau: Blauer Schwede
- Fleischfarbe
  - weiß: Urgenta
  - hellgelb: Charlotte, Ostara
  - gelb: Bernadette, Gala, Donella
- Knollenform
  - lang: Bernadette
  - oval: Marabel, Donella
  - kugelrund: Gala, Adretta
  - nierenförmig
- Schalenbeschaffenheit
  - glatt: Marabel

Kartoffelsorten sind in Deutschland beim Bundessortenamt in Hannover registriert und unterliegen für dreißig Jahre einem Sortenschutz. Dies bedeutet, dass bei Anbau Lizenzabgaben an den jeweiligen Schutzrechtsinhaber fällig werden können. Dadurch kann es zu Konflikten mit Anbietern kommen, etwa wenn etablierte Sorten nach Ablauf der Schutzfrist vom Markt genommen werden – ein freier Verkauf von Saatgut ist nicht mehr erlaubt (siehe Kartoffelsorte Linda). Die Vermehrung aus eigenen Beständen und der Verkauf zum Verbrauch sind dagegen erlaubt.

In der Schweiz wird die Weiterentwicklung der Kartoffel von den Forschungsstationen Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) betrieben. Die aktuelle Sortenliste umfasst 31 Sorten.

Wichtige Krankheiten und Schädlinge

Pilzkrankheiten der Kartoffelpflanze

- Kartoffelfäule, auch als Kraut- oder Stängelfäule bekannt (*Phytophthora infestans*)
- Dürrfleckenkrankheit oder Hartfäule (*Alternaria solani*)
- Weißhosigkeit, Kartoffelpocken, Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*)
- Pulverschorf (*Spongospora subterranea*)
- Weißfäule (Kartoffel) (*Fusarium coeruleum*)
- Kartoffelkrebs (*Synchytrium endobioticum*)
- Silberschorf (*Helminthosporium solani*)
- Fusarium-Welke (*Fusarium oxysporum*)
- Colletotrichum-Welkekrankheit (*Colletotrichum coccodes*)

Durch Bakterien hervorgerufene Kartoffelkrankheiten

- Schwarzbeinigkeit und Nassfäule (*Erwinia carotovora*)
- Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*)
- Bakterienringfäule (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*)
- Schleimkrankheit (*Ralstonia solanacearum*)

Durch Viren hervorgerufene Kartoffelkrankheiten

- Blattrollkrankheit, verurschat durch Blattrollvirus (Potato leafroll virus, PLRV)
- Strichelkrankheit, verursacht durch Y-Virus
- Mosaikkrankheiten: (Leichte Mosaik-Krankheit und Kräuselmosaik-Krankheit)
- Stängelbuntkrankheit, verursacht durch Tabakmosaikvirus
- Eisenfleckigkeit bzw. Tabak-Rattle-Virus (TRV) oder Tabak-Mosaik-Virus (TMV)

Insekten (Insecta)

- Saatschnellkäfer (*Agrigotes obscurus*)
- Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*)
- Blattläuse (Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*), Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae*))
- Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha*) resp. Waldmaikäfer (*Melolontha hippocastani*)
- Wintersaateule (*Agrotis segetum*)



Larven des Kartoffelkäfers

Asseln

- Kellerassel

Fadenwürmer (Nematoda)

- Goldnematoden (*Heterodera rostochiensis*)
- Stengelälchen (*Ditylenchus dispaci*)

[20] [21]

Lagerung

Damit Kartoffeln das gesamte Jahr über angeboten werden können, werden diese nicht nur aus fernen Anbaugebieten importiert, sondern auch hierzulande eingelagert. Sie werden in dunklen, gut belüfteten Lagerstätten bei 5 bis 10° Celsius und etwa 90 % Luftfeuchtigkeit aufbewahrt. Zum Teil kommen hierbei Keimhemmungsmittel und Fungizide zum Einsatz. Bei einer zu kalten Lagerung würden die Knollen „erfrieren“, die enthaltene Stärke wandelt sich dabei in Zucker um; bei zu warmen Temperaturen und Lichteinfall würden sie zu keimen beginnen und giftiges Solanin bilden. Zu trockene Lagerung lässt die wasserhaltigen Knollen welken, ebenso gilt es Schimmelbildung durch Feuchtigkeitsstau zu vermeiden. Des Weiteren verhindert eine niedrige Schütthöhe schädliche Druckstellen. [22] Das gemeinsame Lagern mit Obst (wie etwa Äpfeln) ist nicht empfehlenswert.



Ergebnis falscher Lagerung

Verwendung

Kartoffeln finden Verwendung als Nahrungs- und Futtermittel sowie zur Herstellung von Stärke und Alkohol. Dabei werden beispielsweise in Deutschland fast 60% der Kartoffelernte direkt als Nahrungsmittel genutzt. Etwa 30 % der Kartoffelernte wird für die Herstellung von Stärke und etwa 4 % für die Ethanolgewinnung genutzt. Von der verbleibenden Ernte fallen etwa 6% als Saatgut und gerade mal 1,2 % als Futtermittel an.[23]



Verschiedene Kartoffelsorten auf einem Markt

Seit Ende des Zweiten Weltkrieges werden in Deutschland immer weniger Kartoffeln gegessen, der Verbrauch hat sich mehr als halbiert. Die Nahrungsmittelindustrie versucht immer mehr Fertiggerichte aus Kartoffeln auf den Markt zu bringen. Kartoffelchips, Pommes frites, Kroketten, Fertig-Rösti und Trockenflocken werden zwar immer mehr konsumiert, als Beilage zum Fleisch werden jedoch auch häufig Alternativen wie Reis und Teigwaren gewählt, die noch leichter zuzubereiten sind.

Futterkartoffel

Preisgünstigere Futterimporte, besonders von stärkereichen Futtermitteln, machen der Kartoffel auch als Viehfutter große Konkurrenz.

Seit dem 19. Jahrhundert werden in Mitteleuropa die Schweine mehrheitlich nicht mehr auf die Weide getrieben, sondern im Stall gehalten. Die früher von den Schweinen so geschätzte Eichel und andere Waldfrüchte wurden zuerst vor allem durch die kostengünstigere Kartoffel ersetzt. Eine Ausnahme sind nur Schweine, die zur Herstellung von Spezialitäten wie dem *Jamón Ibérico de Bellota* gehalten werden. In den letzten Jahrzehnten werden immer mehr Mastmittel auf dem Weltmarkt eingekauft. Gegen die niedrigen Weltmarktpreise des häufig in Entwicklungsländern produzierten Sojas hat die im Inland angebaute Kartoffel einen schweren Stand.

Stärkekartoffel

Neben Kartoffeln gibt es viele Stärkepflanzen die Organe mit einem hohen Gehalt an Stärke besitzen. Stärke stellt oft einen wichtigen Bestandteil der menschlichen und tierischen Ernährung dar. Zudem ist sie ein nachwachsender Rohstoff (Nawaro), der sowohl stofflich als auch energetisch genutzt werden kann (Stärke als nachwachsender Rohstoff). In Deutschland wurden im Jahr 2008 rund 1,53 Mio. t (Europa: 9,4 Mio. t) Stärke produziert. Dabei stammten 42 % der produzierten Stärke aus der Kartoffel. In Europa ist der Anteil der Kartoffel an der Stärkeproduktion mit 16% bzw. 1,5 Mio. t geringer[24] .

Ein Teil der Stärke wird in aufgereinigter Form gewonnen und vor allem in der Nahrungsmittelindustrie und für die stoffliche Nutzung verwendet. Stärke besteht - je nach Art - zu unterschiedlichen Anteilen aus dem verzweigten Amylopektin und der linearen (unverzweigten) Amylose. Da für die industrielle Verwertung vor allem Amylopektin benötigt wird, werden Stärkepflanzen mit möglichst hohem Amylopektingehalt bevorzugt. In Deutschland benötigt die Papier- und Wellpappeindustrie jährlich etwa 50.000 bis 60.000 Tonnen native Kartoffelstärke mit hohem Amylopektingehalt während mehr als 250.000 Tonnen für die Herstellung von modifizierten Stärken (vor allem Dextrine, Stärkeester und -ether) genutzt werden. Diese Modifikate werden zu etwa 50% in der Papierindustrie als Papierstärke genutzt, weitere 17% gehen in die Produktion von Pappen und Klebstoffen. Das verbleibende Drittel wird in der Lebensmittelindustrie genutzt, vor allem für Fruchtzubereitungen und Milchprodukte.

Biotechnologie

In der EU befindet sich seit 1996 die gentechnisch veränderte Stärke-Kartoffelsorte Amflora im Zulassungsverfahren, deren Stärke fast ausschließlich aus Amylopektinen besteht[25] . Daneben hat auch das Fraunhofer-Institut für Molekulare und Angewandte Ökologie (IME) mit dem Tilling-Verfahren eine Karoffelsorte gezüchtet, die ausschließlich Amylopektin enthält. Tilling steht für "Targeting Induced Local Lesions In Genoms" und ist ein Züchtungsvefahren bei dem durch Zugabe von Chemikalien die natürliche Mutationsrate von Pflanzengenomen erhöht wird. Daher kommt dieses Verfahren ohne gentechnische Veränderung aus. [26]

Inhaltsstoffe, Nährwert und ökotrophologische Besonderheiten

Gepellte/geschälte Kartoffeln enthalten:

- ca. 15 Prozent Kohlenhydrate (Stärke)
- ca. 2 Prozent Eiweiß
- ca. 0,1 Prozent Fett
- ca. 2,1 Prozent Ballaststoffe
- ca. 78 Prozent Wasser
- ca. 1 Prozent Mineralstoffe und Spurenelemente wie Natrium, Kalium, Calcium, Phosphor und Eisen
- zahlreiche Vitamine, hauptsächlich Vitamin C, aber auch Vitamin A und Vitamine der B-Gruppe

- Stoffe, die für den Geschmack und den Geruch der Knolle verantwortlich sind; etwa 140 chemische Verbindungen wurden in rohen, gekochten oder dehydrierten Kartoffeln entdeckt. Die wichtigsten sind 1-Octen-3-ol, (E)-2-Octenol, (E)-2-Octanal und Geraniol, sowie 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin, welches die erdige Note im Geruch und Geschmack hervorruft. Derivate des Pyrazin sind es auch, die das Aroma gebackener Kartoffeln ausmachen.[27]

Eiweiß liefert die Kartoffel zwar in bescheidener Menge, dafür ist es aber vergleichsweise hochwertig. Von allen pflanzlichen Eiweißlieferanten hat sie den höchsten Anteil an verwertbarem Eiweiß, das Kartoffeleiweiß verfügt also über eine hohe biologische Wertigkeit. Besonders reich ist das Knollengewächs an den Vitaminen B1, B2 und C.

100 Gramm frische Kartoffeln entsprechen einer Energiemenge von etwa 298 Kilojoule, das entspricht 70 Kilokalorien.[28]

Kartoffelschalen und grüne Kartoffeln enthalten gegenüber geschälten normalen Kartoffeln ein mehrfaches an Alkaloiden, allen voran das für die Gattung der Nachtschatten typische Solanin, welches in allen Teilen einer Kartoffelpflanze in größerer Menge vorkommt. Aus diesem Grunde sollte man Kartoffelschalen und grüne Kartoffeln nicht - besonders nicht in größeren Mengen - für die Ernährung oder Fütterung verwenden. Man betrachtet 200 Milligramm pro Kilogramm Knollen als Grenzwert für giftige Kartoffeln.

Neben Solanin enthalten grüne Knollen und Keimlinge Chaconin und Leptine.

Regionale Namen



Grumbeer-Straßenschild neben dem Deutschen Kartoffelmuseum in Fußgönheim

Es haben sich zahlreiche Regionalnamen für die Kartoffel entwickelt, darunter Arber, Ärpel, Bramburi (im Norden Niederösterreichs, vermutlich aus dem tschechischen von Lilek brambor abgeleitet), Erdapfel (Erdtoffel), Erdbirn, Flezbirn, Grübling, Grundbirn, Knulle (im Süden von Brandenburg), Krumbiir, Krumbeer, Nudel, Schucke, Bulwe, Kästen und Erpfel. Im Plattdeutschen wird sie Tüfte oder Pipper genannt. In Franken verwendet man noch vereinzelt die Bezeichnung Potacken oder, näher an der Aussprache, Bodaggn. In Teilen von Rheinland-Pfalz und dem Saarland nennt man die Kartoffeln Grumbeere oder Grumbiere, so auch in der benachbarten Kurpfalz oder in Nordbaden, im Luxemburgischen sagt man Gromper. In Trier wird Gromper aber eher als „Krumpa“ ausgesprochen. Dafür wird in Schwaben das ähnliche Wort Grombiera verwendet. Im österreichischen Deutsch heißen sie Erdäpfel, im Salzburger Lungau sagt man Eachtling dazu. Auf Grund unterschiedlicher Dialektvarianten können die Namen bereits von Ort zu Ort wechseln: *Ebbiera* und im Nachbarort heißen die Kartoffeln schon: *Eaberra*.

Das Wort „Grumbier“ (Erd-Birne) hat sich auch in den südslawischen Sprachen verbreitet: Im Bereich von Ex-Jugoslawien heißt die Kartoffel Krumpir.

Ähnlich ist Kumpir, ein türkisches Fastfood-Gericht, es besteht vor allem aus großen Kartoffeln.

Im Russischen und Polnischen wurde dagegen „Kartoffel“ als Fremdwort übernommen, wobei in Polen auch der Begriff „ziemniak“ (Erdling) verbreitet ist. Der tschechische Begriff „brambor“ leitet sich von „Braniborsko“ (Brandenburg) ab, von wo aus die Kartoffel einst nach Böhmen eingeführt wurde.

Weblinks

- Kartoffelsortenliste des deutschen Bundessortenamts (2007) [29] (PDF-Datei; 303 kB)
- Centro Internacional de la Papa [30] bei Lima, Peru
- Zur Geschichte der Kartoffel (Innsbrucker Nachrichten 1873) [31]
- Encyclopedia of Life: umfassende Informationen zur Pflanze [32] (englisch)
- United Nations International Year of the Potato 2008 [33] (englisch)
- Leitsätze des Deutschen Lebensmittelbuches für Kartoffelerzeugnisse [34] (PDF-Datei; 80 kB)

Referenzen

[1] James A. Duke: *Solanum tuberosum L.* (http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Solanum_tuberosum.html#Description) In: *Handbook of Energy Crops.* 1983, unveröffentlicht.

[2] W. Troll: *Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie. Erster Teil*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1954, S. 226-230. (ohne ISBN)

[3] David M. Spooner, Karen McLean, Gavin Ramsay, Robbie Waugh, und Glenn J. Bryan: *A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping*. In: *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. Volume 102, 2005. Seiten 14694-14699. doi: 10.1073/pnas.0507400102 (http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0507400102)

[4] Centro Internacional de la Papa: *Papas nativas poseen ventajas comparativas que deben ser aprovechadas* (http://www.cipotato.org/pressroom/press_releases_detail.asp?cod=31&lang=spa) (2006)

[5] Jos. A. Massard: 300 Jahre Kartoffel in Luxemburg: (I) Europa entdeckt die Kartoffel. (II) Grundbirne, Grompir, Gromper: die Kartoffel erobert Luxemburg. (III) Die Kartoffel in Luxemburg im 19. Jh. (http://massard.info/pdf/kartoffel_LJ2009.pdf) *Lëtzebuerger Journal* 2009, [I] Nr. 15 (22. Jan.): 23; Nr.16 (23. Jan.): 10, Nr. 17 (24./25. Jan.): 11; [II] Nr. 18 (27. Jan.): 23, Nr. 19 (28. Jan.): 21; [III] Nr. 20 (29. Jan.): 9, Nr. 21 (30. Jan.): 21. Text mit Referenzen. (http://massard.info/pdf/kartoffel_anmerkungen.pdf)

[6] *Erster feldmäßige Kartoffelanbau in Bayern.* (http://www.historisches-franken.de/kartoffelanbau.htm) historisches-franken.de, abgerufen am 27. Mai 2007.

[7] Statistik der [[Ernährungs- und LandwirtschaftsorganisationlFAO (http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=116&year=2005)]]

[8] Henke, Detlef: Kartoffel-Anbau-Rangliste der Bundesländer basierend auf den Daten des Statistischem Bundesamtes (http://www.detlef-henke.de/news/niedersachsen-ist-kartoffelland/)(Daten Juni 2009]

[9] AGLW Water Management Group: *Crop Water Management - Potato* (http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/potato.stm). FAO. Online Resource, abgerufen am 13. Juni 2007.

[10] CIP-Forschung (http://research.cip.org)

[11] Beukema, van der Zaag: *Introduction to Potato Production.* Pudoc Wageningen 1990

[12] Paul M. Harris: *The potato crop.* Chapman and Hall 1992

[13] United Nations Declaration (http://www.potato2008.org/en/aboutiyp/background.html) gefunden am 29. Februar 2008

[14] Launching of the International Year (http://www.potato2008.org/en/events/index.html) gefunden am 29. Februar 2008

[15] IYP concept (http://www.potato2008.org/en/aboutiyp/concept.html) gefunden am 29. Februar 2008

[16] Die Kartoffelchance 1999 (http://docserver.bis.uni-oldenburg.de/publikationen/bisverlag/2000/alikar99/pdf/dokument.pdf)

[17] Kartoffel-Sondermarke (http://www.post.ch/de/pm-1-2008-jahr-der-kartoffel-085.jpg)

[18] Anais (http://www.bakker.ch/r_15231-007/Kartoffeln/Kartoffeln-AnaÃ¯s.htm)

[19] Sorte Marabel (http://www.funks-kartoffeln.com/rundumdiekartoffel/kartoffeln/marabel/index.html)

[20] Umfangreiche Beschreibungen der Kartoffelkrankheiten (http://www.hanns-blomenkemper.de/index2.htm)

[21] oekolandbau.de (http://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzliche-erzeugung/pflanzenschutz/schadorganismen-im-ackerbau/)

[22] Toffi KISS-Projekt (http://www.toffi.net/kiss/lagerung.htm), begleitende Webseite zur Ausstellung über die Kartoffel, Prof. Wilfried Ahrens, Fachhochschule Weihenstephan

[23] *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2007.* Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup 2008; Zahlen für Deutschland 2005/6 (in 1000 t): Inlandsverwendung insgesamt: 9.687; Saatgut 602; Futter: 108; Verluste: 287; Verwendung für Stärkeherstellung: 2.964 (ergibt 710 kt Stärke); Verwendung für Alkoholherstellung: 156 (ergibt 177 khl Alkohol); Nahrungsverbrauch: 5.572

[24] *Zahlen und Daten zur deutschen Stärkeindustrie.* (http://www.staerkeverband.de/html/zahlen.html) Angaben vom Fachverband der Stärke-Industrie e.V.

[25] www.bioSicherheit.de: Gv-Stärkekartoffel als Nachwachsender Rohstoff: Amflora - eine Kartoffel für die Industrie. (http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/staerke/32.doku.html) Abgerufen am 200904-08.

[26] Fraunhofer-Gesellschaft: Turbo-Züchtung schafft Super-Kartoffel (http://www.fraunhofer.de/presse/presseinformationen/2009/12/super-kartoffel.jsp), Presseinformation vom 8.12.2009

[27] G. Reineccius: *Sourcebook of Flavors.* 2. Auflage. Springer 1993. ISBN 978-0-8342-1307-4. S. 362

[28] *Souci/Fachmann/Kraut.* Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 5. Auflage, 1994.

[29] http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_kartoffeln_2007.pdf

[30] http://www.cipotato.org/cip/about.asp

[31] http://anno.onb.ac.at/cgi-content/anno?apm=0&aid=ibn&datum=18731122&seite=17&zoom=2
[32] http://www.eol.org/taxa/16835889
[33] http://www.potato2008.org
[34] http://www.bmelv.de/cln_045/nn_854172/SharedDocs/downloads/02-Verbraucherschutz/Lebensmittelsicherheit/LeitsaetzeGesc-OrdnungLebensmittelbuch/LeitsaetzeKartoffelerzeugnisse,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/LeitsaetzeKartoffelerzeugnisse.pdf

Karton (Werkstoff)

Karton ist ein aus Zellstoff, Holzschliff und Altpapier hergestellter Werkstoff, welcher unter anderem in Druckereien als Druckuntergrund, in der Verpackungsindustrie zum Schutz von Packgut sowie im grafischen Gewerbe und im Kunstgewerbe als künstlerischer Werkstoff und als Gestaltungsuntergrund eingesetzt wird. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Papier mit einer größeren Dicke.



Wellpappe aus Karton

Eigenschaften

Karton ist in der Regel mehrlagig, besteht also aus mehreren Lagen von Papier unterschiedlicher Dicke und teilweise aus unterschiedlichem Material, die ohne Einsatz von Klebstoff miteinander verpresst (vergautscht) werden. Eine Seite kann - insbesondere beim Faltschachtelkarton - dabei gestrichen sein. Auch verklebte Kartons werden hergestellt. Die Grammatur von Karton beträgt zwischen 150 und 600 g/m^2, sodass der Werkstoff sowohl in den Bereich der Papiere wie auch den der Pappen reicht.

Herstellung

Die Herstellung von Karton verläuft ähnlich wie die Papierherstellung. Hochwertiger Karton (zum Beispiel Faltschachtelkarton) besteht meistens aus mindestens drei Lagen, wobei die Außenlagen auf Festigkeit und die innere auf Volumen optimiert werden. Im ersten Arbeitsschritt werden Zellstoff und Altpapier für die Weiterverarbeitung vorbereitet. Hierbei wird der Zellstoff, sofern nicht schon entsprechend angeliefert, in seine Fasern zerlegt und zu einem wässrigen Brei zermahlen.

Das Altpapier wird von Fremdkörpern und Schmutz befreit und ebenfalls zermahlen. Dieser Recyclingstoff kann nur zu einem bestimmten Anteil beigemengt werden, da die ursprüngliche Faser in jeder Wiederaufbereitung kürzer wird, bis sie sich schließlich nicht mehr richtig mit den anderen Fasern festigen kann und somit das Endprodukt keine ausreichende Stabilität erhält. Nach weiterer Bearbeitung, u. a. dem chemischen Deinking (Entfärben), wird auch das Recyclingmaterial zu einer wässrigen Lösung mit Wasser und Zusatzstoffen vermengt und dem Zellstoff beigefügt.

Dieser Brei wird nun auf ein siebartiges Endloslaufband der Kartonmaschine aufgebracht. Dadurch richten sich die im Brei enthaltenen Fasern nach der Laufrichtung des Siebes aus. Diese Laufrichtung ist bei der späteren Verarbeitung des Karton zu Faltschachteln enorm wichtig. Die entstehenden Papierbahnen werden nass aufeinander gepresst (gegautscht).

In der Kartonmaschine durchläuft diese Endlosbahn diverse Walz- und Trocknungszylinder (Kalander). Nachdem die letzte Phase der Trocknung abgeschlossen ist, wird auf die Endloskartonbahn ein so genannter „Strich“

aufgebracht. Der Strich ist eine weiße Flüssigkeit, die zum Großteil Kalk, Füllstoffe und Bindemittel enthält, wobei die Zusammensetzung und Art der eingesetzten Stoffe stark variieren kann. Der Verbund aus Rohkarton und Strich durchläuft im nun folgenden, vorletzten Arbeitsschritt noch einmal eine Walz- und Trocknungsphase. Der Karton kann – je nach Anforderung – auf der „Strich-“Seite noch zusätzlich von einem verchromten Kalander geglättet werden. Im letzten Schritt wird die Endloskartonbahn in Einzelbogen zerschnitten und palettiert.

Spezielle Kartonarten

Bristolkarton

Bristolkarton ist ein aus drei oder mehr Lagen zusammengeklebter Karton. Die beiden Deckschichten werden aus holzfreien Stoffen hergestellt. Die mittlere Einlage ist im Allgemeinen holzhaltig. Dadurch weist er eine hohe Biegesteifigkeit auf und ist nut- und rillfähig.

Verbundkarton

Verbundkarton ist ein aus Karton und weiteren Materialien, zum Beispiel Metallfolien und Kunststoffen, hergestellter Karton. Häufige Verwendung findet er beim Getränkekarton, bei dem mehrere Deck- oder Zwischenschichten aus Polyethylen (PE) und Aluminium aufgetragen werden, um ein Durchweichen des Kartons beziehungsweise den Kontakt des Füllguts mit Licht und Luft zu verhindern.

Halbkarton

Als Halbkarton wird Karton mit einem Flächengewicht zwischen 130 bis 170 g/m² bezeichnet.[1]

Nutzung

Karton wird vor allem in der Verpackungsindustrie verwendet und dient zur Herstellung von Faltschachteln und anderen Verpackungen, Feinkartonagen, Buchdeckel, Displays, Papierbecher, Getränkekartons und weitere Produkte.

Siehe auch

- European Carton Makers Association (ECMA)
- Pappmaché

Literatur

- Verband Deutscher Papierfabriken e.V.: *Papier-ABC.* Verband Deutscher Papierfabriken e.V., 2005.
- Joachim Elias Zender: *Lexikon Buch Druck Papier,* Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 2008

Referenzen

[1] *Halbkarton*. In: Joachim Elias Zender: *Lexikon Buch Druck Papier*, Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 2008, Seite 125

Kasein

Casein oder **Kasein** (lat. *caseus* = Käse) ist der Name für denjenigen Proteinanteil der Milch der höheren Säugetiere, der nicht in die Molke gelangt und der beispielsweise zu Käse weiterverarbeitet wird. Es ist eine Mischung aus mehreren Proteinen (αS1, αS2, β, κ) und dient unter anderem dem Speicher und Transport von Protein, Calcium und Phosphat zum Neugeborenen. Casein bildet in der Milch zusammen mit Calciumphosphat und anderen Bestandteilen sogenannte Micellen, die das Calciumphosphat gelöst halten und die Milch im Magen zu einem Klumpen aggregieren, was die Verdauung erleichtert.[1]

Casein ist der Hauptbestandteil von Quark (Topfen) und Käse, die durch Gerinnung des Caseins ihre feste Konsistenz erhalten. Casein wird nicht nur als Lebensmittel, sondern auch als Bindemittel und pharmazeutischer Hilfsstoff verwendet. Es gibt Allergien auf Casein, jedoch sind diese selten. Die Caseine sind die häufigsten Milchproteine, die etwa 80 % der Gesamtproteinmenge in der Milch ausmachen. Die übrigen Proteine werden auch als Molkenproteine zusammengefasst.

Bestandteile des Casein

Als Beispiel die folgende Tabelle, die die Bestandteile des Kuh-Casein auflistet.

Protein	Menge im Liter Kuhmilch[1]	Anzahl Aminosäuren	UniProt-Eintrag
αS1-Casein (Kuh)	10 g	199	P02662 [2]
αS2-Casein (Kuh)	2,6 g	207	P02663 [3]
β-Casein (Kuh)	9,3 g	209	P02666 [4]
κ-Casein (Kuh)	3,3 g	169	P02668 [5]
	26 g insgesamt		

Im Gegensatz zur Kuhmilch sind in der Menschenmilch das β- und das κ-Casein die Hauptproteine. In der folgenden Tabelle Einzelheiten und Links über Casein in menschlicher Milch.

Protein	Gen	Chromosom	Anzahl Aminosäuren	OMIM-Eintrag	UniProt-Eintrag
αS1-Casein (Mensch)	CSN1S1 [6]	4q21.1	170	115450 [7]	P47710 [8]
Casein S2α-like A (Mensch)	CSN1S2A [9]	4q13.3	27	-	Q8IUJ1 [10]
β-Casein (Mensch)	CSN2 [11]	4q21.1	211	115460 [12]	P05814 [13]
κ-Casein (Mensch)	CSN3 [14]	4q21.1	162	601695 [15]	P07498 [16]

Biologische Bedeutung

Casein ist für das junge Säugetier die wichtigste Protein-, Calcium- und Phosphatquelle. Kuhmilch enthält 2,6 % Casein (d.h. etwa 26 g/L; bei einmägigen Säugetieren bedeutend weniger) und macht etwa 80 % des Gesamtmilchproteins aus.

Verdauung von Casein

Durch die Erhitzung, Säurezugabe oder verstärkt durch Zugabe des Enzyms Pepsin findet ein Teilabbau des Caseins statt, was Casein aus Käse und Quark leichter verdaulich macht als das in der Rohmilch.

Casein kann bei Menschen als Allergen wirken und sehr heftige, sogar lebensbedrohliche Reaktionen auslösen. Eine Allergie auf Casein ist recht selten zu beobachten. Diese darf aber auf keinen Fall mit einer Laktoseintoleranz verwechselt werden, bei der es sich um eine enzymbedingte Unverträglichkeit gegenüber Milchzucker handelt.

Weiterhin scheint es, dass manche Menschen Casein (ebenso wie auch Gluten, d.h. Getreide-Klebereiweiß) nicht vollständig verdauen können, und dass die in diesem Fall zurückbleibenden unverdauten Peptide, auch Exorphine genannt, auf das Gehirn und Nervensystem dieser Menschen eine Opioid-artige Wirkung entfalten.

Gewinnung

Natives Casein wird hauptsächlich durch Mikrofiltration gewonnen. Als Trennkriterium dient dabei die Partikelgröße. Im Retentat verbleiben hauptsächlich Caseine und kleinere Anteile an Molkenprotein sowie Lactose, im Permeat befinden sich hauptsächlich Mineralsalze, Lactose, Molkenproteine und kleine Anteile an Caseinsubmizellen.

Denaturiertes bzw. funktionell verändertes Casein bzw. Caseinat lässt sich mit Hilfe einer Säurefällung und anschließender Neutralisierung mittels Calciumhydroxid, Kaliumhydroxid oder Natronlauge herstellen. Durch Filtration oder Zentrifugation wird anschließend das denaturierte Casein abgetrennt. In den meisten Fällen wird das zu fällende Protein mittels verschiedener Verfahren zuvor aufkonzentriert.

Technische Verwendung

Casein wird technisch neben der Nutzung als Lebensmittel auch als Rohstoff für verschiedene Verarbeitungszwecke verwendet. Dabei spielt insbesondere seine Nutzung als Bindemittel in Kaseinfarben, als Kaseinleim (sog. *Caseinleim*, z. B. als Etikettierleim bei der Etikettierung) oder auch als Fotolack in der Ätztechnik eine Rolle. Caseinleim soll schon von den chinesischen und ägyptischen Schreinern des Altertums zum Verleimen von Möbeln genutzt worden sein. Färber benutzten Kasein als Bindemittel beim Färben von Leder und Stoffen.



Caseinaufbereitungsanlage

Vom Ende des 19. Jahrhunderts bis in die 1930er Jahre war es Ausgangsmaterial für den Kunststoff Galalith, der u.a. für Knöpfe und Schmuck, aber auch zu Isolationszwecken für elektrische Anlagen verwendet wurde. Caseinhydrolysate oder Peptone aus Casein werden in der Mikrobiologie zum Teil als Bestandteil von Nährböden oder Nährlösungen zur Kultivierung von Mikroorganismen verwendet.

Literatur

- The Merck Index, 10th Ed. (1983), Rahway, NJ

Weblinks

- Casein bei Kremer Pigmente [17]
- Lexikon von Thomas Seilnacht [18]

Referenzen

[1] Dairy Chemistry and Physics (http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/chem.html)
[2] http://www.uniprot.org/uniprot/P02662
[3] http://www.uniprot.org/uniprot/P02663
[4] http://www.uniprot.org/uniprot/P02666
[5] http://www.uniprot.org/uniprot/P02668
[6] http://www.genenames.org/data/hgnc_data.php?hgnc_id=2445
[7] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=OMIM&dopt=Detailed&tmpl=dispomimTemplate&list_uids=115450
[8] http://www.uniprot.org/uniprot/P47710
[9] http://www.genenames.org/data/hgnc_data.php?hgnc_id=20230
[10] http://www.uniprot.org/uniprot/Q8IUJ1
[11] http://www.genenames.org/data/hgnc_data.php?hgnc_id=2447
[12] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=OMIM&dopt=Detailed&tmpl=dispomimTemplate&list_uids=115460
[13] http://www.uniprot.org/uniprot/P05814
[14] http://www.genenames.org/data/hgnc_data.php?hgnc_id=2446
[15] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=OMIM&dopt=Detailed&tmpl=dispomimTemplate&list_uids=601695
[16] http://www.uniprot.org/uniprot/P07498
[17] http://kremer-pigmente.de/63200.htm
[18] http://www.seilnacht.com/Lexikon/Casein.htm

Kaseinfarbe

Kaseinfarbe ist ein Anstrichmittel (ugs. *Farbe*), bei der die Pigmente mit einem Bindemittel auf Basis von Kasein gebunden sind. Der Einsatz von Kaseinfarbe als Kaseinleimgebunde Farbe ist eine traditionsreiche Maltechnik im Bereich der Kunst, seit der Entwicklung der Acrylfarben hat sie an Bedeutung verloren.

Die bekannteste Marke für Kaseinfarben ist Plaka, sie wird im künstlerischen und dekorativen Bereich, und insbesondere in Kindergärten und Schulen, verwendet. Die Farbe hat hervorragende Farbbrillanz und Deckfähigkeit, sie ist aber nicht unbedingt witterungs- oder nässebeständig.

Bestandteile einer Kaseinfarbe

Kasein ist der Hauptbestandteil der Milcheiweiße und wird durch Ausfällung gewonnen. Hierbei kann etwa Magermilch verwendet werden, wobei auf einen niedrigen Fettgehalt und einen höheren Eiweißgehalt wert zu legen ist. Ersteres beeinflusst die Bindekraft negativ während letzteres genau dafür zuständig ist. Im Allgemeinen sind Kaseine verarbeitungsfertig im Fachhandel erhältlich.

Das getrocknete Kaseinpulver ist nicht wasserlöslich und wird zur weiteren Verwendung in warmem Wasser vorgequollen und durch eine sanfte Lauge aufgeschlossen, zum Beispiel durch Hirschhornsalz – das ist Ammoniumcarbonat (*Ammoniumkasein*), Borax (*Boraxkasein*), oder auch gelöschten Kalk (*Kalkkasein*)). Beim Aufschließen des Kaseins sollte die maximale Laugenzugabe einen Wert von 25 % nicht überschreiten.

Die anderen Bestandteile der Kaseinfarben sind Wasser als Lösungsmittel, Farbmittel und Chinesischer Ton (*China Clay*), Champagner-Kreide oder Sumpfkalk als Füllstoff.

Eigenschaften der Kaseinfarbe

Kasein ist ein natürliches, organisches Bindemittel. Durch seinen natürlichen Ursprung dient es als Nährboden für Bakterien und Pilze. Um einen solchen Befall zu verhindern, fügt man Kaseinfarben häufig ein Konservierungsmittel (z. B. Borax) hinzu. Borax vermindert aber die Feuchtebeständigkeit, da es als Alkaligeber wirkt und daher, anders als zum Beispiel Ammoniak (eine flüchtige Substanz), ständig im getrockneten Film zugegen ist. Einen guten Schutz gegen Pilz- und Bakterienbefall bietet auch der Einsatz von Kalk. Kalk als Aufschlussmittel vernetzt das Kasein besser als Borax und setzt die Wasserfestigkeit nicht herunter. Daher ist Kalziumkasein das Mittel der Wahl in der Wandmalerei.

Die Haltbarkeit, das angenehme Arbeiten und Farbtiefe bei gleichzeitig leicht mattem Auftrocknen gelten als Vorzüge der Kaseinfarben. Die Auswahl der Pigmente spielt dabei schon in der Herstellung eine entscheidende Rolle. Der überwiegende Teil der Pigmente sind Erd- oder Mineralfarben. Die Farben sind untereinander exzellent mischbar, so dass sich leicht eine Farbharmonie einstellt. Einerseits kann – wie in der Ölmalerei – „Nass-in-Nass“ gearbeitet werden, nach der zügigen Trocknung aber auch lasierend in Schichttechnik.

Je nach eingesetztem Aufschlussmittel kann eine Kaseinfarbe wasserfest sein und somit im Außenbereich Verwendung finden. Für den Einsatz als Kaseinfarbe wird meistens säureausgefälltes Kasein eingesetzt. Um Wasserfestigkeit zu erreichen, sollte aber Kalziumkasein oder Ammoniumkasein zum Einsatz kommen. Die wasserfesten Farben besitzen jedoch keine Alkalibeständigkeit. Generell sollte bei der Herstellung auch auf alkalibeständige Pigmente Wert gelegt werden, da Kaseinleime im alkalischen Milieu liegen. Dann sind aber der Pigmentpalette Grenzen gesetzt.

Die Bindekraft der Kaseinfarben ist extrem hoch, so dass besondere Sorgfalt in der Verarbeitung nötig ist. Wehlte erwähnt, dass trocknendes Kasein *sogar die Glasur von Porzellangefäßen als auch die Emaille eiserner Schalen und Töpfe absprengt.* [1] Daher ist bei deckendem Auftrag auf ausreichend Füllstoff zu achten, um ein Abblättern zu verhindern, lasierende Farben können sehr dünn ausgearbeitet werden.

Auch die Zugabe von Milch zu reinen Kalkfarben – als „Hausmittel“ zu Erhöhung von Deckkraft und gegen Kreidung – beruht auf der Kaseinbindung. Normale Trinkmilch ist aber durch den Fettgehalt eher abträglich.

Geschichte

Milcheiweiße lassen sich schon in der Höhlenmalerei finden. Die *Kaseintechnik* wurde von den Römern angewandt, auch in einer der Felsenkirchen von Lalibela[2] findet sich das Bindemittel. Ihre Hochblüte fand die Technik in der Tafelmalerei auf Holz, da sie weniger Ansprüche an die Grundierung setzt als etwa Ölfarben sowie der Wandmalerei, wo sie in Farbwirkung nur vom Fresko übertroffen wird, aber auch auf altem Putz angebracht werden kann.

Literatur

- Kurt Wehlte: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, Otto Maier Verlag, Ravensburg 1967, ISBN 3-473-48359-1 (früher: ISBN 3-473-61157-3)
- Hans-Werner Bastian: "Naturfarben selbst gemischt", Verlag Heinz Heise 1994, ISBN 3-88229-201-6

Referenzen

[1] Wehlte, S. 465

[2] heute im Museum von Addis Abeba. Wehlte, S. 465

Kautschukbaum

Kautschukbaum

Kautschukbaum (*Hevea brasiliensis*), dreiteilige Laubblätter.
Systematik
Eurosiden I
Ordnung: Malpighienartige (Malpighiales)
Familie: Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae)
Unterfamilie: Crotonoideae
Gattung: *Hevea*
Art: Kautschukbaum
Wissenschaftlicher Name
Hevea brasiliensis
(Willd. ex A.Juss.) Muell. Arg.

Der **Kautschukbaum** (*Hevea brasiliensis*, Syn.: *Siphonia brasiliensis* A.Juss.) ist eine aus Südamerika stammende Pflanzenart aus der Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae).

Auch die Bezeichnung **Gummibaum**, die ebenfalls für die nicht verwandte Art *Ficus elastica* verwendet wird, ist gängig.

Der Baum hat eine große wirtschaftliche Bedeutung, da sein als Naturkautschuk (Kautschuk) oder Naturlatex (Latex) bezeichneter Milchsaft die wichtigste natürliche Quelle dieses nachwachsenden Rohstoffs für die Gummiherstellung ist. Ein großer Teil des Bedarf wird durch petrochemisch erzeugten Synthesekautschuk gedeckt.

Durch diese intensive Nutzung wurde der Kautschukbaum weit verbreitet und wird vor allem in Plantagen in Asien und anderen Bereichen des sogenannten *Kautschukgürtels* angebaut.



Kautschukbaum-Plantage in Phuket, Thailand.

Geschichte und Verbreitung

(siehe Artikel Naturkautschuk)



Illustration.

Ursprung

Ursprünglich war das Vorkommen auf das tropische Amazonasbecken beschränkt. Die Indianer nannten die Pflanze auch "ca-hu-chu", was soviel wie "weinendes Holz" bedeutet. Im 15. Jahrhundert berichteten die Portugiesen zuerst von Latex und erkannten die positiven Eigenschaften, wie zum Beispiel die Möglichkeit, wasserdichte Kleidung durch Beschichtung mit dem dickflüssigen Saft herzustellen, ähnlich dem Tapa-Rindenbaststoff aus Polynesien. Nach der Entdeckung des Herstellungsverfahrens von Gummi (durch Vulkanisation des Kautschuks) im Jahr 1839 erhöhte sich die Nachfrage enorm und führte in der Amazonasregion um Manaus und Belém zu einem Kautschukboom.[1]

Verbreitung durch den Kautschukboom

Brasilien hielt das Weltmonopol über Jahrzehnte, auch nachdem in den afrikanischen Tropen Naturkautschuk gewonnen wurde. Nach mehreren missglückten Versuchen anderer gelang es 1876 dem Abenteurer Henry Wickham im Auftrag des britischen India Office und der Königlich Botanischen Gärten von Kew (*Royal Botanic Gardens, Kew*) bei London, den Samen außer Landes zu bringen. In den ostasiatischen Gebieten der Straits Settlements entstanden nach verschiedenen Rückschlägen in den 1890er Jahren

die ersten Plantagen, die ihre Produkte ab 1905 auf den Weltmarkt brachten. Bald verdrängte britischer Kautschuk aus Malaya den brasilianischen vom Weltmarkt, und Großbritannien übte eine Monopolstellung über den weltweiten Kautschukhandel aus.[1] [2]



Samen.

Heutige Verbreitung

In der heutigen Zeit wird der Baum vor allem im sogenannten Kautschukgürtel (ungefähr 30° nördliche Breite bis 30° südliche Breite) angepflanzt. Die drei größten Produktionsländer sind Thailand, Indonesien und Malaysia.[2] Die brasilianischen Bestände sind dagegen aktuell stark von der Südamerikanischen Blattfallkrankheit bedroht, deren Auslöser der parasitären Pilz *Microcyclus ulei* ist. Dieser Pilz wird auch, neben Missmanagement, für den Niedergang der zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Henry Ford, Besitzer des Fordkonzerns, in Brasilien errichteten Kautschukplantage *Fordlândia*, verantwortlich gemacht[3] Der Pilz infiziert den Kautschukbaum vor allem in der etwa zwei Wochen langen Phase, in der sich ein Blatt neu entwickelt.[3] Im feuchten Äquatorialklima entwickeln sich ganzjährig neue Blätter, so dass der Baum sehr anfällig für Infektionen ist. In durch Jahreszeiten geprägten Regionen hat der Pilz dagegen weniger Möglichkeiten für einen Befall. Dies ist z.B. in dem durch kühlere und trockenere Winter geprägtem Bundesstaat São Paulo der Fall, so dass heute etwa 60 % der brasilianischen Kautschuks dort produziert wird.



Latexgewinnung.

Ein großer Teil des Kautschukbedarfs (Prognose: 23,9 Mio. t in 2009) wird heute durch Synthesekautschuk (Prognose: 13,5 Mio t in 2009) gedeckt, dennoch wird zukünfig mit einer Zunahme des Bedarfs nach Naturkautschuk (Prognose: 10,4 Mio. t in 2009) gerechnet. Im Jahr 2019 wird mit einem Kautschukbedarf von 30,4 Mio. t gerechnet, von denen Naturkautschuk 14,0 Mio. t ausmachen soll.[4] Daher ist mit einer deutlichen Ausweitung der Anbauflächen zu rechnen.

Beschreibung

Hevea brasiliensis ist ein Baum, der Wuchshöhen von etwa 20 bis 40 m und Stammdurchmesser von ungefähr 35 cm erreicht. Das Kern- und das Splintholz ist gelblich und riecht in frischem Zustand unangenehm. Die Borke ist hellgrau. Die Verzweigung ist gleichmäßig und die Äste stehen mehr oder weniger aufrecht. Die Rinde der Zweige ist glatt. Die gestielten Laubblätter sind dreiteilig. Die Blättchen sind dunkel bis hellgrün, mit einer markanten Nervatur, meist 7 bis 20 cm (bis zu 25 cm) lang und meist 3 bis 8 cm (bis zu 10 cm) breit. Die Blattstiele sind meist 6 bis 20 cm (selten bis zu 30 cm) lang. Das mittlere Blättchen ist länger als die seitlichen. Jedes Jahr bildet der Kautschukbaum seine Blätter neu. Die Nebenblätter sind lanzettlich und etwa 1 mm lang.[5]

Direkt unter der Ansammlung von Laubblättern am Ende der Zweige wird ein bis zu 20 cm langer Blütenstand mit 0,5 mm langen Hochblättern gebildet. *Hevea brasiliensis* ist einhäusig getrenntgeschlechtig (monözisch). Die männlichen Blüten besitzen einen 1 mm langen Kelch und zwei Kreise mit je fünf Staubblättern die zu einer 1,5 mm hohen Säule verwachsen sind. die ungefähr 1 cm lang sind. Die weiblichen Blüten besitzen einen etwa doppelt so großen Kelch wie die männlichen. Der Fruchtknoten ist fast kugelig und der Griffel ist 0,3 mm lang.[5]

Die Frucht ist etwa 4 × 4,5 cm groß. Die eiförmigen bis zylindrischen Samen sind 2,3 × 1,5 cm groß, hellgrau mit dunklen grauen Flecken oder Streifen.[5]

Nutzung

(siehe Artikel Naturkautschuk)

Ernte

Nach etwa fünf bis sechs Jahren ist die Nutzpflanze alt genug für die Gewinnung des Milchsafts, beim Kautschukbaum auch als Naturkautschuk oder *Latex* bezeichnet. Durch das Anschneiden der Baumrinde mit einem speziellen Messer in spiralförmig zulaufenden Schnitten fließt es außerhalb des Phloem nach unten und wird in kleinen Eimern aufgefangen.[2]

Nachnutzung

Im Alter von etwa 25 Jahren stellt der Baum die Produktion von Latex ein, so dass er gefällt und durch neue Pflanzen ersetzt werden muss. Das dabei anfallende Holz (~50 Mio. m³ pro Jahr) liegt mit seinem hellen, warmen Farbton im Trend und wird dank seiner hohen Härte (~6,2 nach der Brinell-Härteprüfung, und damit deutlich härter als zum Beispiel Buche (~4,1), Ahorn (~4,7) oder Eiche (~4,3)) und seiner Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeitsschwankungen mehr und mehr auch für den Möbelbau eingesetzt. Die in Monokultur angebauten Pflanzen machen in manchen Ländern, wie zum Beispiel Malaysia, schon einen Großteil des Möbelholzes aus. Auch in Europa wird es vermehrt für den Innenausbau eingesetzt.[6] Das Holz wird auch zu Spielzeug verarbeitet oder findet ebenso im Musikinstrumentenbau Verwendung.

Quellen

- A. Radcliffe-Smith: *Euphorbiaceae* in *Flora Zambesiaca*, Volume 9 Part 4, 1996. Online. [7] (engl.)

Weblinks

- H. G. Richter & M. J. Dallwitz: *Handelshölzer*: DELTA: Fachbereich Biologie an der Universität Hamburg: Informationen zur Holznutzung. [8]
- *Internetpräsenz der International Rubber Study Group (IRSG)* [9], Einrichtung der globalen Gummiindustrie zur Bereitstellung von statistischen Daten im Umfeld Gummi, nur teilweise frei zugänglich
- *Fachinformationen der Deutschen Transportversicherer*: Umfassende Beschreibung zur Gewinnung und Verarbeitung von Naturkautschuk [10]

Referenzen

[1] Hans-Dieter Feger: *Geschichte und wirtschaftliche Entwicklung des Kautschuks* (http://www.swissballon.ch/bm_deutsch/haupt/bm_spe5d.htm), Zusammenfassung einer Diplomprüfungsarbeit inklusive verschiedener Abbildungen, Innsbruck, März 1973, zuletzt aktualisiert am 9. September 2003, abgerufen am 25. Februar 2010

[2] www.swisseduc.ch: *Bilder zum Rohstoff Kautschuk* (http://www.swisseduc.ch/geographie/materialien/rohstoffe_welt/kautschuk/index.html), Bilder und Informationen zu Naturkautschuk, abgerufen am 25. Februar 2010

[3] B. Epping: "Brasilien kämpft um seinen Kautschuk", in: Bild der Wissenschaft, 12, 2007, S. 30-34.

[4] International Rubber Study Group (IRSG): *Recent News* (http://www.rubberstudy.com/newsarticle.aspx?id=134), aktuelle Mitteilung vom 22. Dezember 2009, abgerufen am 25. Februar 2010

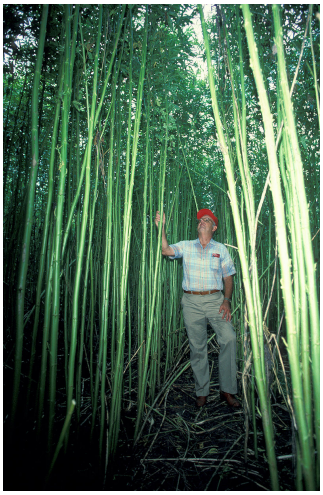
[5] Royal Botanic Gardens, Kew: *Botanische Beschreibung des Kautschukbaums (*Hevea brasiliensis *(A. Juss.) Müll. Arg.)* (http://apps.kew.org/efloras/namedetail.do?qry=namelist&flora=fz&taxon=7126&nameid=18039), abgerufen am 25. Februar 2010

[6] www.holzhandel.de: *Kautschukholz* (http://www.holzhandel.de/kautschukholz.html), umfassende Informationen zur Herkunft und Eigenschaften von Kautschukholz auf der Seite des Gesamtverbands Deutscher Holzhandel e.V, abgerufen am 25. Februar 2010

[7] http://apps.kew.org/efloras/namedetail.do?qry=namelist&flora=fz&taxon=7126&nameid=18039

[8] http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/wood/german/euphebra.htm
[9] http://www.rubberstudy.com
[10] http://www.tis-gdv.de/tis/ware/kautschuk/naturkautschuk/naturkautschuk.htm

Kenaf

Kenaf

Kenaf-Pflanze
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida)
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Malvenartige (Malvales)
Familie: Malvengewächse (Malvaceae)
Gattung: Hibiskus (*Hibiscus*)
Art: Kenaf
Wissenschaftlicher Name
Hibiscus cannabinus
L.

Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) ist eine tropische bis subtropische Pflanze aus der Familie der Malvengewächse, die zur Gewinnung der gleichnamigen Fasern und Öl angebaut wird.

Merkmale

Kenaf hat eine Pfahlwurzel. Bei engem Stand wächst die Pflanze unverzweigt drei bis vier Meter hoch. Die Stängel sind rauhaarig und stachelborstig. Je nach Sorte sind sie grün oder rötlich bis violett. Die Blätter sind lang gestielt und weich behaart. Der Beiname *cannabinus* (hanfartig) lässt sich auf die Ähnlichkeit der Blattform mit der des Hanfes zurückführen[1] . Je nach Sorte sind sie handförmig gelappt bis ganzrandig.

Die Blüten sitzen einzeln in den oberen Blattachseln. Sie sind groß, weiß bis gelblich mit einem dunkelroten Fleck am Grund. Die Blüten öffnen sich vor Sonnenaufgang und verblühen bereits am Mittag des gleichen Tages. Es überwiegt Selbstbefruchtung. Die Fruchtkapseln sind kantig und fein behaart. Sie sind von den verhärteten, stacheligen Kelchblättern umgeben. Zur Reife springen die Kapseln mit fünf Klappen auf und entlassen die 5 x 3 Millimeter großen Samen. Diese sind grauschwarz und keilförmig-kantig. Sie enthalten 15 bis 20 % eines halbtrocknenden Öls.

Der Fasergehalt der Rinde ist im blütentragenden Teil geringer als im unteren. Er beträgt zwischen 2,5 und 5 %. Die Einzelfasern sind 1,5 bis 11 Millimeter lang (Mittel 2,4 Millimeter), bei einem Durchmesser von 12 bis 36 Mikrometer (Mittel 20 Mikrometer).

Kenaf ist diploid bei einer Chromosomenzahl von 2n=36.

Vorkommen

Kenaf stammt aus dem afro-asiatischen Raum, ist nicht frosthart und in Mitteleuropa deshalb nur einjährig. Ohne Frost kann die Pflanze jedoch auch mehrjährig sein.[1] Die Hauptanbaugebiete liegen in Indien, China und Südostasien.

Anbau

Die günstigsten Bedingungen liegen bei einer Temperatur zwischen 15 und 27 °C, sodass das potentielle Anbaugebiet von 45° nördlicher bis 30° südlicher Breite liegt. Während der Wachstumszeit sollten in 2,5 bis 4,5 Monaten zwischen 500 und 700 mm Niederschlag fallen. Als Boden sind sandige Lehme und Lehmböden bei pH-Werten zwischen 5 und 7 optimal. Bei Trockenperioden reicht das Grundwasser aus, sofern es nicht tiefer als 1,5 Meter liegt, ansonsten ist Bewässerung nötig. Für die Faserbildung ist ausreichende Zufuhr von Phosphor und Kalium nötig. Pflege ist in der Regel nur in den ersten drei Wochen nach der Aussaat nötig. Die Vegetationsperiode beträgt 70 bis 140 Tage.

Bei nicht standortgerechtem Anbau ist Kenaf empfindlich gegen Wurzelfäule und Anthraknose (*Colletotrichum hibisci*). Während des Wachstums bindet 1 Tonne Kenaf etwa 1,5 Tonnen CO_2 und weist damit eine der höchsten CO_2-Absorptionsraten überhaupt innerhalb der Pflanzenwelt auf.[2]

Die Ernte erfolgt nach Erscheinen der ersten fünf bis zehn Blüten. Gleich nach der Mahd wird der Kenaf entrindet. Das Rösten dauert bei Wassertemperaturen über 24 °C acht bis 12 Tage.

Anbau in Mitteleuropa

Kenaf hat höhere Wärmeansprüche als der Mais, gedeiht am besten auf mittelschweren unkrautfreien Böden und reagiert etwas empfindlich auf Sommertrockenheit. Er erreicht in vier bis fünf Monaten eine Höhe von 3,5 bis 4 m. Nutzbare Pflanzenteile sind die Stängel, die sich – analog zum Hanf – in Langfasern und in Schäben (mit Kurzfasern) aufteilen. Der Gesamtertrag liegt bei etwa 8 t/ha bei einem Faseranteil von 20 % [3] . Aufgrund der hohen klimatischen Ansprüche können Kenaf allerdings nur geringe Chancen in Deutschland eingeräumt werden [4] .

Die Aussaat von Kenaf erfolgt in Mitteleuropa in der Zeit von Mitte Mai bis Anfang Juni. Die Saatstärke liegt bei 35 bis 40 keimfähigen Samen je m^2, die Saattiefe bei 3-4 cm. Für eine mechanische Unkrautbekämpfung ist ein Reihenabstand von 40-50 cm einzuhalten. Die für die Keimung erforderliche Bodentemperatur liegt bei 12 °C, für

ein Wachstum erforderlich ist eine Temperatur von mindestens 16 °C. Die Keimung verläuft schnell, die Jugendentwicklung hingegen langsam, das Streckungswachstum setzt Ende Juli, Anfang August ein. Wegen der hohen Temperaturansprüche ist Kenaf konkurrenzschwach und auf eine effiziente Unkrautbekämpfung angewiesen. Unkräuter sind schon im Keim- bis 2-Blatt-Stadium zu bekämpfen, eine mechanische Bekämpfung ist ab 15 cm Pflanzenhöhe des Kenaf möglich. In günstigen Lagen und in guten Jahren erscheint auf Böden mit guter N-Mineralisierung eine Gabe von 30 kg N je ha ausreichend. Die wichtigste Krankheit ist der Grauschimmel (*Botrytis cinerea*).[4]

Produktionszahlen

Weltweite Produktion von Fasern der Kategorie "Kenaf and allied fibres" 2007/08[5]

Region	Menge (1.000 t)	Rang	Land	Menge (1.000 t)
Welt	341,12	1	Indien	139,70
Asien	279,15	2	China	86,80
Lateinamerika und Karibik	38,08	3	Thailand	36,00
Afrika	13,19	4	Brasilien	26,10
Naher Osten	3,70	5	Vietnam	10,50
Entwicklungsländer	334,12	6	Kuba	10,00
Industrieländer	7,00	7	Indonesien	4,00
		8	Pakistan	1,50
		9	Kambodscha	0,65

Explizite Zahlen zur weltweiten Produktion von Kenaf existieren nicht. Von der FAO wird Kenaf zusammen mit anderen juteähnlichen Faserpflanzen in der Kategorie "Kenaf and allied fibres" (Kenaf und ähnliche Fasern) aufgeführt.[5] Zu den von der Verwendung her juteähnlichen Faserpflanzen gehört z.B. Roselle. Die nebenstehende Tabelle zeigt die weltweite Produktion von Fasern der FAO-Kategorie "Kenaf and allied fibres" für das Wirtschaftsjahr 2007/08.

Nutzung

Kenaffaser



Kenaffasern

Wird Kenaf zur Fasernutzung angebaut, liegen die Fasererträge zwischen 1,8 und 2,5 Tonnen pro Hektar, im Optimalfall bei 3,5 Tonnen pro Hektar. Die Faser wird aus dem Bast des Stängels gewonnen, daher gehört die Kenaffaser zur Gruppe der Bastfasern. Die Fasern ähneln denen der Jute, enthalten jedoch etwa 5 % weniger Lignin, wodurch sie weniger lichtempfindlich sind. Die Kenaffaser besteht aus 44-57 Gew.-% Cellulose, 15-19 Gew.-% Lignin, 22-23 Gew.-% Pentosane und 2-5 Gew.-% Asche[6] .

Kenaf wird traditionell für die Herstellung von Seilen oder Sacktuch verwendet. Neuere Anwendungsmöglichkeiten sind Baumaterialien sowie die Nutzung als Absorptionsmittel oder als Futter- oder Einstreumaterial für Nutztiere.

Kenaf wird auch zur Papierherstellung eingesetzt. Beim Anbau zur Papierpulpeherstellung beträgt der Ertrag rund 20 Tonnen Pulpe pro Hektar. Auch beim Faseranbau werden die Reste zur Pulpeherstellung verwendet, oder sie werden als Brennmaterial genutzt.

Kenaffasern können zudem als Verstärkungsfaser für naturfaserverstärkte Kunststoffe eingesetzt werden. Wie viele andere Naturfasern besitzt Kenaf gute mechanische Eigenschaften bei einer geringen Dichte. Da Kenaf kommerziell angebaut wird sind die Fasern auch wirtschaftlich interessant. Eines der ersten mit Kenaffasern hergestellten Produkte ist ein Mobiltelefongehäuse der NEC Corporation aus kenaffaserverstärktem PLA. Bei PLA handelt es sich um ein Biopolymer, das Kenaf-verstärkte Material ist komplett biologisch abbaubar. Durch die Beimischung der Kenaffasern zum Kunststoff konnte eine Verbesserung der Wärmeformbeständigkeit sowie der Steifigkeit erreicht werden.[7] Auch in Verbindung mit Polypropylen lassen sich Naturfaserverbundwerkstoffe herstellen, die ausgesprochen gute Zug- und Biegeigenschaften besitzen[8] .

Ein wachsender Einsatzbereich von Kenaffasern ist der Automobilbau; Vorreiter ist hier das Unternehmen Toyota, das erstmalig im Jahr 2000 Kenaf zur Türinnenverkleidung im Modell Toyota Celsior einsetzte und mittlerweile Kenaf für fünf verschiedene Fahrzeugkomponenten (z.B. für Sitzlehnen) in 27 Modellen, hauptsächlich der Oberklasse, verwendet.[9]

Kenafsaat

Beim Anbau zur Öl- oder Saatgutgewinnung liegen die Erträge bei 0,7 bis 1,0 Tonnen Samen pro Hektar. Das Öl der Kenafsamen wird für technische Zwecke aber auch als Nahrungsmittel verwendet.

Quellen und weiterführende Informationen

Literatur

- Gunther Franke (Hg.): *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Band 2: Spezieller Pflanzenbau*. Ulmer, Stuttgart 1994, S. 354-359. ISBN 3-8252-1768-X

Weblinks

- Technology Review - Runter vom Holzweg [10] zu Kenaf als Alternative zu Holz in der Papierherstellung.
- Linksammlung der Purdue University [11] (englisch)

Referenzen

[1] K.U. Heyland, H. Hanus, E.R. Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen*, Eugen Ulmer KG, Stuttgart-Hohenheim, 2006, S. 309-310. ISBN 3-8001-3203-6

[2] Amar K. Mohanty, Manjusri Misra, Lawrence T. Drzal, (Hrsg.): “Natural fibers, biopolymers, and biocomposites”, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL 2005, S. 77. ISBN 084931741X

[3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) 2008: *Kenaf* (http://www.wege-zumbioenergiedorf.de/cms35/Kenaf.99.0.html)

[4] E. Meister, V. Mediavilla, R. Vetter, M. Konermann: *Prüfung des Anbaus und der Möglichkeiten einer Markteinführung von neuen Faserpflanzen (Hanf, Kenaf, Miscanthus)*, Abschlussbericht Juni 1999. Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung ITADA, in Zusammenarbeit mit FAL Braunschweig und iful Müllheim/Baden pdf (http://www.itada.org/download.asp?id=A31dL.pdf)

[5] FAO: Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibres pdf (http://www.fao.org/es/ESC/common/ecg/323/en/SB_JUNE08.pdf)

[6] Frederik T. Wallenberger und Norman Weston (Hrsg.): "Natural fibres, plastics and composites", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Niederlande, 2004, S. 159. ISBN 1-4020-7643-6

[7] *NEC Announces Development of High-Strength Highly Heat Resistant Bioplastic - Featuring polylactic acid reinforced with kenaf fiber.* (http://www.nec.co.jp/press/en/0302/0301.html) Pressemitteilung der Firma NEC vom 3. Februar 2003.

[8] M. Zampaloni, F. Pourboghrat, S.A. Yankovich, B.N. Rodgers, J. Moore, L.T. Drzal, A.K. Mohanty, M. Misra: *Kenaf natural fiber reinforced polypropylene composites: A discussion on manufacturing problems and solutions.* Composites: Part A, Ausgabe 38, 2007; S. 1569–1580

[9] Toyota Boshoku: Starting Full-scale Development of Kenaf Seeds for Automobile Interior Parts, Pressemitteilung vom 14. Mai 2008 pdf (http://www.toyota-boshoku.co.jp/en/pdfset/release/2008/08051401e.pdf)
[10] http://www.heise.de/tr/artikel/93126
[11] http://www.hort.purdue.edu/newcrop/nexus/Hibiscus_cannabinus_nex.html

Kiefern

Kiefern

Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*)
Systematik
Abteilung: Nadelholzgewächse (Pinophyta)
Klasse: Pinopsida
Ordnung: Kiefernartige (Pinales)
Familie: Kieferngewächse (Pinaceae)
Unterfamilie: Pinoideae
Gattung: Kiefern
Wissenschaftlicher Name der Unterfamilie
Pinoideae
Link
Wissenschaftlicher Name der Gattung
Pinus
L.

Die **Kiefern**, **Föhren** oder **Forlen** (*Pinus*) bilden eine Pflanzengattung von Nadelholzgewächsen (Pinophyta) in der Familie der Kieferngewächse (Pinaceae). Das Wort *Föhre* ist in fast allen germanischen Sprachen vorhanden, z. B. engl. *fir*. *Kiefer* ist vermutlich durch Zusammenziehung von *Kienföhre* entstanden und ist erst ab dem 16. Jahrhundert belegt. Die Kiefern (*Pinus*) sind die einzige Gattung der Unterfamilie **Pinoideae**.

Beschreibung

Die meisten Kiefern-Arten wachsen als Bäume, einige auch als Sträucher. Kiefern sind immergrün und duften aromatisch. Kiefern erreichen Wuchshöhen bis über 50 m und ein Alter von bis zu 1000 Jahren. Einige Arten, wie *P. lambertiana* erreichen Wuchshöhen von über 60 m und ein Alter von über 700 Jahren [1] .

Ihre Nadelblätter sind im Vergleich mit anderen Nadelbaumgattungen besonders lang. Es sind oft zwei Typen von Nadelblättern an demselben Baum vorhanden: zum einen spiralig an den Zweigen angeordnet und zum anderen je nach Art zu zweit, zu dritt oder zu fünft (selten einzeln oder zu sechst) in Bündeln an Kurztrieben stehend, während sonst (bei Fichte, Tanne) die Nadeln einzeln an den Zweigen wachsen (siehe Bild). Die Kiefernnadeln eines Kurztriebes werden von einer Scheide umschlossen.

Die Kiefern-Arten sind meist einhäusig getrenntgeschlechtig (monözisch); sie haben also männliche und weibliche Zapfen an einem Baum. Wenige Arten sind teilweise zweihäusig getrenntgeschlechtig . [2] . Sie werden durch den Wind bestäubt (Anemophilie). Die männlichen Zapfen sind meist sehr zahlreich und stehen zu vielen zusammen. Weibliche Zapfen sind je Baum in geringerer Anzahl vorhanden und stehen einzeln oder nur zu wenigen zusammen. Die Zapfen benötigen eineinhalb bis zwei (selten drei) Jahre bis zur Reife; sie öffnen sich, um die Samen zu entlassen, und fallen dann als Ganzes zu Boden. Die Samen sind oft leicht, geflügelt und werden durch den Wind verbreitet. Arten mit schweren Samen werden durch Tiere (Säugetiere und Vögel) verbreitet, die Flügel sind dann meist reduziert bis fehlend.

Verbreitung und Anbau

Kiefern sind vor allem auf der Nordhalbkugel heimisch. Die Verbreitungsschwerpunkte sind kühl-feuchte Klimabereiche. Es werden aber von vielen Arten auch subtropische und tropische Bereiche besiedelt.

Angebaut werden Kiefern inzwischen weltweit in den geeigneten Klimazonen. Insbesondere in Korea und Japan kommt den Kiefern eine besondere symbolische Bedeutung zu: Sie stehen dort für Stärke, Langlebigkeit und beständige Geduld. Kiefern sind daher in diesen Ländern besonders oft in sorgfältig ausgestalteter Form bei Tempel- und Gartenanlagen zu finden.

Kiefern sind weltweit die wichtigsten Baumarten der Forstwirtschaft. Meist anspruchslos und gutwüchsig, werden sie oft an Stelle der einheimischen Baumarten für die effektive Wiederaufforstung nach Waldzerstörungen und Rodungen verwendet. In den Tropen und Subtropen werden Kiefern in Holzplantagen angebaut. Auch im Mittelmeergebiet und in Japan finden sich große Flächen mit Kiefernbestand. In Mitteleuropa wurden große Waldflächen weit über ihr natürliches Vorkommen mit der Waldkiefer in Monokultur aufgeforstet. Diese Reinbestände sind zwar einfach zu begründen und zu ernten, aber viel anfälliger für Waldbrände und Insektenbefall als naturnähere Mischwälder; mittelfristig führen sie deshalb zur Auslaugung und Versauerung der Böden.

Systematik

Die klassische Unterteilung der Gattung in drei Untergattungen wurde aufgrund molekulargenetischer Studien auf zwei Untergattungen reduziert. Nach Gernandt et al. 2005 werden die 111 Arten wie folgt gegliedert:[3]

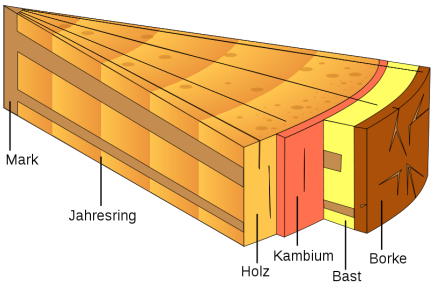
- Untergattung *Pinus* (Diploxylon)
  - Sektion *Pinus*
    - Subsektion *Pinus* in Eurasien, Mittelmeerraum, Östliches Nordamerika, Kuba
      - *Pinus densata*
      - Japanische Rotkiefer (*Pinus densiflora*)
      - *Pinus hwangshanensis*
      - *Pinus kesiya*
      - *Pinus luchuensis*
      - *Pinus massoniana*
      - *Pinus merkusii*
      - Bergkiefer (*Pinus mugo*)
      - Schwarzkiefer (*Pinus nigra*)
      - *Pinus resinosa*
      - Waldkiefer (*Pinus sylvestris*)
      - *Pinus tabuliformis*
      - *Pinus taiwanensis*
      - *Pinus thunbergii*
      - *Pinus tropicalis*
      - *Pinus uncinata*
      - *Pinus yunnanensis*
    - Subsektion *Pinaster*, Kanarische Inseln, Mittelmeerraum, Himalaya
      - Kalabrische Kiefer (*Pinus brutia*)
      - Kanarische Kiefer (*Pinus canariensis*)
      - Aleppo-Kiefer (*Pinus halepensis*)
      - Schlangenhaut-Kiefer (*Pinus heldreichii*)
      - See-Kiefer (*Pinus pinaster*)
      - Pinie (*Pinus pinea*)
      - *Pinus roxburghii*
  - Sektion *Trifoliae*
    - Subsektion *Contortae* in Nordamerika
      - Banks-Kiefer (*Pinus banksiana*)
      - Sand-Kiefer (*Pinus clausa*)
      - Küsten-Kiefer (*Pinus contorta*)
      - *Pinus virginiana*
    - Subsektion *Australes* in Nord- bis Zentral-Amerika, Karibik
      - *Pinus attenuata*
      - *Pinus caribaea*
      - Kuba-Kiefer (*Pinus cubensis*)
      - *Pinus echinata*
      - *Pinus elliottii*



Zapfen der Aleppo-Kiefer (*P. halepensis*, links), der Bergkiefer (*P. mugo*, Mitte) und der Pinie (*P. pinea*, rechts).



Am Zweig umschließt eine Scheide mehrere Kiefernadeln eines Kurztriebes.



Querschnitt durch einen fünfjährigen Kiefernstamm.

        - *Pinus glabra*
        - *Pinus greggii*
        - *Pinus herrerae*
        - *Pinus jaliscana*
        - *Pinus lawsonii*
        - *Pinus leiophylla*
        - *Pinus lumholtzii*
        - *Pinus muricata*
        - *Pinus occidentalis*
        - *Pinus oocarpa*
        - Sumpf-Kiefer (*Pinus palustris*)
        - *Pinus patula*
        - *Pinus praetermissa*
        - *Pinus pringlei*
        - *Pinus pungens*
        - Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*)
        - Pech-Kiefer (*Pinus rigida*)
        - *Pinus serotina*
        - Weihrauch-Kiefer (*Pinus taeda*)
        - *Pinus tecunumanii*
        - *Pinus teocote*
      - Subsektion *Ponderosae* im Westen der USA, in Mexiko und Zentral-Amerika
        - *Pinus cooperi*
        - Coulter-Kiefer (*Pinus coulteri*)
        - *Pinus donnell-smithii*
        - *Pinus devoniana*
        - *Pinus douglasiana*
        - *Pinus durangensis*
        - *Pinus engelmannii*
        - *Pinus hartwegii*
        - Jeffreys Kiefer (*Pinus jeffreyi*)
        - *Pinus maximinoi*
        - Montezuma-Kiefer (*Pinus montezumae*)
        - *Pinus nubicola*
        - Gelb-Kiefer (*Pinus ponderosa*)
        - *Pinus pseudostrobus*
        - *Pinus sabineana*
        - *Pinus torreyana*
        - *Pinus washoensis*
  - Untergattung *Strobus* (Haploxylon)
    - Sektion *Parrya*
      - Subsektion *Balfourianae* im Westen der USA
        - Grannen-Kiefer (*Pinus aristata*)
        - Fuchsschwanz-Kiefer (*Pinus balfouriana*)
        - Langlebige Kiefer (*Pinus longaeva*)
      - Subsektion *Cembroides* im Südwesten der USA und Mexiko

        - *Pinus cembroides*
        - *Pinus culminicola*
        - *Pinus discolor*
        - *Pinus edulis*
        - *Pinus johannis*
        - *Pinus maximartinezii*
        - Einblättrige Kiefer (*Pinus monophylla*)
        - *Pinus pinceana*
        - *Pinus quadrifolia*
        - *Pinus remota*
        - *Pinus rzedowskii*
    - Subsektion *Nelsoniae* in Mexiko
        - *Pinus nelsonii*
- Sektion *Quinquefoliae*
    - Subsektion *Gerardianae* in Ostasien und Himalaya
        - Bunges Kiefer (*Pinus bungeana*)
        - *Pinus gerardiana*
        - *Pinus squamata*
    - Subsektion *Krempfianae* in Vietnam
        - *Pinus krempfii*
    - Subsektion *Strobus* in Nordamerika und Eurasien
        - *Pinus albicaulis*
        - *Pinus armandii*
        - Mexikanische Weymouths-Kiefer (*Pinus ayacahuite*)
        - *Pinus bhutanica*
        - Zirbelkiefer (*Pinus cembra*)
        - *Pinus chiapensis*
        - *Pinus dabeshanensis*
        - *Pinus dalatensis*
        - *Pinus fenzeliana*
        - *Pinus flexilis*
        - Korea-Kiefer (*Pinus koraiensis*)
        - *Pinus lambertiana*
        - Westliche Weymouths-Kiefer *(Pinus monticola)*
        - *Pinus morrisonicola*
        - *Pinus parviflora*
        - *Pinus peuce*
        - Zwerg-Kiefer (*Pinus pumila*)
        - Sibirische Zirbelkiefer (*Pinus sibirica*)
        - Weymouths-Kiefer (*Pinus strobus*)
        - Tränen-Kiefer (*Pinus wallichiana*)
        - *Pinus wangii*

Krankheiten

- Bläue (verschiedene Erreger wie zum Beispiel *Ceratocystis* und *Ophiostoma piliferum*): Hierbei handelt es sich um eine Verfärbung des Holzes.
- Kiefernrindenblasenrost (*Cronartium flaccidum* oder *Endocronartium pini*): Ein Rostpilz, der zur Bildung des Kienzopfes führt.
- Strobenrost (*Cronartium ribicola*): Befällt fünfnadlige Kiefern.
- Weißer Schneeschimmel (*Phacidium infestans*): Befällt die Zirbelkiefer.
- Schwarzer Schneeschimmel (*Herpotrichia coulteri*): Befällt die Bergkiefer.

Nutzung

→ *Hauptartikel: Fichtenholz*



Kiefern- und Fichtenholz im Vergleich: Die beiden linken Bretter sind aus Kiefernholz während das rechte aus Fichtenholz besteht.

Kiefernholz gehört neben dem Fichtenholz zu den wichtigsten Nadelhölzern, ausschlaggebend sind hier wie auch bei den anderen Arten der gerade Wuchs, das rasche Wachstum, die geringen Ansprüche an den Standort und die gute Verwendbarkeit des Holzes. Die mechanischen Eigenschaften des Holzes sind im Vergleich zu denen der Fichte sehr gut, zugleich ist allerdings der Streubereich sehr groß und abhängig von der Herkunft und den Wuchsbedingungen der Kiefer.

Zum Anwendungsspektrum gehört vor allem die Verwendung als Bau- und Möbelholz für den Innenbereich sowie die Nutzung als Brennholz. Dabei wird Kiefernholz in Form von Rundholz, Schnittholz wie Brettern und Brettschichthölzern und als Furnierholz verarbeitet. Zugleich ist es ein wichtiges Holz für die Herstellung von Spanplatten. Als Bau- und Konstruktionsholz wird Kiefernholz nahezu überall eingesetzt, sowohl im Innenausbau wie auch bei Außenanwendungen. Es findet entsprechend Verwendung im Hausbau für Dachkonstruktionen, für Holzverkleidungen, Geländer, Treppen, Skelettkonstruktionen für Wände und Decken, Fußböden, Fenster, Türen und Tore. Imprägniertes Kiefernholz dient als Fassadenverkleidung, Terassendecking und weitere Anwendungen wie Kinderspielgeräte, Zäune, Pergola und anderes im Garten- und Landschaftsbau. Hinzu kommen eine Reihe weiterer Anwendungen wie Masten, Pfosten, Pfähle und andere Anwendungen im Außenbereich, insbesondere auch als Rammpfähle im Wasser-, Hafen- und Bergbau, außerdem ist Kiefernholz beliebt als Schwellenholz im Gleisbau von U-Bahnen und Werksbahnen.

Kiefern werden zudem zur Harz- und Pechgewinnung genutzt. Die Samen einzelner Kiefernarten sind so groß, dass sie als Nahrungsmittel verwendet werden (Pinienkerne, „Zedernüsse“).

Symbolik

In China gilt die Kiefer als Symbol für langes Leben, Beständigkeit und Selbstzucht. Gemeinsam mit Pflaume und Bambus zählt sie zu den *drei Freunden des Winters*.

Weitere Bilder



Gelb-Kiefer (*Pinus ponderosa*)



Pech-Kiefer (*Pinus rigida*)



Pinus brutia



Pinus coulteri



Langlebige Kiefer (*Pinus longaeva*), gehört zu den langlebigsten Bäumen überhaupt. Es gibt Exemplare, die 4900 Jahre alt sind. Habitat: Inyo National Forest, Kalifornien (USA)



Typische Schirmföhre im Wienerwald (bei Mödling.)





Latschen-Kiefer (*Vorkommen Alpen in Österreich*)

Quellen

- Informationen zur Gattung *Pinus* [4] bei conifers.org [4]. (engl.)

Weblinks

- Fossile Kiefern im Mineralienatlas WiKi [5]
- Beschreibung in der Flora of North America. [6] (engl.)
- Bebilderter Steckbrief zum Kiefer-Holz: Vorkommen, Eigenschaften, Verwendung u. a. [7]

Referenzen

[1] http://www.conifers.org/pi/pin/lambertiana.htm
[2] Beschreibung der Gattung. (http://www.conifers.org/pi/pin/index.htm) (engl.)
[3] David S. Gernandt, Gretel Geada López, Sol Ortiz García, Aaron Liston: *Phylogeny and classification of Pinus*. Taxon, Band 54, 2005, S. 29–42 (pdf) (http://www.bcc.orst.edu/bpp/faculty/liston/gernandt et al 2005.pdf)
[4] http://www.conifers.org/pi/pin/index.htm
[5] http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Pinus
[6] http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=125519
[7] http://www.holzwurm-page.de/holzarten/holzart/kiefer.htm

Kleister

Kleister sind Klebstoffe in Form eines wässrigen Quellungsproduktes aus Stärke oder organischen Celluloseethern. Meist handelt es sich um Methylzellulose. Sie bestehen zu 2-20 % aus nachwachsenden Rohstoffen und zu 80-98 % aus Wasser. Kleister binden durch Verdunstung des Wassers physikalisch ab, sie sind kalt härtend und einfach in der Verarbeitung.



Tapetenkleister

Eigenschaften/Arten

Kleister bilden schon in geringsten Konzentrationen eine hochviskose, nicht fadenziehende Masse. Aufgrund der vielfältigen Tapetentypen bietet die Industrie verschiedene Arten von Tapetenkleister mit teils sehr unterschiedlichen Eigenschaften an. Entscheidend für die Auswahl des Kleisters sind die Verarbeitungshinweise der Tapetenhersteller, die im Einleger der Tapetenrolle vermerkt sind.

Im Handel werden Kleister hauptsächlich in Pulverform als Normal- oder Spezialkleister angeboten:

- Normalkleister

Viele Papiertapeten können mit Normalkleistern auf Stärkebasis oder auf Basis modifizierter Celluloseether verklebt werden. Sie sind auch in kaltem Wasser klumpenfrei löslich und besitzen ein hohes Wasserbinde- und Wasserrückhaltevermögen. Normalkleister bestehen also zum größten Teil aus nachwachsenden Rohstoffen, sie können aber auch Zusätze enthalten, die die Zubereitung des Kleisters beschleunigen oder vor Pilzbefall schützen.

Reine Methylzellulose ohne Zusätze wird deutlich seltener als Fertigkleister angeboten. Sie sollte am Vortag angesetzt werden, dafür ist sie lagerstabiler und ergiebiger. Um Kleister aus reiner Stärke herzustellen, muss zuerst die Stärke mit kaltem Wasser angerührt und dann – je nach Stärkesorte – mit kochendem Wasser überbrüht oder durchgekocht werden.



Vliestapetenkleister wird direkt auf die Wand aufgetragen. Um sicher zu stellen, dass der gewünschte Wandbereich mit Tapetenkleister benetzt ist, gibt es spezielle, zunächst farbige, Vliestapetenkleister. Diese Verfärbung dient der Auftragskontrolle und verschwindet nach kurzer Zeit unter Einwirkung der Raumluft.

Zum Basteln und Modellieren wie z.B. bei der Herstellung von Pappmaché, sind pH-neutrale Kleister auf Basis reiner Methylcellulose geeignet.

- Spezialkleister

Für schwerere Tapeten (Vinyl-, Präge- oder Rauhfasertapeten) werden dem Kleister zusätzlich Kunstharze und gegebenenfalls weitere chemische Bestandteile wie Weichmacher oder Biozide hinzugefügt, da die Klebekraft der reinen Celluloseether nicht ausreicht.

- Vliestapetenkleister

Tapetenkleister für Vliestapeten weist eine besondere Konsistenz auf, er ist spritzarm eingestellt, so dass er als Direkt-Kleister für den direkten Auftrag auf die Wand mit einer Kurzhaarrolle geeignet ist. Da die Weichzeit entfällt, werden die Vliestapeten trocken in das Kleisterbett eingelegt. Damit die Tapete beim Anbringen auf die Wand sicher hält, muss der Vliestapetenkleister eine hohe Anfangshaftung haben.

Qualitätsunterschiede

Seit 1953 bestehen hochwertige Tapetenkleister aus den auf natürlichen Stoffen basierenden Substanzen Methylzellulose und Stärke. Beide sind ungiftig und werden zusätzlich oft mit Harzen und anderen Stoffen vermischt, die die Anwendung erleichtern, den Tapetenkleister stärker oder haltbarer machen. Tapetenkleister, die einen sehr geringen bzw. keinen Methylzelluloseanteil sondern Stärke als Hauptbestandteil haben, können günstiger produziert werden. Dadurch reduziert sich Klebkraft und die Gesamthaftung. Weil auch der Kunstharzanteil oft gering ist, reduziert sich bei qualitativ minderwertigen Tapetenkleistern meist die Anfangshaftung und die Feuchtfestigkeit beim anschließenden Anstrich.

Anwendungsgebiete

- Kleister wird zum Ankleben von Tapeten genutzt, es lassen sich allerdings nur wasserdampfdurchlässige Tapeten damit kleben. Wasserdampfundurchlässige Tapeten wie Metallfolien- oder Vinyltapeten auf weniger bis nicht saugende Untergründe lassen den Wasserdampf nicht entweichen und der Kleister kann nicht trocknen und somit seine Klebkraft nicht entfalten.
- In der Buchbinderei verwendet man auch Kleister als Klebstoff.
- Stärkekleister, hauptsächlich aus Kartoffelstärke, wird in großem Maße in der Wellpappeproduktion eingesetzt.
- Auch zur Herstellung von Pappmaché wird Kleister als Bindemittel verwendet.
- In der Straßenkunst (Streetart) wird Kleister zum Befestigen vorgefertigter und ausgeschnittener Werke (sog. Cutouts) an Wänden benutzt.
- Aus Meyers Konversations-Lexikon:

  „Kleister (Buchbinderkleister), Klebmittel für Buchbinderarbeiten, wird aus Weizenstärke erhalten, indem man dieselbe mit etwas kaltem Wasser zu einem Brei anrührt und diesen unter starkem Umrühren in dünnem Strahl in heißes Wasser gießt, bis dasselbe die gehörige Konsistenz angenommen hat. Kochen darf man den Kleister nicht, weil er dann nach dem Trocknen leicht abspringt. Der reine Kleister wird kalt verarbeitet oder, wenn man ihn, um seine Klebkraft zu erhöhen, mit etwas Leimwasser vermischt, lauwarm. Für gröbere Arbeiten bereitet man Kleister aus Roggenmehl, und wenn man den noch heißen Kleister mit dem halben Gewicht der angewandten Stärke oder des Mehls Terpentin gut mischt, so haftet der Kleister besser, widersteht der Nässe und eignet sich besonders zum Aufkleben von neuen Tapeten auf alte. Um den Kleister haltbarer zu machen, löst man in dem Wasser, mit welchem man die Stärke brüht, den 16. Teil vom Gewicht der letztern Alaun auf oder vermischt den fertigen, kalten Kleister mit etwas Kreosot oder Benzin. Um Insekten von den mit Kleister gearbeiteten Sachen abzuhalten, kocht man das Wasser mit etwas Aloe, Wermut oder Koloquinten.“

Anwendung

Ansetzen

Tapetenkleister ist hauptsächlich als Pulver erhältlich. Zur Anwendung wird dieses in ein Gefäß mit sauberem, klarem Wasser (kein Mineralwasser) eingerührt, auch "ansetzen" genannt. Als Anmachgefäß eignet sich jeder saubere und nicht rostende Behälter. Am ehesten geeignet sind zylindrische Behälter, da in diesem besser gerührt werden kann. In welchem Verhältnis Pulver und Wasser gemischt werden müssen, lässt sich den Verarbeitungshinweisen auf der Packung entnehmen. Wichtig ist es den Tapetenkleister sehr zügig ins Wasser zu schütten, da er ansonsten klumpen kann. Anschließend muss der Tapetenkleister – je nach Kleistertyp – einige Zeit quellen.

Weichzeit

Die Weichzeit bezeichnet den Zeitraum, den der Tapetenkleister vor dem Tapezieren auf der Tapete verbleiben muss, um diese einzuweichen. Die Weichzeit unterscheidet sich je nach Stärke und Qualität des Tapetenpapiers, Hinweise dazu sind im Einleger der Tapetenrolle vermerkt. Die Weichzeit muss bei allen Bahnen etwa gleich lang sein, da unterschiedliche Weichzeiten Musterverschiebungen verursachen können. Durch das Einweichen dehnt sich die Tapete deutlich in der Breite aus, sie verändert ihre Dimension. Ist der Tapetenkleister nach dem Anbringen der Tapete an der Wand getrocknet, ist eine feste Verbindung zwischen Wand und Tapete hergestellt. Da sich die Tapete während der Trocknung versucht wieder zusammenzuziehen, kommt es zur so genannten Trocknungsspannung, durch die die Tapete den gewünschten straffen und blasenfreien Sitz an der Wand erhält.

Aufbewahrung

Fertig angerührte Kleister lassen sich, je nach Umgebungsbedingung, in der Regel bis zu 14 Tage aufbewahren, wenn sie abgedeckt sind. Ausnahme sind Normalkleister. Enthalten sie keine Konservierungsmittel, sollten sie am selben Tag verarbeitet werden.

Kleisterflecken

Eingetrocknete Kleister sind von empfindlichen Oberflächen nur sehr mühsam, manchmal auch gar nicht mehr zu entfernen und hinterlassen einen auffälligen Glanzeffekt im Gegenlicht. Sollte Tapetenkleister während dem Tapezieren auf die Vorderseite der Tapete gelangen, kann er aber mit einem feuchten Lappen und klarem Wasser wieder abgetupft werden.

Tapeten ablösen

Alte Tapeten lassen sich mit so genanntem Tapetenablöser von der Wand entfernen. Qualitätsvliestapeten, die mit hochwertigem Vliestapetenkleister verklebt wurden, können auch nach Jahren trocken von der Wand abgezogen werden.

Geschichte

Jahrhunderte lang wurde im Maler- und Tapezierhandwerk so genannter Knochenleim zum Tapezieren verwendet. 1888 entwickelte der Malermeister und Dekorateur Ferdinand Sichel den ersten gebrauchsfertigen Tapetenkleister auf Basis von Pflanzenstärke und machte den Knochenleim somit überflüssig. Denn der „Sichel-Tapetenkleister SM“ musste vor der Verarbeitung nur mit heißem Wasser verdünnt und verrührt werden. Anfang der 1920er-Jahre übernahm Sichel die Herstellung der von Dr. Friedrich Supf entwickelten kaltwasserlöslichen Stärkekleister in Trockenform, die auch als Quellstärke bezeichnet werden. 1953 brachte Henkel unter der Marke Metylan einen neuartigen Tapetenkleister auf den Markt, der aus reiner Methylzellulose bestand. Das weiße Zellulosepulver wird sofort vom Wasser aufgenommen, klumpt nicht und bildet in wenigen Minuten eine homogene Lösung mit kräftiger Konsistenz. Aufgrund der leichten Verarbeitungsmöglichkeit, der hohen Klebkraft sowie der Kalk- und Zementbeständigkeit löste der neue Tapetenkleister alle bisherigen Kleistermethoden ab. Seit 2002 gibt es einige Tapetenkleister auch in der staubarmen Granulatform. 2010 entwickelte Henkel den ersten Tapetenkleister, der als flüssiges Konzentrat in Wasser eingerührt wird. Damit konnte ein klumpenfreies Anrühren und schnelle Gebrauchsfertigkeit erreicht werden.

Nachhaltigkeit

Aus ökologischer, arbeitshygienischer und gesundheitlicher Sicht gibt es keine besseren Klebstoffe als Kleister. Die Anwendung ist jedoch auf die aufgeführten Bereiche zu beschränken. [1]

Siehe auch

- Retrogradation (Chemie), natürlich ablaufende Umkehrreaktion der Verkleisterung

Literatur

- Hannoversches biografisches Lexikon
- Spezialwissen: Perfekte Produktlösungen im Bereich Kleb- und Dichtstoffe. Verlag Siegfried Rohn. 2009
- Menschen und Marken. 125 Jahre Henkel 1876-2001
- www.henkelhaus.de

Weblinks

- Einfaches Rezept zur Herstellung von Kleister [2] (englisch)
- WECOBIS Ökologisches Baustoffinformationssystem [3] (deutsch)
- Kleister selber herstellen [4] (deutsch)
- Deutsches Tapeten-Institut [5] (deutsch)
- Tapezierbroschüre [6] (deutsch)

Referenzen

[1] WECOBIS Ökologisches Baustoffinformationssystem
[2] http://www.citynoise.org/article/1177
[3] http://wecobis.iai.fzk.de/cms/content/site/wecobis/Home/Bauproduktgruppen/Klebstoffe/Kleister
[4] http://www.oekoleo.de/wsa/a08/leo-wsa-6-kw-2008-kleber.htm
[5] http://www.tapeten-institut.de
[6] http://www.metylan.de/Praktische-Tipps-fuers-Tapezieren.781.0.html

Kokosfaser

Kokosfaser	
Fasertyp	Naturfaser
Herkunft	Kokosnuss
Farbe	weißlich bis braun
Eigenschaften	
Faserlänge	500 µm (Faserbündel: 15-20 cm[1]
Faserdurchmesser	100-450 µm[]
Dichte	1,15 g/cm^3[]
Zugfestigkeit	131 bis 220 MPa[]
Elastizitätsmodul	4-6 GPa[]
Bruchdehnung	bis 40%[]
Produkte	z.B. Bürsten, Matten, Auto-Innenverkleidung, Stricke, Geotextilien

Als **Kokosfasern**, auch bekannt als **Coir**, werden die Fasern bezeichnet, die aus der äußeren Umhüllung der Kokosnuss, dem Metacarp, gewonnen und als Naturfasern eingesetzt werden. Dabei können Fasern aus unreifen Früchten zu Garnen und damit zu Geweben verarbeitet werden. Fasern reifer Früchte können dagegen aufgrund ihres höheren Holzanteils nicht versponnen werden.



Gewinnung von Kokosfasern

Gewinnung

Aus der Kernumhüllung unreifer Früchte werden Fasern gewonnen, die zu Garnen verarbeitet werden können. Es handelt sich um Faserbündel, die durch einen Pektin-Abbau durch Mikroorganismen aus dem umliegenden Gewebe getrennt gewonnen werden. Der Faseranteil beträgt zwischen 32 und 44 %. Dazu wird der Mesocarp zunächst vom Steinkern gelöst und dann zur Verrottung des Pektins („Röstung“ genannt), mehrere Monate im Wasser gelagert. Bewährt haben sich dazu die Brackwässer von Lagunen, heute werden aber vielfach Tanks benutzt. Nach diesem „Röstvorgang“ werden die Fasern traditionell durch Klopfen gelöst (heute maschinell) und noch feucht nach Farbe und Feinheit sortiert. Kokosfasern werden unter dem Namen Coir gehandelt. Der Name „coir“ leitet sich von den zwei Worten „kayar“ für Seil oder Leine und „kayaru“, was verdreht bedeutet, ab>[] .

Eigenschaften

Kokosfasern bestehen zu 45 % aus Lignin und zu 44 % aus Zellulose. Das hat zur Folge, dass die Fasern sehr dehnbar, fest und langlebig sind. Neben ihrer hohen Abrasionbeständigkeit, sind die Fasern auch unempfindlich gegen Pilz- und bakteriellen Befall und können monatelange Feuchte überdauern ohne sich zu zersetzen. Kokosfasern sind zudem isolierend, schallschluckend, antistatisch und schwer entzündlich. Die Fasern besitzen eine Dichte von ca. 1,15 g/cm³ und einen Durchmesser von etwa 100 bis 450 µm. Mit einer durchschnittlichen Länge von etwa 500 µm sind die Fasern relativ kurz. Die Zellwände sind dickwandig und das Lumen ist unregelmäßig geformt. Die Zugfestigkeit von 130 bis 175 MPa und die Steifigkeit von 4 bis 6 GPa sind relativ gering im Vergleich zu anderen Naturfasern wie zum Beispiel Flachs oder Ramie, jedoch besitzen sie eine ausgesprochen hohe Dehnbarkeit von bis zu 40 %.

Erzeugnisse aus Kokosfasern

Kokosfasern dienen der Herstellung von Seilen, Matten, Teppichen und Wandverkleidungen. Zentrum der Kokosfaserindustrie ist Sri Lanka [2] . Andere große Produktionsstätten finden sich entlang der Küstenregionen der feucht-tropischen Gegenden Asiens, wie zum Beispiel den Philippinen, Indonesien, Malaysia oder Indien.



Seil aus Kokosfasern, zur Baum- und Strauchbefestigung

Fasern von reifen und vollreifen Früchten haben einen höheren Holzanteil, lassen sich daher nicht verspinnen und werden als Füllmaterial für Matratzen und Polster oder zur Wärmedämmung verwendet. Des weiteren werden die Fasern im Fahrzeugbau, für Fußmatten, Hüte, Körbe, Teppiche, Matratzenfüllungen,

kunsthandwerkliche Arbeiten und zur Wärmedämmung eingesetzt. Aufgrund ihrer Feuchtebeständigkeit werden Kokosfasern auch als Geotextilien für den Erosionsschutz und im Gartenbau verwendet. Seit kürzerer Zeit werden Kokosfasern auch als Verstärkungselemente für Naturfaserverstärkte Kunststoffe eingesetzt.

Literatur

- Amar K. Mohanty, Manjusri Misra, Lawrence T. Drzal, (Hrsg.): “Natural fibers, biopolymers, and biocomposites”, Taylor & Francis Group, Boca Ranton, FL 2005, ISBN 084931741X
- S.K. Batra: “Other Long Vegetable Fibers, Abaca, Banana, Sisal, Henequen, Ramie, Hemp, Sunn, Coir” in Menachem Lewin (Hrsg.): in Handbook of Fiber Chemistry, CRC Press, 2007, ISBN: 9780824725655

Referenzen

[1] A. Bismarck, S. Mishra, T. Lampke,"Plant Fibers as Reinforcement for Green Composites" in Amar K. Mohanty, Manjusri Misra, Lawrence T. Drzal, (Hrsg.): “Natural fibers, biopolymers, and biocomposites", Taylor & Francis Group, Boca Ranton, FL 2005, ISBN 084931741X

[2] Michael Carus u. a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), Gülzow 2008, S. 126, Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_315gf_band_26_komplet_100.pdf)

Kokosöl

Kokosöl (Kokosfett)	
	
Rohstoffpflanze(n)	Kokospalme (*Cocos nucifera*)
Farbe	weiß
Inhaltsstoffe	
Ölsäure	5–10 %[1]
Linolsäure	48–59 %[1]
Weitere Fettsäuren	5–10 % Capryls., 5–8 % Caprins., 45–53 % Laurins., 17–21 % Myristins., 8–10 % Palmitins., 2–4 % Stearins.[1]
Eigenschaften	
Dichte	0,87 kg/dm^3[2]
Viskosität	21,7 63,5 mm^2/s (bei 50 °C)[2]
Schmelzpunkt	18–23 °C[1]
Rauchpunkt	194 °C[3]

Flammpunkt	288–°C[3]
Iodzahl	7–10 [2]
Brennwert	35,3 MJ/kg[2]
Herstellung & Verbrauch	
Wichtigste Produktionsländer	Philippinen, Indonesien[4]
Verbrauch weltweit	3,3 Mio. t (2005/06)[4]
Verwendung	Lebensmittel, Bioenergie, Industrie

Kokosöl oder **Kokosnussöl**, auch **Kokosfett** genannt, ist ein bei Raumtemperatur festes, weißes bis weißlich-gelbes Pflanzenöl, das aus Kopra, dem Nährgewebe der Kokosnuss (Frucht der Kokospalme) gewonnen wird. Es zeichnet sich durch einen sehr hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren aus. Kokosöl wird in der Küche vor allem zum Backen, Braten und Frittieren verwendet, daneben in der Süßwarenindustrie, für pharmazeutische und kosmetische Zwecke sowie als Ausgangsstoff für die Oleochemie.

Eigenschaften

Kokosöl riecht mild, wachsartig und frisch mit einer leichten Kokosnote. Obwohl es wegen des hohen Anteils an gesättigten Fettsäuren recht lagerstabil ist, riecht Koksöl häufig leicht ranzig. Der Schmelzpunkt von Koksfett liegt mit 21-25°C knapp über der normalen Zimmertemperatur. Da es beim Schmezen erhebliche Schmelzwärme aufnimmt, erzeugt es im Mund einen deutlichen Kühleffekt - dies nutzt unter anderem die Süßwarenindustrie bei der Herstellung von Eiskonfekt.

Zusammensetzung

Das überwiegend gesättigte Kokosöl ist reich an Capryl-, Laurin- und Myristinsäure, daneben sind Caprin-, Palmitin-, Stearin- und Ölsäure in relevanten Anteilen enthalten. da kokosöl grundsätzlich raffiniert wird, enthält es kein Vitamin E.

Geschichte

Obwohl Kokospalmen im malaiischen Archipel bereits seit 3000 bis 4000 Jahren kultiviert werden, erlangten sie erst im 19. Jahrhundert größere wirtschaftliche Bedeutung mit der Anlage von Plantagen auf Ceylon durch Holländer. Heute erstreckt sich die Kultivierung von Kokospalmen weltweit auf die tropischen Zonen im Küstenbereich und an Flussufern. Ein großer Teil der Früchte wird vor Ort verbraucht, zu den wichtigsten Anbauländern zählen Indonesien, die Philippinen und Indien. Die Nutzung von Kopra hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark erhöht, die Kokosnussproduktion hat sich seit 1980 veroppelt.

Heute deckt die Kokospalme acht Prozent des Bedarfs an Pflanzenöl in der Welt. Zu den wichtige Kokosölproduzenten zählen Holland, Frankreich und Deutschland, die Kopra als Rohstoff importieren. Die USA importieren vor allem fertiges Kokosöl.

Gewinnung und Lagerung

zur Gewinnung von Kokosöl wird von der Kokosnuss (Frucht der Kokospalme) das auch Kopra genannte Fruchtfleisch zerkleinert und getrocknet. Dieses wird in Ölmühlen ausgepresst. Vor der Verwendung als Speisefett wird das Öl raffiniert und desodoriert. Gekühlt kann kokosöl ein bis zwei Jahre gelagert werden.

Verwendung



Ungehärtetes Kokosfett sorgt für den kühlenden Effekt beim Verzehr von Eiskonfekt

Kokosfett eignet sich als hocherhitzbares Öl zum Kochen, Braten und Backen und wird in der Lebensmittelindustrie für die Margarinen- und Süßwarenherstellung verwendet. In Deutschland wird unter dem Markennamen Palmin seit 1894 ein Kokosfett angeboten, das teilweise chemisch gehärtet und mit anderen Fetten gemischt ist.

Wegen des Gehalts an Laurinsäure zählt Kokosöl zu den Laurinölen. Die Eigenschaften der Laurinsäure stellen dabei die Basis dar für die Produktion von Shampoo, Rasierseife, Seife und anderen Detergentien. Kokosöl (*Oleum cocos*) zeigt eine feuchtigkeitsspendende Wirkung und hat einen kühlenden Effekt, dringt jedoch kaum in die Haut ein. Auch zur Herstellung verschiedener technischer Alkohole (Fettalkohole) und deren Derivaten (z.B. Fettalkoholsulfonate) sowie zur Herstellung von Kerzen wird Kokosöl genutzt.

Fettsäuren aus der Raffination von Kokosöl sind für technische Anwendungen geeignet, darunter die Herstellung von Kunstharzen, Insektiziden und Arzneimitteln.

In Rahmen der Suche nach alternativen Energieträgern gegenüber dem Erdöl und anderen fossilen Energieträgern wird neben anderen Pflanzenölen auch das Kokosöl auf seine Eignung untersucht. Wie jedes Pflanzenöl lässt sich Kokosöl in einem chemischen Prozess umestern und zumindest als Beimischung zu Dieselkraftstoff (1%) verwenden. Besonders auf den Philippinen wird Biodiesel aus Kokosöl in Form von Methylestern bereits in großem Maße produziert.[5]

Literatur

- S. Krist, G. Buchbauer und C. Klausberger, 2008: Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle. Springer Verlag, Wien. S. 208-213. ISBN 978-3-211-75606-5

Referenzen

[1] Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft: Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle (http://www.dgfett.de/material/fszus.htm) (PDF)

[2] FNR: Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland. Oktober 2008. (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_174-basisdaten_biokraftstoff-freigabe.pdf) (pdf)

[3] Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 2002: Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke. Reihe: Materialien Umwelt & Entwicklung Bayern. S. 18.

[4] CRB Fundamentals – 2007 Commodity Articles: Coconut Oil and Copra (http://www.crbtrader.com/fund/articles/coconut.asp)

[5] Kraftstoffalternativen: Ölpflanzen im Vergleich. (http://www.kraftstoffalternativen.de/index.php?sub=oelpflanzen&p=oelpflanzen_show&cat=0) Abgerufen am 27.10.2009

Kokospalme

Kokospalme

Kokospalme:
Systematik
Klasse: Einkeimblättrige (Liliopsida) *Unterklasse:* Commelinaähnliche (Commelinidae) *Ordnung:* Palmenartige (Arecales) *Familie:* Palmengewächse (Arecaceae) *Gattung:* Kokospalmen (*Cocos*) *Art:* Kokospalme
Wissenschaftlicher Name
Cocos nucifera
L.

Die **Kokospalme** oder **Kokosnusspalme** (*Cocos nucifera*) ist ein tropischer Baum aus der Familie der Palmengewächse, an dem die Kokosnuss wächst.

Grundvorstellung

Als Schopfbaum bildet sie keine Kronen, vielmehr trägt sie einen dichten Schopf großer Blätter. Ein Schopf besteht aus etwa 30 drei bis sieben Meter langen gefiederten Blättern, die in zahlreiche Blattsegmente aufgeteilt sind, so dass die Blätter dem Wind nicht zu viel Widerstand entgegensetzen. Der Baum verträgt auch permanente starke Seewinde und übersteht oft selbst starke Stürme. Kokospalmen sind völlig unverzweigt. Ihre Höhe beträgt ausgewachsen zwischen 20 und 25 Meter (Extremwert 30 Meter). Für diese Höhe haben die Kokospalmen mit 20–30 cm erstaunlich dünne Stämme, die Stammbasis ist allerdings auf 40–50 cm verdickt. Das Wachstum geht von Scheitelmeristemen aus, die sowohl Blätter als auch Blütenstände bilden. *Cocos nucifera* ist die einzige Art der Gattung.

In der Vorstellung der Menschen prägt keine Baumart das Bild tropischer Küsten so sehr wie Kokospalmen. Die in vielen tropischen Ländern „Baum des Himmels“ genannte Pflanze bietet den Bewohnern tropischer Küsten seit Jahrtausenden eine hervorragende Nahrungs- und Rohstoffquelle: mit ihren Früchten als gehaltvoller Nahrung und Getränk (roh oder vergoren), ihrem Holz als Baumaterial für Hütten, ihren Blättern als Dachbedeckung für diese, ihren Fasern zum Flechten von Hauswänden, Körben, Matten und ihren trockenen Kokosnussschalen als Brennmaterial. So liefert zum Beispiel in Kerala schon eine 0,2 Hektar große Plantage mit 35 Palmen genug trockene Blätter, Spathen und Steinschalen, um den Jahresbedarf von 2.500 bis 3.600 kg Brennstoff für eine 5-köpfige Familie zu decken (Tagesbedarf 7–10 kg).

Angebaut werden Kokospalmen seit mindestens 3000 Jahren. Heute liefert die Kokospalme 8 Prozent des Weltpflanzenölbedarfs und wird auch sonst vielfältig genutzt.

Mit einer Produktion von 44.723.000 Tonnen Kokosnüssen ist die Kokospalme eine der großen Nutzpflanzen. Die Weltproduktion an Kopra beträgt 4.774.000 Tonnen.[1]

Beschreibung

Je nach Sorte und Standort werden Kokospalmen bis zu 30 Meter hoch. Die Kokospalme ist monotypisch und verfügt über einen diploiden Chromosomensatz. Alle Palmensorten sind miteinander kreuzbar. Die größte Formenvielfalt findet man in Südostasien. Diese starken Individualunterschiede werden für züchterische Zwecke genutzt. Dort kommen auch selbstbefruchtende Zwergformen vor, die aber auch mit Hochstämmen kreuzbar sind.



Kokospalme: Blätter und Früchte

Blätter

Die Krone der immergrünen Pflanze besteht aus einem Schopf mit bis zu 6 Meter (Extremwert 7 Meter) langen palmentypisch gefiederter Blättern, die vom Scheitelmeristem aus wachsen.

Die Länge der Blätter schwankt bei der ausgewachsenen Pflanze zwischen 3,5 und 7 Meter bei 1 Meter Breite und einem Gewicht von 10 bis 15 kg. Die Blätter stehen im ersten Jahr aufrecht, im zweiten Jahr waagrecht und hängen im dritten Jahr herab, bevor sie absterben. Meist entwickeln sich pro Jahr 12 bis 19 Blätter. Die gefiederten Blätter sind in 200 bis 250 schmale Segmente unterteilt, die 2 bis 3 cm breit und 60 bis 90 cm lang sind. (Die Segmente liegen nicht senkrecht, sondern angewinkelt zu Blattachse, so dass sich trotz ihrer Länge nur eine Gesamtbreite des Blattes von gut 1 Meter ergibt.) Junge Blätter werden am Anfang von einer bis 60 cm langen Blattscheide umschlossen, deren Überreste als braungetrocknete Reste noch lange am Baum hängen. Diese Schalen werden als „Kokosfaserplatten“ in der Floristik als Untergrund verwendet (nicht zu verwechseln mit Dämmplatten aus Kokosfasern von Schalen reifer Früchte).

Am Ende der Segmente befinden sich Gelenkzellen, die die Position der Segmente zur Mittelrippe verändern und durch Aneinanderlegen der Flächen mit den Spaltöffnungen die Wasserverdunstung vermindern können. Die Konstruktion des Blattes lässt den Baum auch permanent starke Seewinde und die meisten tropischen Stürme überstehen. Orkane überfordern aber immer wieder auch örtlich die Leistungsfähigkeit der Kokospalme.

Spathen: Blüten- und Fruchtstände



Blütenstand

Aus den Blattachsen wachsen oft schon ab dem sechsten oder siebten Jahr die verzweigten Blütenstände mit jeweils bis zu 40 weiblichen und über 10.000 männlichen Blüten. Die weiblichen Blüten öffnen sich erst zwei Wochen nach den männlichen und sind etwa zwei Tage empfangsbereit, so dass Fremdbestäubung überwiegt. Bestäubung wird sowohl durch Wind als auch durch Insekten (Bienen, Wespen, Käfer, Ameisen, Fliegen) vollzogen. Die Blütenstände, die später zu stabilen Fruchtständen werden, sind verholzte Hochblätter, die als Spathen bezeichnet werden. Diese Spathen werden in der Floristik als „Cocos Schale“ oder „Cocos Blatt“ bezeichnet und gern genutzt.

Der Baum trägt das ganze Jahr über Früchte, die in seiner Krone in Gruppen verschiedener Entwicklungsstadien wachsen, so dass reife Kokosnüsse ständig nachwachsen. Je nach Standort blühen und fruchten sie mit voller Leistung 15 bis 60 Jahre, stellen aber auch an optimalen Standorten spätestens mit 80 Jahren ihre Fruchtproduktion ein. Das Höchstalter der Kokospalmen liegt zwischen 100 und 120 Jahren.

Der Ertrag liegt im Mittel bei 50 bis 80 reifen Früchten pro Baum und Jahr, in Sri Lanka bei 30 bis 40 Früchten. An optimalen Standorten können aber auch zwischen 70 und 150 Nüssen pro Jahr geerntet werden. In gut gepflegten 15-jährigen Beständen erntet man pro Hektar und Jahr etwa 9.500 in 20-jährigen Beständen etwa 12.000 Früchte.



Blütenstand



Die Früchte wachsen in Gruppen, die sich jeweils in verschiedenen Stadien der Reife befinden.

Holz



Holz der Kokospalme auf Java

Das Holz ist von geringer Druck- und Biegefestigkeit. Relativ ist es an der Basis wesentlich stabiler (Dichte, Härte, Wassergehalt) als an der Spitze, der äußere Bereich ist wesentlich stabiler als das Stamminnere. Dies macht den Baum sehr beweglich. Bei Stürmen kann der von der Gewalt des Windes geschüttelte Schopf flexibel schwanken, während die Basis dem Ganzen Stabilität gibt.

Die Rohdichte sinkt im äußeren Stammbereich (äußeres Drittel) von der Basis zur Spitze von 0,9 gr/Kubikzentimeter auf 0,3 gr/Kubikzentimeter, im inneren Stammbereich (innerstes Drittel) von der Basis zur Spitze von 0,35 gr/Kubikzentimeter auf 0,1 gr/Kubikzentimeter.

In den äußeren 5 cm befinden sich braungefärbte dichtfasrige Leitbündel, die wie Seile den Stamm stabilisieren. So optimal der Stamm für die Kokospalme konstruiert ist, als Nutzholz hat es für den Menschen keinen besonderen Wert, dennoch wird es für den Bau von Hütten und anderem verwendet. Da es bei Wasserkontakt leicht verrottet, bieten sich aufgeständerte Konstruktionen an. (Zur heutigen Nutzung siehe unten.)

Wurzel

Aus der verdickten Stammbasis entspringt eine Vielzahl von bleistiftstarken Adventivwurzeln, die sich bei erwachsenen Bäumen 6 bis 7 Meter vom Stamm erstrecken und diesen außerordentlich gut verankern. Lateralwurzeln zweigen meist fast rechtwinkelig ab. Viele Palmen überstehen sogar Tsunamis. Der wasserbedürftige Baum findet mit diesem Wurzelsystem in Küstennähe meist Anschluss an das Grundwassersystem. Der Baum verträgt Salzwasser bis 0,638 % (in Indien gemessener Wert).

Der Baum gedeiht besonders gut auf sandigen Lehmen an Küsten und Flussmündungen, überhaupt auf allen frischen, lockeren, nährstoffreichen und tiefgründigen Böden. Der pH-Wert ist ihm gleichgültig (beispielsweise in Puerto Rico gedeiht er auf Böden mit pH-Werten von 5 bis 8,0). Ungeeignet sind zeitweise überflutete oder verfestigte Böden. Wenig geeignet sind trockene leichte Sande. Diesen fehlt es an Nährstoffen und Wasser, derer die Kokospalme bedarf. Kalk ist vorteilhaft, die Kaliversorgung wichtig. Heute sind Palmenplantagen durch Düngung auch auf nährstoffarmen Böden möglich.

Verbreitung



Austreibende Kokosnuss

Die Kokospalme stellt hohe Wärmeansprüche und ist frostempfindlich. Sie ist ein Baum der feuchtwarmen Tropen. Sie fruchtet nur zwischen dem 26. Grad südlicher beziehungsweise nördlicher Breite.

Das Hauptverbreitungsgebiet und die Hauptanbaugebiete liegen zwischen 15 Grad südlicher Breite und 15 Grad nördlicher Breite und weisen eine mittlere Jahrestemperatur von 27 Grad auf. Außerdem liegt die Mitteltemperatur des kühlsten Monats nicht unter 20 Grad. Der Baum ist sehr wasserbedürftig und gedeiht in Gebieten mit Niederschlagswerten von 1000 bis 5000 mm pro Jahr. Das Optimum, ablesbar an der Fruchtbildung, beträgt 1200 bis 2300 mm. Günstig ist eine gleichmäßige Verteilung der Niederschläge, wobei kürzere Trockenperioden ertragen werden. Erreichen diese aber 5-6 Monate,



Austreibende Kokosnuss



Kokospalmen (Thailand)

geht der Fruchtansatz auf Jahre zurück. Kokospalmen leiden unter sehr trockenen warmen Winden. Kokospalmen sind Lichtbäume, lediglich Jungbäume vertragen Halbschatten. Bei der Aufzucht von Jungbäumen wird bewusst schattiert und bei Trockenheit gewässert.

Kokospalmen werden im gesamten Tropengürtel, beispielsweise in den tropischen Regionen Asiens – auf den Philippinen, in Indonesien, Sri Lanka und Süd-Indien – sowie in Afrika und an Küsten und Flussläufen in Südamerika kultiviert. An Flussläufen reichen sie bis 150 km ins Landesinnere. Die Ausbreitung erfolgte teils auf natürlichem Weg, teils durch den Menschen. Die ursprüngliche Heimat der Kokospalme reicht wohl vom kontinentalen Südostasien bis Indonesien und zum Indischen Subkontinent. Fossilfunde aus dem Miozän in Neu-Guinea und Australien lassen wahrscheinlich erscheinen, dass das Entstehungsgebiet im Bereich des Sunda-Archipels, also in Melanesien zu suchen ist.

Kokosnüsse können weite Strecken über das Meer getrieben werden und, wieder an Land gespült, Wurzeln schlagen. Es gibt Berichte darüber, dass einzelne Kokosnüsse sogar Skandinavien erreicht haben. Einige weit übers Meer getriebene Kokosnüsse waren angeblich danach noch keimfähig. Die Frucht hält sich aber im Salzwasser nicht unbegrenzt lange. Erwiesen ist, dass nach 100 Tagen im Salzwasser noch keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit besteht.

Eine Ausbreitung der Art über Südostasien und Indien hinaus erfolgte wohl großteils durch den Menschen. Schon die polynesischen Seefahrer brachten Kokosnüsse und ihre anderen Nahrungspflanzen und Nutztiere bei der Besiedelung der pazifischen Inseln mit. Die Portugiesen brachten die Kokospalme an die ostafrikanischen Küsten. Den amerikanischen Kontinent erreichte die Kokospalme sehr spät. Es ist nicht sicher, ob sie vor dem Eintreffen von Europäern überhaupt schon Amerika erreicht hatte. Vermutlich existierte sie schon an einigen Küstenabschnitten Panamas. Möglich ist, dass sie in den tropischen Zonen der Pazifikküste damals schon vorgekommen ist, wobei nicht klar ist, ob sie das Gebiet selbst erreicht hat oder vielleicht auch von polynesischen Seefahrern hierher gebracht wurde. Das heute weite Vorkommen an den Küsten Mittel- und Südamerikas wie auch an den afrikanischen Küsten geht darauf zurück, dass sie von Menschen als Nutzpflanze kultiviert wird.

Nutzung

Die Kokospalme bietet vielfältigen Nutzen.



Frucht und Pflanze

Palmwedel, Stämme

Das Holz der Stämme der Kokospalme wird seit jeher für den Bau von Hütten verwendet. Seit der Erfindung der Hochleistungsfräse wird es auch verwendet für den Hausbau, im Schiffbau, für Sitz- und Liegemöbel, Haushaltsgegenstände (Schalen oder Ähnliches) und Schnitzarbeiten. Von Hand lässt es sich nur schwer bearbeiten, da es sehr fasrig ist.

Die Blätter werden zu Besen zusammengebunden oder als Dacheindeckung genutzt. Geflochten wurden sie (und werden vereinzelt noch heute) als Hauswände oder Körbe verwendet.

Kokosnuss



Geöffnete Kokosnuss

Kokospalmen liefern ab der zwölften Ernte vollen Ertrag. Nach 30 Jahren werden sie in den Plantagen für das Ernten und das Pflücken durch sogenannte Palmkletterer (teilweise abgerichtete Affen) zu hoch.

Die Kokosnuss besteht aus drei miteinander verwachsenen Karpellen (synkarp axil) – daher auch die oft leicht dreieckige Form der Kokosnuss. Die drei Punkte, die man auf einer Seite sieht, sind die drei Keimlöcher, wobei immer nur ein Keim zu wachsen beginnt. Die beiden inaktiven Keimlöcher verhärten. Um an das Kokoswasser zu gelangen, wird das aktive, weichere Keimloch geöffnet. Der vergorene Saft der Kokosnuss hat einen äußerst bitteren Geschmack.

Ernte der Kokosnuss

Die Kokosnuss ist die Frucht der Kokospalme und keine echte Nuss, sondern eine einsamige Steinfrucht.

Sie wird als grüne, relativ unreife, dreieckige, etwas mehr als kopfgroße Frucht geerntet. Der eigentliche Samen ist umhüllt von einer dicken Faserschicht aus einer ledrigen Außenschicht (Exokarp), einem zunächst fleischigen, dann faserreichen, lufthaltigen Mesokarp, und einer nahezu steinharten 5 mm dicken inneren Schale (Endokarp). Vor dem Export werden die äußeren Schichten entfernt, um Transportplatz zu sparen. Die 20 bis 30 cm lange Frucht wiegt reif zwischen 900 und 2500 Gramm.

Die Ernte erfolgt durch langgestielte Messer, durch Hochklettern durch sogenannte Palmkletterer, und in Asien auch mit Hilfe dressierter Makaken-Affen, die auf die Bäume klettern und über Zurufe dazu gebracht werden, die Nuss so lange um ihre eigene Achse zu drehen, bis sie vom Baum fällt. Die Affen haben eine enge Beziehung zu ihrem Besitzer. Ihre Dressur ist schwierig, da nicht nur das Drehen der Nuss erlernt werden muss, sondern auch Körperbewegung nach Zurufen, die es dem Besitzer ermöglichen, den angeseilten Affen im Gewirr der Äste so zu dirigieren, dass er sich nicht verfängt und oben auf seine Rettung warten muss. Passiert dies, verliert der Affe das Interesse an der Nussernte, die für ihn eine Art Spiel ist. Gute Ernteaffen stellen für die dortige Bevölkerung einen erheblichen Wert dar, der mit dem Besitz eines Arbeitselefanten vergleichbar ist. Die verspielten Tiere kosten weniger Unterhalt, bedürfen aber ständiger Beschäftigung und werden deshalb in häuslicher Umgebung gehalten, spielen mit den Kindern und essen als Familienmitglied. Sie können nicht an jeden verkauft werden, da sie nicht mehr arbeiten, wenn sie sich nicht an ihren neuen Besitzer gewöhnen.



Fruchtstand einer Kokospalme

Kokosnüsse reifen nach der Ernte nicht nach, sie zählen zu den nichtklimakterischen Früchten.

Hauptanbauländer (1986):

- Indonesien: 13.058.000 Tonnen Kokosnüsse
- Philippinen: 10.000.000 t
- Indien: 8.700.000 t
- Sri Lanka: 2.000.000 t
- Thailand: 1.480.000 t

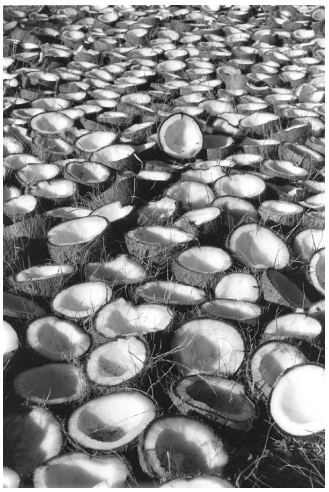


Kokosnussernte durch Palmenklettern auf den Malediven

- Mexiko: 1.169.000 t
- Vietnam: 1.165.000 t
- Malaysia: 1.022.000 t
- Papua/Neu-Guinea: 700.000 t

Fruchtfleisch, Kopra

→ *Hauptartikel: Kopra*



Kopraherstellung auf Fiji

100 g Kokosnuss enthalten[2] :								
kcal	kJoule	Wasser	Fett	Kalium	Calcium	Magnesium	Vitamin C	Selen
358	1498	45 g	36,5 g	380 mg	20 mg	39 mg	2 mg	810 µg[3]

Die Kokosnuß gehört zu den selenhaltigsten Lebensmitteln.[3] Der hohle Kern der Kokosnuss ist mit einem weißen, aromatisch schmeckenden Fruchtfleisch von 1 bis 2 cm Dicke ausgekleidet, das fest und fasrig ist und roh verzehrt werden kann. Getrocknet heißt es Kopra und dient als Ausgangsstoff zur Gewinnung von Kokosöl, Kokosfett, Margarine, getrockneten Kokosflocken und als Paste, die zum Kochen verwendet wird. Biologisch gesehen bildet das Fruchtfleisch gemeinsam mit dem Kokoswasser das sogenannte Endosperm.

Das frische Fruchtfleisch enthält z. B. 45 % Wasser, 36,5 % Fett, 4 % Eiweiß, 4,8 % Zucker, 9% Ballaststoffe, 1,2 % Mineralien. Der Wasseranteil kann auch 50 % betragen.

An den Küsten Indiens, Burmas, Indonesiens und den pazifischen Inseln stellt das Fruchtfleisch der Kokosnuss das zentrale Nahrungsmittel dar.

Durch Trocknen wird der Wassergehalt des Fruchtfleisches auf 5 % reduziert. Man spricht dann von *Kopra*. Der Fettgehalt beträgt dann 63 bis 70 %. Ein Einzelbaum liefert zwischen 5 und 20 kg Kopra pro Jahr. Raspelkopra wird in der Süßwarenindustrie verwendet. Hauptsächlich aber gewinnt man durch Pressen des Kopras Kokosöl. Der Pressrest voller Zucker, Eiweiß und Mineralien ist ein wertvolles Viehfutter.

Kokosöl



Kokosfett

→ *Hauptartikel: Kokosöl*

Kokosöl oder Kokosnussöl, auch Kokosfett genannt, ist ein bei Raumtemperatur festes, weißes bis weißlich-gelbes Pflanzenöl, das aus Kopra gewonnen wird. Es zeichnet sich durch einen sehr hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren aus und ist reich an Capryl-, Laurin- und Myristinsäure. Es riecht mild, wachsartig und frisch mit einer leichten Kokosnote, sowie häufig leicht ranzig, weshalb es vor dem Verzehr grundsätzlich desodoriert wird. Zur Gewinnung von Kokosöl wird Kopra zerkleinert, getrocknet und in Ölmühlen ausgepresst.

Kokosöl wird in der Küche vor allem zum Backen, Braten und Frittieren verwendet, daneben in der Süßwarenindustrie, für pharmazeutische und kosmetische Zwecke sowie als Ausgangsstoff für die Oleochemie. Wegen des hohen Gehalts an Laurinsäure ist Kokosöl ein wichtiger Ausgangsstoff für Tenside. Auch die Produktion von Biokraftstoff (v.a. Biodiesel) aus Kokosöl ist möglich.

Acht Prozent des weltweit verbrauchten Pflanzenöls sind Kokosöl. Wichtige Produzenten sind Holland, Frankreich und Deutschland, die Kopra als Rohstoff importieren. Die USA führen vor allem fertiges Kokosöl ein.

Kokoswasser



Kokoswasser als Getränk

Im Hohlraum befindet sich etwa ein Liter süßliche, fast klare Flüssigkeit, das Kokoswasser. Dieses ist keimfrei, solange die Nuss geschlossen bleibt. In den Anbauländern ist das Kokoswasser der weniger reifen Früchte ein wichtiger Trinkwasserersatz. Das Kokoswasser wird mit zunehmender Reife weniger, aber restlos verbraucht wird es erst bei der Keimung.

Auf Inseln ohne Quellen werden pro Person und Tag drei bis sechs Kokosnüsse zur Deckung des Flüssigkeitsbedarfs benötigt. Üblich ist die Versorgung des Flüssigkeitsbedarfs durch Kokoswasser zum Beispiel auf den Molukken und Karolinen. Es wird entweder roh getrunken oder zu Kokoswein vergoren. Aus dem vergorenen Kokoswasser wird auch ein Branntwein destilliert. An der enthaltenen Menge Kokoswasser kann abgeschätzt werden, wie lange eine Nuss gelagert wurde. Je frischer die Nuss, desto mehr Kokoswasser befindet sich darin.

Medizinisch ist das sterile und isotonische Kokoswasser unter Notfallbedingungen intravenös als Infusionslösung zur Behandlung des Volumenmangelschocks eingesetzt worden.[4] Bei Durchfallerkrankungen wird Kokoswasser in einigen Ländern traditionell zum Flüssigkeitsausgleich eingesetzt. Wegen des zu niedrigen Kochsalz- und Glukosegehalts stellt Kokoswasser keine Alternative zu der von der WHO empfohlenen Oralen Rehydrationslösung dar.[5] [6]

Kokosmilch

Kokosmilch entsteht nicht in der Nuss, sondern wird hergestellt, indem das Fruchtfleisch mit Wasser püriert und die Mischung dann durch ein Tuch ausgepresst wird. Es entsteht eine aromatische, milchige Flüssigkeit mit üblicherweise ca. 15 bis 25 % Fettgehalt, je nach verwendeter Wassermenge. Die zurückbleibende, faserige Masse wird nochmals mit kochendem Wasser extrahiert und ausgepresst, was eine dünnere Kokosmilch ergibt. Der dann verbleibende Rest wird als eiweißreiches Tierfutter verwendet. Kokosmilch wird in den Anbauländern

kleinindustriell erzeugt und in Konserven oder als ultrahocherhitzte Kokosmilch weltweit exportiert. Sie wird in zahlreichen Gerichten (z. B. Rendang), Saucen (z. B. Sajoer), Suppen, sowie für manche Cocktails, wie die Piña Colada oder die Batida de Coco verwendet.

Kokosmilch kann anders als tierische Milch wegen ihres zu hohen Fettgehalts nicht dauerhaft homogenisiert werden. Fett- und Wasseranteil trennen sich daher in der Verpackung natürlicherweise voneinander und müssen vor der Verwendung bei Bedarf durch Schütteln oder Rühren neu vermischt werden. In den Anbauländern ist dies bekannt und akzeptiert; bei in westlichen Ländern verkaufter Kokosmilch sind teilweise Emulgatoren und/oder Verdickungsmittel zugegeben, um dieser Trennung entgegenzuwirken.

Als Kokosmilch wird oft auch der Saft bezeichnet, der durch Auspressen des frischen Fruchtfleisches entsteht.



Gewinnung von Kokosnussfasern (Sri Lanka)

Fruchtschale

Steinschale

Aus halbierten Kokosnussschalen (innere Steinschalen) können Trinkgefäße, Schalen, Krüge, Tassen, Löffel, Vasen hergestellt werden. Auch Kunsthandwerk wie Schnitzereien, Spielzeug und Taschen werden aus den Schalen hergestellt.

Die leeren Schalen liefern einen hochwertigen Brennstoff (auch zum Trocknen der Kopra oder einfach zum Essenkochen), der als Holzkohle veredelt, begehrt ist. Neben der Veredelung zu Holzkohle kann aus den Schalen auch Aktivkohle gewonnen werden.



Die Schale der Kokosnuss als Detailaufnahme, gut erkennbar: die einzelnen Fasern

Seit einigen Jahren werden speziell in Sri Lanka Außenschalen und Fasern nach der Trocknung vermahlen, mit flüssigem Mineraldünger versetzt und anschließend in Blöcke gepresst. Diese werden als sogenannte Cocobricks oder Cocoslabs hauptsächlich in Europa gehandelt. Beim Einweichen in Wasser quellen diese bis zum Zehnfachen ihres Volumens auf und ergeben ein in vielerlei Hinsicht vorteilhaftes Pflanzsubstrat.

Kokosfasern

→ *Hauptartikel: Kokosfaser*



Kokosseile für die Stabilisierung junger Bäume

Aus dem Mesocarp unreifer Früchte werden Kokosfasern gewonnen, die zu Garnen verarbeitet werden können. Es handelt sich um Faserbündel, die durch einen Pektin-Abbau durch Mikroorganismen aus dem umliegenden Gewebe getrennt gewonnen werden. Dazu wird der Mesocarp zunächst vom Steinkern gelöst und dann zur Verrottung des Pektins („Röstung“ genannt), mehrere Monate im Wasser gelagert. Bewährt haben sich dazu die Brackwässer von Lagunen. Heute werden aber vielfach Tanks benutzt. Nach diesem „Röstvorgang“ werden die Fasern traditionell durch Klopfen gelöst (heute maschinell) und noch feucht nach Farbe und Feinheit sortiert. Sie bestehen zu 45 % aus Lignin und zu 44 % aus Zellulose. Kokosfasern werden unter dem Namen Coir gehandelt. Sie dienen der Herstellung von Seilen, Matten, Teppichen und Wandverkleidungen. Zentrum der Kokosfaserindustrie ist Sri Lanka [7] .

Fasern von reifen und vollreifen Früchten haben einen höheren Holzanteil, lassen sich daher nicht verspinnen und werden als Füllmaterial für Matratzen und Polster oder zur Wärmedämmung verwendet.

Des weiteren werden die Fasern im Fahrzeugbau, für Fußmatten, Hüte, Körbe, Teppiche, Matratzenfüllungen, kunsthandwerkliche Arbeiten und zur Wärmedämmung eingesetzt.

Der Saft der Palme: Palmnektar als Grundlage für Palmwein, Palmhonig, Palmessig

Der Vitamin-B-reiche Saft der Palme (Blutungssaft), auch Palmnektar genannt, der vor allem aus dem Blütenstand gewonnen wird, wird zu Palmwein vergoren oder eingedickt als süßer Palmhonig genossen. Länger stehender Palmwein wandelt sich in Palmessig um. Palmwein wird teilweise zu Arrak gebrannt. Die Palmweinherstellung aus dem Blutungssaft der Blütenstände wurde von den Filipinos eingeführt. Auf spanischen Schiffen wurde Palmwein nach Mexiko exportiert und ist dort bis heute ein populäres Getränk. (Palmwein wird auch aus anderen Palmenarten bereitet.)

Das Scheitelmeristem: essbar als Palmherz

Das Scheitelmeristem, von dem das Wachstum sowohl der Blätter als auch der Blütenstände ausgeht, das teilweise auch Vegetationskegel genannt wird, wird beim Fällen der Bäume unter dem Namen Palmherz entnommen und als Grundlage für Salat verkauft. (Auch aus anderen Palmen werden Palmherzen gewonnen, was die Bäume immer tötet, weil damit der Wachstumskern zerstört wird.)

Wissenswertes

- Die Kokosnuss gehört zu den Früchten, die vom so genannten Palmendieb (auch Kokoskrebs genannt) verzehrt werden. Er ist mit einer Körperlänge bis zu vierzig Zentimetern und einer Spannweite von bis zu einem Meter der größte aller Landkrebse. Die größten Exemplare sind in der Lage, Kokosnüsse an den Keimlöchern zu öffnen.
- Das Wort Kokos stammt vom spanischen und portugiesischen Wort *coco*, Nuss oder Samen ab.
- Das Öffnen einer Kokosnuss durch Aufsägen ist sehr mühsam und gefährlich. Stattdessen kann mit dem Hammer mit leichten Schlägen entlang einer gedachten Linie um den Fruchtkörper herum auf die Nuss geschlagen werden. Nach kurzer Zeit öffnet sich dort in der Regel ein Riss und die Nuss kann geöffnet werden. Wenn das Wasser (*Das Kokoswasser*, siehe oben) im Inneren aufgefangen werden soll, sind vor dem Öffnen die Keimlöcher aufzubohren oder mit einem sauberen Schraubendreher einzustechen, um das Wasser ablassen zu können.
- Das Fruchtfleisch kann mit einem bei den Swahili Mbusi genannten Gerät aus der Schale geraspelt werden.

- Der deutsche August Engelhardt gründete mit dem Kokovorismus eine Sekte, welche die Kokosnuss als vollkommenstes aller Nahrungsmittel beschrieb, welches zu unendlichem Leben führe.

Quellen und weiterführende Informationen

Literatur

- G. Franke: *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen*, Band 1, Hirzel-Verlag 1967.
- Peter Schütt: *Weltwirtschaftspflanzen*, Paul Parey Verlag, 1972.
- Hilke Steinecke: *Wichtige tropische Nutzpflanzen stellen sich vor; Nr. 15 Die Kokospalme: Baum mit 1000 Nutzungsmöglichkeiten.* In: Stadt Frankfurt am Main (Hrsg.): *Tropische Nutzpflanzen von Ananas bis Zimt*, PalmenGarten, S. 75ff. ISBN 3-931621-06-5.
- S. Krist, G. Buchbauer und C. Klausberger, 2008: Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle. Springer Verlag, Wien. S. 208-213. ISBN 978-3-211-75606-5

Weblinks

- Informationen zur *Cocos nucifera* [8] (engl.)
- Gewürzseiten: Kokosnuss bei uni-graz.at [9]
- Pflege und Haltung von Kokospalmen in der gemäßigte Klimazone (Mitteleuropa …) [10]
- Literatur [11] (engl.)

Referenzen

[1] 1996 FAO Production Yearbook 50

[2] Bundeslebensmittelschlüssel - Kokosnuß (http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschluessel/naehrwerte/kokosnuss_H150000_2.html)

[3] Naturarzt 05/2006 (http://www.naturarzt-access.de/sixcms_upload/media/184/0605_selen.pdf)

[4] Campbell-Falck et al.: The intravenous use of coconut water. Am J Emerg Med. 2000;18(1):108-11. PMID 10674546

[5] Fagundes Neto et al.:Negative findings for use of coconut water as an oral rehydration solution in childhood diarrhea. J Am Coll Nutr. 1993;12(2):190-3.PMID 8463517

[6] Yartey et al.:Carbohydrate and electrolyte content of some home-available fluids used for oral rehydration in Ghana. J Trop Pediatr. 1993;39(4):234-7. PMID 8411318

[7] Michael Carus u.a.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.), Gülzow 2008, S. 126, Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_315gf_band_26_komplet_100.pdf)

[8] http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Cocos_nucifera.html

[9] http://www.uni-graz.at/~katzer/germ/Coco_nuc.html

[10] http://www.tropenland.at/trp/cont/exot/db.asp?id=30&title=Kokospalme

[11] http://cocos.arecaceae.com/

Kollagen

Kollagen (internationalisierte Schreibweise **Collagen**; Betonung auf der letzten Silbe) ist ein nur bei Menschen und Tieren vorkommendes Strukturprotein des Bindegewebes (genauer: der extrazellulären Matrix). Im menschlichen Körper ist Kollagen mit über 30 % Anteil am Gesamtgewicht aller Eiweiße (Proteine) das am meisten verbreitete Eiweiß. Es ist ein wesentlicher organischer Bestandteil von Knochen, Zähnen, Knorpel, Sehnen, Bändern und Haut. Kollagenfasern besitzen eine enorme Zugfestigkeit und sind kaum dehnbar. Seinen Namen erhielt das Kollagen (aus dem Griechischen: *Leim erzeugend*) ursprünglich aufgrund seiner früheren Nutzung als Knochenleim im Holzhandwerk.

Die Polypeptidketten des Kollagens werden durch die Ribosomen des rauen endoplasmatischen Retikulum synthetisiert. Kollagen besteht aus helikalen Peptidketten, die untypischerweise eine linksgängige Helix aufweisen. Drei dieser Helices, welche untereinander Wasserstoffbrücken ausbilden können, umschlingen einander zu einer rechtsgängigen Superhelix. Auffallend an der Primärstruktur (Aminosäuresequenz) des Kollagens ist, dass jede dritte Aminosäure Glycin ist. Ein häufig wiederholtes Sequenzmotiv ist Prolin-Hydroxyprolin-Glycin (siehe Multigen-Familie). Die dichte Wicklung ist ausschlaggebend für die hohe Zugfestigkeit von Kollagenfasern: die Fasern können Gewichte bis zum Zehntausendfachen ihres Eigengewichtes tragen.

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird Kollagen Typ I gleichgesetzt mit „Kollagen“. Kollagen Typ I ist zwar mengenmäßig im Organismus das bedeutendste Kollagen und durch seine Verwendung als Gelatine das bekannteste, es existieren jedoch weitere Kollagene, die sich strukturell wesentlich vom Kollagen Typ I unterscheiden und andere wichtige biologische Funktionen wahrnehmen. Gelatine ist die denaturierte Form von fibrillärem Kollagen Typ I, II und/oder III und wird meist aus Schlachtabfällen gewonnen. Hierbei ist zu beachten, dass Kollagen Typ II vornehmlich im Knorpel vorkommt, Gemische von Kollagen Typ I und III stammen aus Sehnen, Bändern und der Haut.

Spezielle Informationen zu den Kollagenen

Zurzeit sind 28 verschiedene Kollagentypen bekannt (Typ I bis XXVIII). Zusätzlich sind mindestens zehn weitere Proteine mit kollagenähnlichen Domänen zu verzeichnen. Alle Kollagene haben gemein, dass sie aus drei Polypeptidketten aufgebaut sind, die man als Kollagen-Helices bezeichnet und die in Form einer Tripelhelix umeinander gewunden sind. Jede Kollagen-Helix kann in Abhängigkeit vom Kollagentyp aus 600 bis 3000 Aminosäuren zusammengesetzt sein und ist mit großen Domänen ausgestattet, die aus sich wiederholenden (repetitiven) G-x-y-Sequenzen aufgebaut sind. Definitionsgemäß werden nur tripelhelikale Moleküle der extrazellulären Matrix (EZM) als Kollagene bezeichnet. Die Kollagene werden in mehrere Untergruppen unterteilt. In der folgenden Zusammenstellung sind einige Mitglieder der Kollagenfamilie aufgeführt.

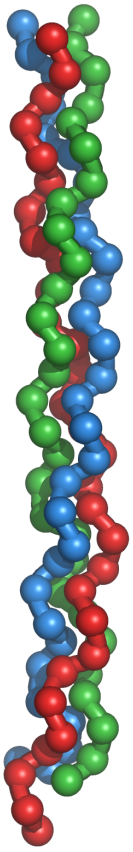
Art	Typ
Fibrilläre Kollagene	Kollagene des Typs I, II, III, V und XI
Netzbildende Kollagene	Kollagene des Typs IV (Lamina densa der Basalmembran), VIII und X
Fibrillenassoziierte Kollagene (FACIT)	Kollagene des Typs IX, XII, XIV, XXII
Perlenschnurartige Kollagene	Kollagen Typ VI
Verankerungsfibrillen	Kollagen Typ VII
Kollagene mit Transmembrandomänen	Kollagene des Typs XIII, XVII, XXIII und XXV

Ein Spaltprodukte des Collagen XVIII ist das Endostatin mit einer Molekülmasse von 20 kDa

Biochemische Informationen zu Kollagen Typ I

Das entscheidende Merkmal eines typischen Moleküls der fibrillären Kollagene ist die lange, seilartige Tripelhelix (s. Bild links).

Aufbau



Kollagen-Tripelhelix

Die drei Kollagen-Polypeptidketten sind im Falle von Kollagen Typ I die linksgängigen α-Ketten, [$\alpha1(I)_2\alpha2(I)$], die sich zu einer rechtshändigen Tripelhelix umeinander winden. Die Primärstruktur der α-Ketten setzt sich aus repetitiven G-X-Y-Einheiten zusammen. Somit befindet sich an jeder dritten Position ein Glycin-Rest. Glycin als die kleinste Aminosäure passt ideal in die Tripelhelix mit seinen sehr engen Windungen. Die Aminosäure Prolin ist sehr häufig an Position X zu finden. Prolin fungiert hier aufgrund seiner starren Ringstruktur als „Ecke“ in der Polypeptidkette und unterstützt die Ausbildung von engen Windungen innerhalb der Tripelhelix. 4-Hydroxyprolin ist überwiegend an Position Y lokalisiert und stabilisiert die Tripelhelix über Wasserstoffbrücken zwischen benachbarten Polypeptidketten. Durch die Verwendung von Glycin, Prolin und Hydroxyprolin wird die Rotation der Polypeptidkette begrenzt und den engen Raumbedingungen innerhalb der Tripelhelix Rechnung getragen. Das Gen der α1-Kette von Kollagen Typ I besteht aus 50 Exons, von denen über die Hälfte eine Länge von 54 Basenpaaren (bp) oder das zwei- bis dreifache dieser Länge besitzen. Sie codieren für die Sequenz $(G\text{-}X\text{-}Y)_6$ oder ein Vielfaches davon.

Vorkommen

Kollagen Typ I, ein fibrilläres Kollagen, kommt in vielen Bindegeweben der Säugetiere vor, am häufigsten in Haut und Knochen, aber auch in Sehnen und in der Hornhaut des Auges, in Faserknorpel, aber nicht im hyalinem und elastischen Knorpel.

Biosynthese

Kollagen Typ I wird unter anderem von spezialisierten Zellen (Fibroblasten, Myofibroblasten und Osteoblasten) produziert.

Einzelne Kollagen-Polypeptidketten werden am rauen endoplasmatischen Retikulum hergestellt (Translation) und in das Lumen des endoplasmatischen Reticulums transportiert. Dabei liegen sie in Form größerer Vorläufermoleküle, den Pro-α-Ketten, vor, die mit N- und C-terminalen Propeptiden versehen sind. Im endoplasmatischen Reticulum werden an einzelne Prolin- und Lysin-Reste entstehender oder bereits entstandener Polypeptidketten OH-Gruppen angehängt (Hydroxylierung). Durch Ausbildung von Disulfidbindungen zwischen den C-terminalen Propeptiden wird die Tripelhelixbildung eingeleitet. Drei Pro-α-Ketten formieren dabei über Wasserstoffbrücken ein dreisträngiges Helixmolekül, das Prokollagen. Schließlich erfolgt meist eine Glycosylierung mancher Lysinreste. Die fibrillären Kollagene werden in dieser Form aus der Zelle entlassen. Die Abgabe der Moleküle in den extracellulären Raum erfolgt durch Exozytose mittels sekretorischer Vesikel, woran die Glycosylbestandteile beteiligt zu sein scheinen. Unmittelbar nach der Abgabe aus der Zelle werden die Propeptide mit Hilfe von Prokollagen-Peptidasen abgespalten. Das Kollagenmolekül nennt man in dieser Phase Tropokollagen. Anschließend lagern sich einzelne Tropokollagen-Moleküle zu Kollagen-Fibrillen zusammen (Fibrillogenese). In einem weiteren Schritt kommt es zur Ausbildung der Kollagenfasern, wobei die kovalenten Quervernetzungen über Hydroxylysinreste erfolgen.

Hydroxylierungen

Ascorbinsäure (Vitamin C) ist ein wichtiger Co-Faktor bei der Hydroxylierung der Aminosäuren Prolin zu Hydroxyprolin durch das Enzym Prolylhydroxylase und Lysin zu Hydroxylysin durch das Enzym Lysylhydroxylase. Hydroxyprolin kommt die Funktion zu, über Wasserstoffbrücken zwischen benachbarten Kollagen-Polypeptidketten die Tripelhelix innerhalb eines Kollagenmoleküls zu festigen. Hydroxylysin dient der Verankerung von kovalenten Quervernetzungen zwischen Kollagenmolekülen. Bei fehlender Hydroxylierung werden nur schadhafte Kollagenmoleküle gebildet, die ihrer Funktion als Strukturprotein nicht nachkommen können. Hierbei ist anzumerken, dass nahezu alle Symptome der Ascorbinsäure-Mangelerkrankung Skorbut auf die fehlerhafte Biosynthese des Kollagens zurückzuführen sind.

Fibrillenbildung

In den Fibrillen sind benachbarte Kollagenmoleküle nicht bündig angeordnet, sondern um 67 nm, d.h. um etwa ein Fünftel ihrer Länge, gegeneinander versetzt. Diese Anordnung hat zur Folge, dass auf elektronenmikroskopischen Aufnahmen von Metall-kontrastierten Kollagenfibrillen eine Querstreifung zu sehen ist. Es entsteht ein charakteristisches Bänderungsmuster, das sich alle 67 nm (234 Aminosäuren) wiederholt und als D-Periode bezeichnet wird. Dadurch werden die α-Ketten in vier homologe Bereiche D1–D4 unterteilt. Die in einer D-Einheit auftretenden Banden werden mit a-e bezeichnet. Die Kollagen-Fibrillen sind geordnete Polymere, die im ausgereiften Gewebe viele Mikrometer lang werden können. Sie sind oft zu größeren, kabelartigen Bündeln, den Kollagenfasern, zusammengefasst. Bei Sehnen betragen die Kollagen Typ I Fibrillendurchmesser 50–500 nm, in der Haut 40–100 nm und in der Kornea (Hornhaut des Auges) 25 nm. Die Fibrillogenese des Kollagens wird oftmals durch kleine leucinreiche Proteoglykane reguliert, so dass in den entsprechenden Geweben Fibrillen mit definiertem Durchmesser und definierter Anordnung entstehen können.

Technische Nutzung

→ *Hauptartikel: Gelatine*



Hartgelatinekapseln

Kollagen wird technisch vor allem in Form der Gelatine genutzt, die aus Rinderspalt, Schweineschwarten sowie Knochen von Rindern und Schweinen gewonnen wird. Dabei werden in Deutschland jährlich etwa 32.000 t Gelatine in Speisequalität hergestellt, die europäische Gesamtproduktion beträgt 120.000 t (70 % Schweineschwarten, 18 % Knochen, 10 % Rinderspalt, 2 % Sonstige)[1] Verwendet werden in Deutschland etwa 90.000 t, wobei 2/3 auf den Ernährungsbereich und von dem Rest etwa die Hälfte auf den Futtermittelbereich entfallen.[2]

Etwa 15.000 t werden in der chemischen und pharmazeutischen Industrie verarbeitet. Dabei stellen Umhüllungen von Tabletten und Vitaminpräparaten (Hart- und Weichkapseln) sowie Gelatinezäpfchen die Haupteinsatzbereiche in der Pharmaindustrie dar. Außerdem wird Gelatine für blutstillende Schwämmchen sowie als Blutplasma-Ersatz eingesetzt. In der analogen Fotografie stellt Gelatine die Basis für die fotoempfindlichen Schichten auf dem Film und dem Fotopapier. Auch moderne Druckerpapiere zum Ausdrucken von Farbbildern sind mit Gelatine beschichtet.[2]

Siehe auch

- Kollagen-Hydrolysat

Weblinks

- www.wissenschaft.de: Die zwei Gesichter des Kollagen VII - Die Proteinvariante macht nicht nur die Haut straff, sondern auch Hautkrebs gefährlich [3]

Literatur

- S. Ayad, R.P. Boot-Hanford, M.J. Humphries, K.E. Kadler, C.A. Shuttleworth: *The Extracellular Matrix (Facts Book)*. Academic Press (Harcourt Brace & Company, Publishers), Printed in Great Britain, S. 43 ff (1998), ISBN 0-12-068911-1

Referenzen

[1] K. Rappold: *Gelatine - Ein natürliches Nahrungsmittel.* bmi aktuell 1/2004, Hrsg. Informationszentrale für Backmittel und Backgrundstoffe zur Herstellung von Brot und Feinen Backwaren e.V.

[2] Angaben auf der Website der Gelatine Manufacturers of Europe http://www.gelatine.de.

[3] http://www.wissenschaft.de/wissen/news/250430.html

Kolophonium

Kolophonium ist ein gelbes bis braunschwarzes Baumharz mit muscheligem Bruch und Glasglanz. Der Name ist von der lydischen Stadt Kolophon abgeleitet, die als antikes Handelszentrum für Kolophonium gilt. In der Neuzeit erfolgte die Einfuhr überwiegend aus Nordamerika. Es ist ein natürliches Harz, das aus dem Balsam von Kiefern, Fichten und Tannen (Koniferen)[1] bzw. dem bei der Papierherstellung gewonnenen Tallöl hergestellt wird.[2] Als Kolophonium werden die festen Bestandteile dieser Baumharze bezeichnet, die nach der Abtrennung der flüchtigen Bestandteile (Terpentinöl) mittels Destillation zurückbleiben. Der Harzanteil beträgt etwa 70 %, die restlichen Inhaltsstoffe setzen sich aus ca. 20 % Terpentinöl und 10 % Wasser zusammen.



Kolophonium in Stücken

Eigenschaften

Kolophonium ist bräunlich-durchsichtig und splittert im kalten Zustand leicht. Hauptbestandteil sind leicht oxidierende Harzsäuren, wie Abietin- und Pimarsäure. Aufgrund seiner amorphen Struktur besitzt Kolophonium keinen definierten Schmelzpunkt. Die Erweichungstemperatur dieses qualitativ recht unterschiedlichen Naturharzes liegt im Allgemeinen zwischen 80 und 125 °C.

Kolophonium ist unlöslich in Wasser, dagegen gut löslich in Alkohol und vielen anderen organischen Lösungsmitteln.[1]

Kolophonium kann recht häufig allergische Reaktionen und Asthma auslösen und Ekzeme verursachen.



R42 „Sensibilisierung durch Einatmen möglich -- R43 „Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich“

Verwendung

Elektronik/Löten

Kolophonium dient besonders in der Elektronik-Fertigung als Aktivator und Flussmittel beim Weichlöten. Die enthaltenen organischen Säuren wirken bei hohen Temperaturen reduzierend und beseitigen dünne Oxidschichten der metallischen Fügepartner. Weiterhin führt es zu einer glatten Oberfläche des erstarrenden Lotes, da es auch hier durch seine Anwesenheit eine Oxidation der Schmelze verhindert. Es kann als dünne Schicht auf der Lötstelle verbleiben, da es im Gegensatz zu Lötwasser oder Lötfett keine Korrosion verursacht – es schützt diese sogar vor Sauerstoffeinfluss und späterer elektrolytischer Korrosion. Oft wird es jedoch aus ästhetischen Gründen abgewaschen und durch einen Schutzlack ersetzt.



Kolophonium zum Löten

Es ist in der Flussmittelseele von Lötdraht und auch in Lötpasten für die Oberflächenmontage-Technik (SMD) enthalten. Es dient als Flussmittel beim Wellenlöten.
Löttinktur für Elektronik-Lötarbeiten besteht aus in Alkoholen gelöstem Kolophonium, die ihrerseits ebenfalls als Reduktionsmittel wirken.

Flussmitteldämpfe gelten als gesundheitsschädlich.

Haftvermittler/Bogenharz

Geigenkolophonium ist ein mit diversen Substanzen veredeltes Kolophonium. Es wird auch als *Bogen-* oder *Geigenharz* bezeichnet. Die Rosshaare der Bögen von Streichinstrumenten werden damit behandelt, um so Schwingungen der Saiten erregen zu können. Man reibt mit einem Harzstück regelmäßig die Bogenhaare ein. Der Bogen ist erst dadurch in der Lage, beim Streichen einen Wechsel zwischen Haftreibung und Bewegung im Rhythmus der Saitenfrequenz zu erzeugen.



Kolophonium für Streichinstrumente

Es gibt verschiedene Qualitäten, die von leichter Spielbarkeit für Anfänger bis zum Künstler-Kolophonium reichen, welches einen größeren Dynamik- und Klangumfang ermöglicht.

In der Regel wird für Kontrabässe ein weicheres Harz verwendet, da für die dickeren Saiten eine größere Haftreibung benötigt wird.

Tänzer benutzen Kolophonium für ihre Spitzenschuhe, die dadurch weniger rutschig sind. Teilweise tragen Kletterer Kolophonium auf die Hände auf, um die Haftung auf den Felsen zu verbessern. Üblicherweise wird dazu Magnesia verwendet, dies ist aber in manchen Regionen verboten.

Farben/Lacke

Kolophonium wird auch als zerriebener Staub auf Radierplatten aufgestäubt und danach kurz erhitzt. So entsteht ein feines Raster von Kolophonium-Kügelchen, mit deren Hilfe im künstlerischen Tiefdruck flächige Einfärbungen möglich sind. Man nennt diese Technik Aquatinta.

Kolophonium wurde zusammen mit weiteren Naturharzen wie Mastix, Kopal, Dammar, Bernstein und Sandarak in Gemischen zur Lackherstellung verwendet. Als Geigenlack wurde es ersetzt, da das Material zu spröde ist und einen wenig widerstandsfähigen Lackfilm erzeugt. In Naturfarben und Holzölen wird es als Sikkativ verwendet.

Kolophonium ist in lötfähigen Schutzlackierungen für Leiterplatten enthalten.

Ferner kann Kolophonium Bestandteil bestimmter Siegellacke sein.

Weitere Anwendungen

Kolophonium ist auch als aromatisches Räucherwerk geeignet, es wirkt dabei antiseptisch und durchblutungsfördernd. Dazu sollte aber kein Kolophonium benutzt werden, das für technische Anwendungen wie etwa das Löten produziert wurde, denn dieses kann unerwünschte Zusatzstoffe enthalten.

Im Sport, insbesondere im Handball, wird in Alkohol gelöstes Kolophonium als Haftstoff auf den Ball gerieben. Dadurch klebt der Ball regelrecht an der Hand des Sportlers. Dies ist jedoch in vielen Hallen aus Sauberkeitsgründen untersagt.

Eine weitere Anwendung findet Kolophonium in der Herstellung pyrotechnischer Zündlichter. Ähnlich wie mit Schellack kann mit Hilfe von Kolophonium eine formbare Masse hergestellt werden.

Griechisches Feuer bestand zu einem je nach Überlieferungsquelle variierenden Anteil aus Kolophonium.

Kolophonium wird auch in einigen Klebstoffen verwendet und kann Bestandteil von Baumwachs sein.

Mit Alkalien bildet Kolophonium Salze, (sogenannte Harzseifen), die Verwendung als Emulgatoren und zur Leimung von Papier finden.[1]

Als **Brühpech** = Metzgerharz = Saupech = Brühharz wird es zum Enthaaren von Schweinen und Federvieh verwendet. Das geschlachtete Tier wird damit eingestäubt und mit 70 °C heißem Wasser überbrüht. Durch das Harz können die Haare besser abgeschabt werden.

Kolophonium wird auch noch als Füllmittel beim Einrollen von Alu-Hohlprofilen verwendet, um die beim Einrollen entstehenden Materialstauchungsfalten am Innenradius und den Dehnungseindellungen am Außenradius gering bis vollständig (abhängig vom Rollradius) zu vermeiden. Das Kolophonium wird erwärmt, dadurch verflüssigt und in das einseitig geschlossene Hohlprofil gefüllt. Nach dem Erstarren kann es mit Hilfe einer Rollmaschine und den an das einzurollende Profil angepasster Profilrollen auf den gewünschten Radius eingerollt werden. Zur Entleerung muss das eingerollte Profil bis zur Verflüssigung des Kolophoniums wieder erwärmt werden.

Erwärmt und aufgelöst in einem nichttrocknenden Öl wie Olivenöl lässt sich aus Kolophonium ein Leimring für Bäume herstellen, der ganzjährig auf der Borke verbleiben und jederzeit erneuert werden kann. Der Ring bleibt klebrig und verhindert den Befall des Baumes mit kriechenden und laufenden Insekten, etwa Ameisen.

Referenzen

[1] Römpp CD 2006, Georg Thieme Verlag 2006
[2] *Tall Oil* (http://www.chemicalland21.com/arokorhi/specialtychem/finechem/TALL OIL.htm)-Datenblatt bei chemicalland21.com

Kompostierung

Unter **Kompostierung** versteht man die Zersetzung organischen Materials durch Kleinlebewesen. Einen Haufen aus zur Zersetzung geeignetem und vorgesehenem Material nennt man **Komposthaufen** (lat. *componere*, zusammensetzen), das Endprodukt nennt man **Komposterde**. Umgangssprachlich wird beides auch nur **Kompost** genannt.



Gartenkompost

Kompostierung

Die Kompostierung ist eine kontrollierte *Verwesung* – Zersetzung organischen Materials durch *Destruenten* (Verwerter von Totmaterial) unter Zufuhr von Sauerstoff (aerob ablaufender Vorgang).

Mikroorganismen (Bakterien, Pilze u. ä.) wie auch Kleintiere (Würmer, Asseln u. a.)[1] , die man insgesamt als *Saprophagen* bezeichnet, bauen die strukturbildenden Bestandteile (Holz, Zellulose etc.) der Pflanzen wie auch die Inhaltsstoffe wie Zucker ab. Aufgrund ihrer Lebensfunktion entstehen beim Abbau Stoffwechselprodukte, die von jeweils anderen Saprophagen weiterverwertet werden. Dabei wird die Biomasse wieder in ihre Einzelbestandteile zurückgeführt und steht dann höheren Pflanzen als Aufbaustoff (*Nährstoff*) zur Verfügung.

In der Natur läuft dieser als *Verrottung* beziehungsweise *Vermodern* bezeichnete Vorgang überall in kleinstem wie auch großem Maßstab permanent ab. Während *Humus* im Boden meist an mineralische Komplexe gebunden vorliegt, entsteht er bei der Kompostierung in ziemlich freier Form, ähnlich dem Mulm oder der *Walderde*, der Moderschicht in Laub- und Mischwäldern.

Im Gartenbau, in der Landwirtschaft und in der Abfallwirtschaft wird die Kompostierung gezielt eingesetzt, um organische Substanzen schnell und kontrolliert in *Gartenerde* und damit in ein organisches Düngemittel umzuwandeln. Dabei wird Kompost oft vor der Ausbringung thermisch behandelt (zum Beispiel durch Dämpfen (Bodendesinfektion)), um gegebenenfalls bestehende Krankheitserreger und Schädlinge abzutöten und blockierte Nährstoffe pflanzenverfügbar zu machen.

Inhaltsstoffe

In Deutschland werden rund 8 Mio. Tonnen organischer Abfälle in den Haushalten über die Biotonne erfasst bzw. auf Kompostierungsanlagen als Grünabfälle aus der Garten- und Landschaftspflege angeliefert. Daraus entstehen rund 4 Mio. Tonnen Kompost. Diese Komposte enthalten, wie ihr Ausgangsmaterial auch, basisch wirksame Stoffe (Kalkung) und Pflanzennährstoffe, aber auch Herbizide, Insektizide, Fungizide und Schwermetalle. Bei Letzteren müssen in Deutschland die Grenzwerte der Bioabfallverordnung eingehalten werden, wenn sie im Kompost der am Markt angeboten wird, enthalten sind.

Nutzung von Kompost

Mit Kompost ergänzt man die Nährstoffreserven stark genutzter Böden. Kompost hat eine relativ hohe Wasserspeicherkapazität, so dass Pflanzen Trockenperioden besser überdauern. Er hat oft einen hohen Gehalt an Nährelementen, insbesondere Phosphor und Kalium. Insgesamt ist fertiger Kompost ein hervorragendes Düngemittel und ein ausgezeichneter Bodenverbesserer. Zudem unterdrückt er verschiedene Pflanzenkrankheiten (phytosanitäre Wirkung).

Zu unterscheiden ist der Gartenkompost und der unter anderem von privatwirtschaftlichen und kommunalen Entsorgern hergestellte Kompost. Die Bundesgütegemeinschaft Kompost unterscheidet Frisch- und Fertigkompost, Mulch- und Substratkompost. Die Eigenschaften unterscheiden sich auch durch unterschiedliche Rottegrade oder Reifestadien, Rohstoffe und Absiebungen.

Kompostierverfahren

Komposthaufen

Der Komposthaufen ist ein Kompostierverfahren für Bioabfall und Grünabfall im Haushalt. Man spricht auch von Eigenkompostierung.



Ein Hobbygärtner siebt den Kompost vor der Ausbringung

Die Kompostmiete besteht aus einem Platz im Garten und kann mit trittfesten Gehwegplatten umrandet werden, unter denen auch gerne Regenwürmer Zuflucht suchen. Die Sohle sollte aus gutem Boden und mittig etwas erhöht sein, damit sich keine übermäßige Feuchtigkeit ansammeln kann. Je nach Klima ist die Anlage unter Bäumen oder in einem windgeschützten Platz ratsam. Regenmengen bis 850 mm erfordern normalerweise keine Abdeckung mit einer Gewebeplane (ohne PVC), es reicht, die Abdeckung mit Rasenschnitt gegen zu viel Sonneneinstrahlung zu schützen. Behälter aller Art sind etwas platzsparender, auf Luft- und Erdverbindung ist zu achten.

Die Mischung des Kompostierguts ist wichtig. Das Verhältnis von Stickstoff zu Kohlenstoff im Ausgangsmaterial muss ausgewogen sein, um den Mikroorganismen geeignete Nahrung zu bieten. Generell ist eine Mischung aus grünem Pflanzenmaterial und trockenem Pflanzenmaterial (z. B. Heu, Stroh), ggf. auch stark zerkleinertes Astwerk und Tierstreu geeignet. Kaffeesatz lockt Würmer an und wirkt sich besonders positiv auf den Kompostiervorgang aus. Gekochte Speisereste oder Süßes im Kompost bergen die Gefahr, Ratten, Hunde oder Waschbären anzulocken. Man kann – muss aber nicht – *Schnellkomposter* (Kompostierbeschleuniger) hinzugeben.

Zutaten:

- Laub muss dort, wo es anfällt, erst durchwelken, je nach Baumart wird es später aufgesetzt.
- Grünschnitt und Unkräuter, in verschiedenen Größen mit Reisig vermischt zur Durchlüftung
- Holz in kleineren Größen bis hin zu verteilten Hobelspänen
- Küchenabfälle, aber nur pestizidfreie, die Schalen von Südfrüchten können beispielsweise die Entwicklung der Mikroorganismen behindern. Außerdem reichern sich die Pestizide im Boden an. Diese Abfälle im Zweifelsfall irgendwo jahrelang ablagern. Keine gekochten Speisereste, diese enthalten zu viel Salz und locken Schädlinge wie Ratten und Mäuse an.
- Vom Kompostieren menschlichen Kots auf offenen Haufen wird aus seuchenhygienischen Gründen abgeraten. Geringe Mengen aus ein bis zwei Jahre vorkompostierten Komposttoiletten können jedoch beigefügt werden.

- Aus diesen möglichst heterogenen Bestandteilen wird eine Schicht von etwa 20 Zentimetern aufgeschichtet, auf die feines Kalkmehl dünn aufgestreut werden kann.

So entsteht Schicht auf Schicht ein Haufen, der unter Umständen befeuchtet werden muss. Wird der Haufen zu trocken, kommt der Kompostierprozess nicht richtig in Gang. Wird er zu feucht, bekommt der Kompost zu wenig Luft und es entwickelt sich schädliche Fäulnis.

Als Abdeckung empfiehlt sich eine luftige Lage samenfreier Rasenschnitt, so dass sich die Regenwürmer bei etwa 18 Grad Celsius wohlfühlen. Eventuell sollte der Kompost nun noch mit Regenwürmern und dem fertigen Kompost eines fortgeschritteneren Nachbarn „beimpft“ werden.

Haben die Regenwürmer den Haufen wieder verlassen, kann man ihn mit dem Rechen von oben nach unten einmal umsetzen. Im Sommer ist so nach sechs bis acht Wochen ein brauchbarer *Wurmhumus* entstanden, der in kleinsten Mengen ausgebracht die beste Basis für ein gesundes Pflanzenleben bietet.

Grundsätzlich wandern alle landwirtschaftlichen Abfälle und auch die Zusatzstoffe nur über den Komposthaufen in den Boden. Frische Grünmasse sollte nie direkt in den Boden eingebracht werden, da das unter anderem Drahtwürmer und Maulwurfsgrillen anlockt.

Belüfteter Komposthaufen

Durch geeignete *Belüftung* kann eine auch aufgrund von Geruchsabgabe und der Produktion von umweltschädlichem Methan unerwünschte Fäulnis verhindert werden. Die Belüftung kann durch Kunststoffröhren erreicht werden. Dabei sollte eine durchlöcherte Röhre aus säurebeständigem Kunststoff vertikal in die Mitte des Komposthaufens eingebracht werden. Das Belüftungsrohr muss am unteren Ende eine Verbindung nach außen haben, so dass die Luft wie in einem Schornstein aufsteigen kann und somit eine gute Belüftung gewährleistet ist. Ebenso sollte man den Komposthaufen jedes Jahr umsetzen. Dadurch wird er aufgelockert und besser belüftet. Da Kompost nach etwa vier Jahren vollständig zersetzt ist, eignen sich vier einzelne Haufen. Dabei wird der letzte aufgelöst und alle anderen einen Platz weiter gesetzt, so dass ein neuer Haufen angelegt werden kann. Ebenso wichtig ist ein geregelter Feuchtigkeitshaushalt. Der Kompost darf während des Kompostiervorgangs weder austrocknen noch zu nass sein.

Kompostiergeräte

Ein *Kompostiergerät* oder Komposter ist eine technische Weiterentwicklung des Komposthaufens. Es handelt sich um einen Behälter, der das Rottegut einfasst. Verbreitet sind Komposter aus Holzlatten und Kunststoffelementen sowie belüftete, nach unten offene Kunststofftonnen. Die Belüftung sorgt für eine Kaminwirkung. Die im Rottegut entstehende Wärme wird dadurch abgeführt und es wird ausreichend Luftsauerstoff zugeführt. Außerdem wird der Vernässung vorgebeugt, die zu unerwünschter Methangärung (Fäulnis) führt. Wichtig ist, dass das Rottegut Kontakt zu natürlichem Boden hat. Der Komposter sollte daher nicht auf versiegeltem Boden (Beton, Asphalt) aufgestellt werden, im übrigen möglichst beschattet, damit er nicht austrocknet. Komposter werden im Gartenfachhandel und manchmal auch von Kommunen angeboten.



Einfaches Garten-Kompostiergerät aus Kunststoff mit Belüftung

Thermokomposter

Thermokomposter: Durch Wärmeisolierung kann gemäß der RGT-Regel die Kompostiergeschwindigkeit erhöht werden.

Wurmkomposter

Wurmkomposter sind Geräte, meist Tonnen aus Kunststoff, die über geeignete Drainagesysteme ein optimales Klima für Regenwürmer bieten. Sie werden mit Regenwurmkulturen beimpft, und erlauben schnellste Umsetzung und dauernde Entnahme ohne Umstechen auf sehr kleinem Raum. Eingesetzt werden diese Geräte im Kleingartenbereich. Siehe auch Wurmkompostierung.

Kompostwerke

Kompostwerke oder *Kompostierungsanlagen* sind großräumige, technisierte Anlagen, in denen die biogenen Abfälle einer Stadt oder eines Kreises unter Einsatz von Maschinen kompostiert werden.

Verbreitet sind Anlagen für getrennt gesammelte Bioabfälle und Grünabfälle. Bioabfälle werden eingehaust (in einem Gebäude) einer mehrtägigen Intensivrotte (7 bis 21 Tage) in einem zwangsbelüfteten Rottebehälter unterzogen (Tunnel, Miete in Halle, Stahl-Container, Betonbox, Drehtrommel) und anschließend einer mehrwöchigen Nachrotte in offenen, überdachten oder ebenfalls geschlossenen Mieten. Zur besseren Durchlüftung wird den feuchten bis nassen Bioabfällen vor der Intensivrotte zerkleinerter Grünabfall und/oder Siebüberlauf aus älteren Kompostchargen nach Bedarf als Strukturmaterial beigemischt. Grünabfälle werden meist in offenen Mieten im Freien kompostiert, da weniger geruchsintensiv als Bioabfälle.

In Konkurrenz zu Kompostwerken treten Vergärungsanlagen für Bioabfälle mit Biogaserzeugung und Biomassekraftwerke, die abgetrennte, hölzerne Bestandteile der Grünabfälle verbrennen. Ebenso gibt es bei Bioabfällen die Kombination von Vergärung und Kompostierung, indem die Gärreste zwecks Geruchsminderung anschließend kompostiert werden.

Abfälle von Tiermastbetrieben werden heute meist nicht mehr kompostiert, sondern zur Gewinnung von Biogas in einem Faulturm (Fermenter) vergoren.

Der Kompostierungsprozess in der Intensivrotte läuft im Unterschied zur häuslichen Eigenkompostierung weitgehend kontrolliert ab. Durch die Kapselung des Rottegutes lassen sich Belüftung und Befeuchtung so steuern, dass der Prozess möglichst schnell abläuft und zum Schluss durch gewollte Selbsterhitzung pathogene Keime (Tierseuchen) und Unkrautsamen abgetötet werden. Durch gute technische Ausstattung und geschickte Betriebsführung lassen sich in der Intensivrotte anaerobe Fäulniszonen vermeiden. Diese sind nicht nur wegen der Verzögerung des aeroben Rotteprozesses unerwünscht, sondern auch wegen der Entstehung von Methan (Explosionsgefahr) und sehr unangenehmen Geruchsstoffen. Bei der aeroben Verrottung entstehen zwar auch Geruchsstoffe, unter anderem in Form von organischen Säuren, jedoch sind diese in nachgeschalteten Biofiltern (Filter, welche sich durch die Aktivität aerober Organismen regenerieren) leicht abbaubar.

Kompostierung und Vergärung

In Kompostwerken und Komposthöfen wird unter Zufuhr von Luftsauerstoff (aerober Prozess) organische Masse zu Wasser, Kohlendioxid und Humus ab- bzw. umgebaut. Da es sich um eine nachwachsende Ressource handelt, erfolgt das CO_2-neutral. Sauerstoff wird zugeführt, indem das Rottegut regelmäßig gewendet bzw. aktiv belüftet wird.

Erfolgt der Abbau organischer Substanz (z.B. Bioabfälle, krautige Agrarabfälle und -produkte, tierische Exkremente) unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerober Prozess), bezeichnet man ihn als Vergärung. Diese Art des Abbaues wird in Biogasanlagen gezielt dazu genutzt um Methangas zu erzeugen, indem organische Abfälle und Reststoffe (kein Holz, da Lignin nicht von Anaerobiern abgebaut werden kann) in einen gasdichten Fermenter (Faulturm) gegeben werden. In diesem wandeln Bakterien die organische Masse in Gärgut um, wobei sie als Stoffwechselprodukt Methan und Kohlendioxid abgeben. Die Stufen der Vergärung sind Hydrolyse, Versäuerung (Acidogenese), Acetogenese und Methanogenese, Methan entsteht bei letztgenanntem Schritt. Das Gärgut (der Gärrest) wird häufig im Anschluss an die Vergärung entwässert, belüftet und kompostiert.

Kompostierungsanlagen müssen das Sickerwasser aus dem Rottegut auffangen und im Rottegut rückverregnen oder technisch aufbereiten. Der Intensivrottebehälter muss luftdicht sein, damit die Belüftung und Befeuchtung funktioniert und keine Gerüche austreten. Der Rottebehälter muss nicht beheizt werden, allenfalls in sehr kalten Regionen wärmeisoliert sein. Er kann daher quaderförmig sein. Die Rottewärme ist kaum technisch nutzbar. Bei der Kompostierung entstehen keine brennbaren Gase. Das Produkt ist Kompost, der unmittelbar nach Absiebung von Störstoffen (hauptsächlich Kunstofffolien und -teile) und groben Holzstücken zur Bodendüngung und -verbesserung eingesetzt werden kann.

Vergärungsanlagen (Fermentierungsanlagen) erzeugen kein Sickerwasser (erst in einer ev. nachgeschalteten Kompostierung). Der Gärbehälter (Faulturm, Fermenter) muss absolut gasdicht sein, damit das brennbare Methan-Kohlendioxid-Gemisch nicht austritt, keine Geruchsstoffe austreten und keine für den Gärprozess notwendige Wärme verloren geht. Der Gärbehälter muss beheizt werden und wärmeisoliert sein. Deshalb wird meist die Form eines runden Turms gewählt, der eine geringere Oberfläche als ein Quader gleichen Inhalts hat. Zur Beheizung wird ein Teil des produzierten Biogases verwendet. Vergärungsanlagen werden explosionsgeschützt ausgeführt. Die Produkte der Vergärung sind Biogas (50–60 % Methangehalt) und der Gärrest. Der Gärrest muss belüftet und ev. getrocknet werden. Danach lässt er sich kompostieren. Der Kompost kann als Dünger und Bodenverbesserer eingesetzt werden.

Kompostierung von Chemikalien und Biowerkstoffen

Die biologische Abbaubarkeit Industriell hergestellter Chemikalien, u.a. auf der Basis nachwachsender Rohstoffe wie in der Oleochemie, und Werkstoffe (bsp. Kunststoffe) wird mit (teilweise) spezifischen Testverfahren untersucht. Insbesondere für biologisch abbaubare Kunststoffe existieren Kennzeichnungssystem.



Biologisch abbauende Mulchfolie aus PLA-Blend Bio-Flex

Biokunststoffe werden der *Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen* unterzogen. Diese war in Deutschland unter der 2004 ersatzlos zurückgezogenen DIN-Norm DIN V 54900-1...3 beschrieben; die amerikanische ASTM D-6400 fordert eine Abbaubarkeit von Kunststoffen von 60% innerhalb von 180 Tagen, um Produkte als „kompostierbar“ zu kennzeichnen. Eine Anerkennung als biologisch abbaubarer Werkstoff und kompostierbarer Werkstoff erfolgt nur, wenn die Stoffe innerhalb von 12 Wochen in einer Industriekompostierung nach Europäischer Norm EN 13432 zu mindestens 90 % abgebaut werden.

Klimarelevanz der Kompostierung

Bei der Bewertung der Klimarelevanz der Kompostierung sind folgende Aspekte zu betrachten:

- Durch die Kompostierung wird Kohlenstoff durch den Aufbau stabiler Humusformen im Kompost gebunden; das beim Abbau organischer Substanz freigesetzte Kohlendioxid (Produkt natürlicher aerober Abbauprozesse) entsteht aus einer nachwachsenden Ressource (im Gegensatz zu fossilen Ressourcen) und geht somit nicht als klimarelevantes Treibhausgas in die Bilanzierung ein (klimaneutral).
- Durch die Substitution von Torf durch Kompost wird die Freisetzung des im Torf fest gebundenen Kohlenstoffs verhindert. Zudem wird der Naturraum der Moore geschont. Im Gegensatz zu Torf, der heute über weite Entfernungen aus dem Baltikum beschafft wird, ist Kompost meist ein regionales Produkt mit überschaubaren Transportstrecken.
- Der in Kompost- und Gärrückständen enthaltene Stickstoff muss nicht energieaufwendig produziert werden.
- Durch die Anwendung organischer Dünger wird der Humusverbrauch durch die Kulturpflanzen wieder ausgeglichen und die Bodenfruchtbarkeit erhalten.

- Durch die Nutzung des im Kompost enthaltenen Phosphates werden Abbau und Transport von Rohphosphaten vermindert und die begrenzten Vorräte – insbesondere an cadmiumarmen Phosphaten – geschont.
- Die Hausmüllentsorgung wird durch die Kompostierung von Bio- und Grünabfall entlastet. Der Feuchtegehalt des Restmülls sinkt dadurch und der Brennwert steigt. Das ist vorteilhaft für die Müllverbrennung oder die Herstellung von Ersatzbrennstoffen in mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen.

Diese Betrachtungsweise gilt für selbst hergestellten Gartenkompost ebenso wie für Komposte aus Kompostwerken und -höfen.

Siehe auch

- Schwarzerde, Terra preta – Spezielle natürliche, komposthaltige Böden
- Löß, Gesteinsmehl, (Urgesteinsmehl), Tonmineral – Gesteinsarten und Mineralien
- Stickstofffixierung, Stickstoffkreislauf, Phosphorsäure – Chemische Hintergründe
- Zur Hygiene im Garten siehe Fuchsbandwurm und andere unter Parasiten des Menschen
- Hügelbeet, Hochbeet, Kompostgewächshaus
- Mulch
- Permakultur

Literatur

- Gerald Dunst: *KOMPOSTIERUNG* Anleitung für die Kompostierung am Bauernhof, im Garten und im kommunalen Bereich. Leopold Stocker Verlag, Graz - Stuttgart 1991. ISBN 3-7020-0612-5
- Heribert Insam; Nuntavun Riddech; Susanne Klammer (Eds.): *Microbiology of Composting*. Springer Verlag, Berlin 2002, ISBN 978-3-540-67568-6
- T. Kupper, J. Fuchs: *Kompost und Gärgut in der Schweiz. Studie 1: Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut. Studie 2: Auswirkungen von Kompost und Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit sowie die Pflanzengesundheit* [2]. Umwelt-Wissen Nr. 0743. Bundesamt für Umwelt, Bern 2007. 124 S.
- Alwin Seifert: *Gärtnern, Ackern – ohne Gift.* Biederstein, München 1980, ISBN 3-7642-0150-9

Weblinks

- Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. [3]
- Natürliche Bodenverbesserung, Kompostierung (Baumpfingstrosen.de) [4]
- Tipps zum selber kompostieren [5]
- Verband Kompost-und Vergärwerke Schweiz [6]
- Alle Referate der internationalen Tagung zur Nachhaltigkeit, Nutzen und Wirkungen von Kompost und Gärgut, Solothurn/Schweiz, Februar 2008 [7]
- Thüringer Kompostfibel (PDF) [8] (949 kB)
- *Vollwertkost für's Bodenleben* Interview: Kompost im Ackerbau [9]

Referenzen

[1] S. Roser-Hosch, B. Streit, M. Meyer, H. Sticher: Besiedlungsdichten von Mikroarthropoden im Verlaufe der Kompostierung von Rindermist. Schweiz. Landw. Forsch. 21: 49-65 (1982)

[2] http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/phpWiZ0rm.pdf

[3] http://www.kompost.de/

[4] http://www.baumpfingstrosen.de/Tipps/Kompostierung.php

[5] http://www.kompostberatung.ch/

[6] http://www.kompostverband.ch

[7] http://www.codis2008.ch

[8] http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload355.pdf

[9] http://www.dlz-agrarmagazin.de/?redid=191097

Korb-Weide

Korb-Weide

Korb-Weide
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida)
Unterklasse: Rosenähnliche (Rosidae)
Ordnung: Malpighienartige (Malpighiales)
Familie: Weidengewächse (Salicaceae)
Gattung: Weiden (*Salix*)
Art: Korb-Weide
Wissenschaftlicher Name
Salix viminalis
L.

Die **Korb-Weide** (*Salix viminalis*), auch bekannt als **Hanf-Weide**, ist eine Baumart aus der Gattung der Weiden. Sie wird kultiviert, weil sich aus den extrem langen Ruten gut Flechtwaren wie Körbe herstellen lassen.

Beschreibung

Die Korb-Weide wächst als Baum oder Strauch mit besonders langen Ruten (Ästen, Zweigen) und erreicht Wuchshöhen von 3 bis 8, im Extremfall 10 Metern. Die jungen Zweige sind anfangs dicht, grau behaart, später aber kahl.

Die gestielten, wechselständigen Laubblätter sind schmal lanzettlich und ganzrandig mit abgerundeter Basis. Sie werden zwischen 10 und 25 Zentimeter lang und 0,6 bis 1,5 Zentimeter breit. Der Blattrand ist etwas umgerollt. Die Blattunterseite ist seidig silbergrau behaart, die Blattoberseite dunkelgrün und kahl. Die Nebenblätter sind schmal lanzettlich. Die Blattstiele sind zwischen 3 und 12 Millimeter lang.

Die Korb-Weide ist zweihäusig getrenntgeschlechtig (diözisch). Die Blütenstände erscheinen in März und April, kurz vor dem Laubaustrieb. Die zylindrischen Kätzchen werden etwa 2,5 Zentimeter lang.



Korbweiden haben lange Blätter, deren Unterseite grau bis weiß ist.



Weibliche Kätzchen der Korbweide

Vorkommen, Standort und Ökologie



Korbweidengebüsch an der Lahn

Die Korb-Weide ist im nördlichen Kontinentaleuropa von den Pyrenäen bis zum Ural sowie in Nordasien zu finden. Auf den britischen Inseln und in Skandinavien fehlte sie ursprünglich, wurde aber in England von Menschen zur Korbherstellung angepflanzt. Sie steigt bis auf einen Höhe von 800 Meter, ist jedoch vor allem in den Niederungen anzutreffen.

Die Korbweide liebt tiefgründige schwere, basen- und nährstoffreiche, meist kalkhaltige Böden an wassernahen Standorten. Sie bildet dort Korbweiden-Gebüsche, häufig zusammen mit Mandel-Weiden (*S. triandra*), die als Salicetum viminalis oder Salicetum triandro-viminalis bezeichnet werden. Diese Gebüsche stellen einen sehr von den Weiden dominierten Lebensraum dar, der als eigene Pflanzengesellschaft zählt. Sie gehören zum Verband Salicion albae, also den Weidenauen in tieferen Lagen und sind am Ufer von Flüssen und Gräben anzutreffen. Die Mandelweiden-Korbweidengebüsche befinden sich dort zwischen dem für Holzpflanzen unzugänglichen Flussbett und dem eigentlichen Silberweidenwald (*Salicetum albae*)[1] .

In freier Natur können ehemals angepflanzte Korbweiden-Bestände verwildern.

Nutzung

Anbau und Nutzung



Ein Korbflechter bei der Arbeit

Korb-Weiden lassen sich mittels Steckhölzern relativ einfach vermehren. Sie wird zur Nutzung als Kopfweiden geschnitten, und hat an vielen Stellen als so genannte Weidenheger kulturlandschaftprägenden Charakter. Die Pflanzung erfolgt vor allem auf Flächen, die aufgrund der hohen Überflutungsgefahr für andere Kulturpflanzen nicht nutzbar sind, beispielsweise entlang von Flussauen, Bächen und Wassergräben. Die Ernte der Ruten erfolgt im Regelfall in zwei- bis dreijährigen Abständen nach dem Laubfall im Herbst. Wegen der zunehmenden Kunststoffproduktion ist die Nutzung der Korbweide in den letzten Jahrzehnten allerdings stark zurückgegangen, sodass die Ernte heute in vielen Regionen nicht mehr stattfindet und die Kopfweiden nur als Landschaftspflegemaßnahme beschnitten werden. Das traditionelle Zentrum der deutschen Korbflechterei liegt in Mainfranken in dem Ort Lichtenfels, in dem auch die staatliche Fachschule für Korbflechterei zu finden ist.

Verwendung



Fertige Faßreifen in einer Bandreißerwerkstatt

Die Hauptnutzung der Korb-Weide stellt die Verwendung der extrem langen Ruten zur Herstellung von Flechtwaren wie Körben oder Flechtmöbeln dar. Die Weidenruten sind stark biegsam und zugleich fest, wodurch sie ein belastbares Material darstellen. Die Ruten werden für gröbere Arbeiten ungeschält und für feinere geschält (entrindet) verwendet. Dabei werden Körbe aus ungeschälten Ruten vor allem in der Landwirtschaft als Transportkörbe für Obst, Kartoffeln, Gemüse oder Gras sowie als Flaschenkörbe in der Industrie verwendet. Ungeschälte Weidenkörbe sind als feine Haushaltskörbe, Einkaufskörbe und Wäschetruhen zu finden, außerdem werden Möbel, Strandkörbe und früher auch Kinder- und Puppenwagen aus diesen Ruten hergestellt. Um besonders feine Flechtgegenstände wie Näh- oder Konfektkörbchen herzustellen werden die Ruten zudem in zwei bis vier Schienen gespalten und danach verarbeitet (geschlagene Arbeiten).

Mehrjährige Ruten werden zu sogenannten Bandstöcken verarbeitet, die gespalten als Faßreifen und Flechtschienen verwendet werden. Der Beruf des Bandreißers, der diese Arbeiten ausführt ist heute allerdings aufgrund der geringen Nachfrage beinahe ausgestorben.

Im zeitigen Frühjahr geschnittene Sprosse wurzeln schon nach mehreren Tagen. Hieraus lassen sich „lebende Zäune“ bauen, die im Laufe der Jahre sehr dicht werden können, wenn man die Seitentriebe ineinander verflechtet. Die Korbweide wird auch zur Befestigung von Böschungen genutzt. Aufgrund ihres strauchigen Wachstums hat die Korb-Weide als Holzlieferant für andere Zwecke nur eine sehr untergeordnete bzw. keine Bedeutung gegenüber den Baumformen wie z.B. der Silber-Weide (*S. alba*). Das Holz der Korb-Weide kann jedoch als Brennholz genutzt werden.

Literatur

- Jost Fitschen: *Gehölzflora.* 8. Auflage. Quelle & Meyer, Heidelberg 1987, ISBN 978-3-494-01151-6, S. 45/20.
- Ulrich Hecker: *Bäume und Sträucher.* 4. Auflage. BLV, München 2006, ISBN 978-3-405-16621-2.
- D. Grosser, W. Teetz: *Weiden.* In: *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond - Absatzförderungfonds der deutschen Forstwirtschaft, Bonn 1998, ISSN 0446-2114 [4]. (PDF [2])

Referenzen

[1] Heinz Ellenberg: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht.* UTB, Stuttgart 1996, ISBN 978-3-825-28104-5, S. 395ff.

[2] http://www.shop.infoholz.de/html/bg_download.phtml?product_id=1725

Kork

Als **Kork** (Phellem) wird in der Botanik die Zellschicht zwischen Epidermis und Rinde bezeichnet. Im Alltagsgebrauch wird mit dem Begriff Kork das Material aus der Rinde der Korkeiche (*Quercus suber*) bezeichnet, aus dem vor allem Korken gewonnen werden. Kork wird zudem aus der Borke des asiatischen Amur-Korkbaums (*Phellodendron amurense*) gewonnen.

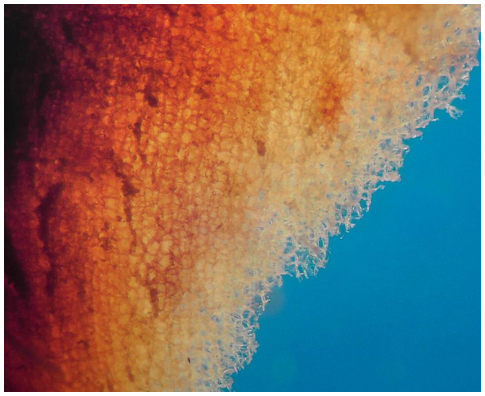


Halb geschälte Korkeiche

Bildung und Eigenschaften

Bildung

Kork wird vom Phellogen (Korkkambium) gebildet und dient als sekundäres Abschlussgewebe, vor allem an den Stellen, an denen die Epidermis und die Rinde der Umfangserweiterung der Sprossachse beim Sekundären Dickenwachstum nicht folgen können. Das Phellogen bildet nach außen Kork und nach innen eine dünne Schicht parenchymatischer Zellen, das Phelloderm, das auch [[Chloroplasten enthalten kann. Kork, Phellogen und Phelloderm werden in ihrer Gesamtheit als Periderm bezeichnet.[1]



Kork aus einem Korken im Mikroskop

Der sich bildende Kork ist artspezifisch und bei den meisten Pflanzen nur wenige Zellschichten dick, wie dies beispielsweise bei den weißen Korkfahnen an Birkenstämmen der Fall ist. Bei wenigen Arten, speziell der Korkeiche, bilden sich dagegen durch eine lange Aktivität des Phellogens zentimeterdicke Korkschichten. Bei den Pfaffenhütchen (*Euonymus*) und einigen anderen Arten werden Korklöeisten an jungen Ästen gebildet.[1]

Die Ausbildung spezifischer Korkzellen geschieht durch Auflagerung (Akkrustierung) von Suberin, einem lipophilen und wasserundurchlässigen Biopolymer. Dadurch wird auch die hydrophobe (wasserabweisende) Wirkung der Korkzellen

gewährleistet. Als lipophiler Stoff kann Suberin (und somit Kork) lichtmikroskopisch mittels Sudan-III-Glycerol sichtbar gemacht werden. Nach Abschluß der Wandbildung sterben die Zellen ab und füllen sich mit Gas, außerdem können Gerbstoffe als Schutz gegen eindringende Insekten eingelagert werden, die zu einer Braunfärbung führen.[1]

Eigenschaften

Der aus luftgefüllten abgestorbenen Zellen bestehende Kork ist für den Stoffaustausch (Wasser/Gas) von Lentizellen durchsetzt, die den natürlichen Hartschaum durchziehen. Durch diese Korkporen wird die Atmung der darunter liegenden Epidermis ermöglicht.[1] Es besitzt keine Interzellularen. Kork ist hydrophob, sehr elastisch und schlecht brennbar. Die Wärmeleitfähigkeit von Kork ist sehr gering, woraus sich seine Eignung als Dämmstoff erklärt.

Bereits durch eine dünne Korkschicht wird die Transpiration sehr stark eingeschränkt

Nutzung



Korken

Die besondere Kombination und Vielfalt physikalischer, chemischer, aber auch visueller Eigenschaften macht den Kork auch wirtschaftlich interessant: in der Fischerei als Schwimmer an Angeln und Netzen, als Dichtungsmaterial in Maschinen und Geräten, als Flaschenverschluss, als Fußbodenbelag, im Blasinstrumentenbau, als orthopädisches Schuheinlagenmaterial sowie als Bau- und Wärmedämmstoff.

Die Rinde der Korkeiche wird seit dem 2. Jahrhundert n. Chr. im Mittelmeerraum, vor allem in Mittelitalien und in Spanien bzw. der damaligen römischen Provinz Hispania und heute vorwiegend im Süden von Portugal mit Schneideäxten von Stämmen und Hauptästen geschält und verarbeitet. Bei der ersten Schälung fällt eine raue, harzreiche Korkrinde an, die sich zur Herstellung von reinexpandierten dunkelbraunen Korkplatten (ohne Zusatz künstlicher Bindemittel) eignet wie sie als Naturbaustoff zur Wärmedämmung eingesetzt werden. Danach kann alle 8 bis 12 Jahre die nachwachsende Sekundärkorkrinde geerntet werden. Sie ist harzarm und weitgehend homogen, weshalb sie sich zur maschinellen Verarbeitung eignet. Der Sekundärkork dient vor allem zur Herstellung von Flaschenkorken und einer Reihe weiterer Industrieprodukte. Weltweiter Marktführer bei der Herstellung von Korkprodukten ist die portugiesische Amorim Group.


Korkplatte

Die Reste der Flaschenkorkenproduktion werden zu hellbraunem Granulat gemahlen. Dieses Sekundärkorkgranulat kann mit Latex-, Polyurethan- und anderen Klebstoffen im Vakuum und/oder unter mechanischem Druck so verklebt werden, dass die besonderen natürlichen Eigenschaften des Korkmaterials vielfältig ergänzt werden. Aus solchem künstlichen Agglomeratkork können Produkte mit höherer Festigkeit wie Sektkorken oder - aus Blöcken in Scheiben geschnitten - Fußbodenbeläge hergestellt werden. Aufgrund geringer Wärmeleitfähigkeit ist Kork auch als Dämmstoff geeignet, beispielsweise als Korkplatten oder Korkschüttung sowie als Spritzkork auch zur Abdichtung. Auch Verbundwerkstoffe mit einer Kunststoffmatrix gehören in den letzten Jahren zu diesem Spektrum (Cork-Plastic-Composites).

Über die genaue Menge des in Deutschland verwendeten Kork-Kontingents liegen keine Zahlen vor, diese lassen sich nur durch

Handelsdaten rekonstruieren. So werden jährlich 900 bis 1.400 t Rohkork und 10.000 bis 40.000 t Korkprodukte importiert, jedoch nur 30 bis 80 t Rohkork und 2.000 bis 5.000 t Korkprodukte wieder exportiert (Statistisches Bundesamt 2008). Insgesamt werden in Deutschland pro Jahr entsprechend 10.000 bis 35.000 t Kork verarbeitet.



Fußbett aus Kork-Elastomer-Material

Bodenbeläge aus Kork

Es gibt zwei Arten der Korkoberfläche bei Fußbodenbelägen. Einerseits die einschichtig massiven Korkbeläge und andererseits die furnierten, mehrschichtigen Bodenbeläge. Die furnierten Korkbodenbeläge unterscheiden sich durch ein aufgeklebtes Korkfurnier von den Massiven. Das Furnier wird auf den massiven Korkbelag geklebt und dient in erster Linie dekorativen Zwecken. Ein weiterer Vorteil ist die bessere Farbdeckung bei eingefärbten Korkplatten. Der Nachteil furnierter Korkfliesen ist die schlechtere Abriebsfestigkeit. Diese kann jedoch mit Siegellack deutlich verbessert werden, so dass die Abriebfestigkeit beinahe die massiver Korkbeläge erreicht. Neben stark lösungsmittelhaltigen Siegellacken auf Polyurethanbasis werden seit 2003 teilweise auch umweltfreundlichere Siegellacke auf Wasserbasis angeboten.

Die Hersteller verkaufen Korkparkett als Fliesen, welche sich vollständig mit dem Untergrund verkleben lassen und Kork-Fertigparkett, welches mit Nut-und-Feder-Systemen schwimmend verlegt wird, also nicht mit dem Untergrund verklebt wird. Ganz ohne Klebstoff beim Verlegen kommen Korkparkettsysteme mit speziellen Verbindungen zwischen den Fliesen („Klick-Systeme“) aus.

Bindemittel

Zur Herstellung von Korkblöcken wird dem Korkgranulat ein Bindemittel zugefügt, welches die natürlichen Harze im Korkgranulat unterstützen. Als Bindenittel werden Polyurethanharze oder Phenolharze verwendet. Während erstere nur während einer kurzen Auslüftungszeiten riechen und als gesundheitlich unbedenklich gelten, verdunsten Restphenole über lange Zeit aus Phenolharzbindemitteln und können die Gesundheit der Bewohner belasten.

Oberflächenbehandlung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Oberflächen der Korkfliesen zu behandeln. Die Fliesen können eingefärbt oder naturbraun belassen werden. Eingefärbte Fliesen müssen anschließend mit einem Siegellack behandelt werden, dabei müssen Lack und Farbe aufeinander abgestimmt sein, um ungewollte chemische Reaktionen und Verfärbungen zu vermeiden. Ölen als andere Möglichkeit der Oberflächenbehandlung kann bei ungefärbten Korkfliesen vorgenommen werden.

Literatur

- Eduard Strasburger (Begr.), Peter Sitte, Elmar Weiler, Joachim W. Kadereit, Andreas Bresinsky, Christian Körner: *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen.* 35. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2002, ISBN 3-8274-1010-X.
- Thilo Schäfer: *Kork - der nachwachsende Rohstoff*. In: *Globus*, Heft 6/97, S. 23-26, Stuttgart, 1997.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten und Arbeitskreis Ökologische Schule: *Kork. Die sagenhafte Rinde. Informationen, Unterrichtsmaterialien, Ideen, Medienhinweise. Korkeiche - Kork - Korkprodukte - Einsammlung Altkork - Korkrecycling - Recyclingprodukte*. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Referat Öffentlichkeitsarbeit), Wiesbaden 1999, 36 S., ISBN 3-89274-177-8
- Hänisch, Georg: Kork – ein Baustoff und seine Anwendung. 1993: Ökobuch, Staufen bei Freiburg i.Br. ISBN 3922964451
- ECO – Institut GmbH, Köln. Diverse Prüfberichte
- Gerhard Kaldewei (Hrsg.): *Kork.* Geschichte, Architektur, Design 1750 - 2002. Hatje Cantz, Ostfildern-Ruit 2002, ISBN 3-7757-1225-9 (Katalog und Ausstellung zur Sonderausstellung *«Total verkorkst?!»* der Museen der Stadt Delmenhorst auf der Nordwolle vom 16.6. bis 15.9.2002).

Weblinks

- *Flaschen bitte nur mit Kork!*. [2] In: *WWF Panda Magazin online.* 6. Dezember 2002, abgerufen am 25. November 2009 (die ökologische Bedeutung der Korkeichen).

Referenzen

[1] Eduard Strasburger (Begr.), Peter Sitte, Elmar Weiler, Joachim W. Kadereit, Andreas Bresinsky, Christian Körner: *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen.* 35. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2002, ISBN 3-8274-1010-X.

[2] http://www.panda.org/about_our_earth/about_forests/forest_news_resources/index.cfm?uNewsID=4802&uLangID=2

Korkeiche

Korkeiche

Korkeiche (*Quercus suber*)
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida) *Unterklasse:* Rosenähnliche (Rosidae) *Ordnung:* Buchenartige (Fagales) *Familie:* Buchengewächse (Fagaceae) *Gattung:* Eichen (*Quercus*) *Art:* Korkeiche
Wissenschaftlicher Name
Quercus suber
L.

Die **Korkeiche** (*Quercus suber*) ist ein immergrüner Laubbaum des westlichen Mittelmeerraums aus der Gattung der Eichen (*Quercus*). Sie erträgt Dürre und stellt geringe Ansprüche an die Bodenbeschaffenheit. In Mitteleuropa ist sie nicht winterhart. Namensgebend sind die mächtigen Korkschichten des Stammes, die zur Korkgewinnung genutzt werden. Ein einzelner Baum kann während seines Lebens 100 bis 200 Kilogramm Kork liefern.[1] Korkeichenwälder bilden die Heimat einer großen Zahl an Tier- und Pflanzenarten. Da Kork als Flaschenverschluss zunehmend durch andere Materialien ersetzt wird, sind diese Wälder als Bestandteil der Kulturlandschaft gefährdet und damit auch Tierarten wie der Pardelluchs vom Aussterben bedroht.[2]



Illustration (Köhler's Medizinal-Pflanzen 1887)

Beschreibung

Korkeichen sind immergrüne Bäume. Sie erreichen eine durchschnittliche Höhe von 10 bis 20 Metern und können in seltenen Fällen bis 25 Meter hoch werden. Der Stammdurchmesser (BHD) liegt bei 50 bis 90 Zentimetern. Die Art bildet eine dichte und asymmetrische, in einer Höhe von zwei bis drei Meter ansetzende Krone, die sich bei freistehenden Bäumen weit ausbreitet. Die Krone kann sich in mehrere voneinander abgesetzte, rundliche Teilkronen gliedern.



Teilweise abgeschälte Korkeiche

Charakteristisch für die Korkeiche sind die dicken, längsrissigen Korkschichten der graubraunen Stammborke. Das Kambium der bei jungen Bäumen glatten Rinde bildet sehr früh eine Korkschicht, die drei bis fünf Zentimeter stark werden kann. Das leichte und schwammige Korkgewebe zeigt senkrechte Risse und ist an der Außenseite weiß, an der Innenseite rot bis rotbraun. Nach der Ernte des Korks erscheint der Stamm rotbraun, später deutlich dunkler.[3] Das Holz ist ringporig, hat ein braunes Kernholz und ein hellrötliches Splintholz.[4] Die Korkeiche entwickelt eine Pfahlwurzel, die eine Tiefe von ein bis zwei Meter erreicht, und von der mehrere Meter lange, horizontal verlaufende Seitenwurzeln ausgehen.[5] Die Bäume werden über 400 Jahre alt, beerntete Exemplare 150 bis 200 Jahre.[3]

Die Chromosomenzahl beträgt 2n = 24.[1]

Blätter und Zweige

Die ledrigen Blätter sind wechselständig und werden 3 bis 5 Zentimeter lang und 1,5 bis 4 Zentimeter breit. Die Form variiert zwischen rundlich, oval und lanzettlich-oval. Die Blattspreite hat an beiden Rändern fünf bis sieben scharfe Zähne und einen zugespitzten Vegetationskegel (Apex). Die Mittelrippe tritt an der Blattunterseite deutlich hervor, die Seitennerven erster Ordnung führen meist zu den Zähnen des Blattrandes. Die Blattoberseite ist hellgrün, die Blattunterseite weißlich und dicht behaart. Bei jungen Bäumen fehlt die Behaarung. Die Blattstiele werden 6 bis 18 Millimeter lang und sind ebenfalls behaart. Am Grund des Blattstiels stehen zwei schmal lanzettliche, fünf Millimeter lange und leuchtend rote Nebenblätter, die im ersten Jahr abfallen. Die neuen Blätter erscheinen in den Monaten April und Mai, in denen auch ältere Blätter abgestoßen werden. Sie bleiben meist zwei bis drei Jahre am Baum, seltener nur ein Jahr, letzteres besonders bei strengen Umweltbedingungen und an der Nordgrenze des Verbreitungsgebiets. Extrem kalte Winter können auch zur völligen Entlaubung führen. Die jungen Zweige sind

dicht hellgrau oder weißlich behaart. Ältere Äste sind kräftig und knotig. Ältere Bäume bilden nur noch kurze Triebe mit Längen zwischen 7 und 15 Zentimeter.[3]


Stammquerschnitt


Korkeichenblatt: Vorder- und Rückseite


Blätter

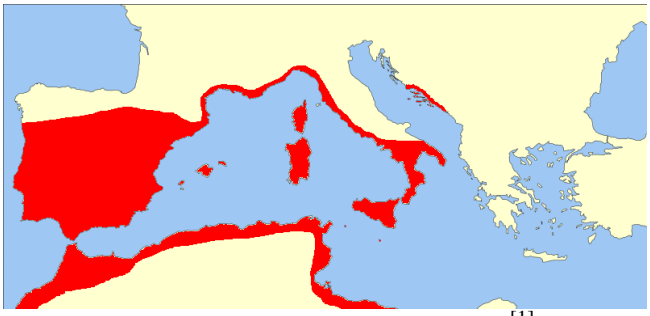

Eichel mit Fruchtbecher

Blüten und Früchte

Die Korkeiche ist einhäusig, es treten sowohl weibliche als auch männliche Blüten an einer Pflanze auf.[3] Die weiblichen Blüten bilden aufrechte Blütenstände in den Blattachseln junger Triebe. Diese werden aus einer 5 bis 30 Millimeter langen, behaarten Achse mit zwei bis fünf getrennten Blüten gebildet. Die Blüten bestehen aus einer kleinen, behaarten, vier- bis sechszipfeligen Blütenhülle und drei bis vier Griffeln.[5] Die männlichen Blütenkätzchen entstehen ebenfalls an den Blattachseln junger Triebe. Sie sind zu Beginn leuchtend rot und stehen aufrecht, ältere Kätzchen sind gelb und hängend, vier bis sieben Zentimeter lang und haben eine weißlich behaarte Achse. Die Einzelblüten sind ungestielt und haben eine außen dicht behaarte Blütenhülle, die beim Öffnen rot gefärbt ist. Die vier bis sechs Staubblätter sind weißlich mit gelben, eiförmigen Staubbeutel. Sie sind länger als die Hüllblätter.[3]

Die Fruchtstände werden 0,5 bis 4 Zentimeter lang und tragen zwei bis acht Eicheln. Die Früchte werden etwa zur Hälfte durch den Fruchtbecher (Cupula) eingeschlossen, die Fruchtbecher haben Durchmesser von 2 bis 2,5 Zentimeter. Die oberen Schuppen der Cupula sind grau und behaart, bei der Unterart *Quercus suber occidentalis* liegen die Schuppen eng beieinander oder sind verwachsen. Die Größe der Eicheln variiert zwischen Längen von 2 bis 4,5 Zentimeter und Durchmessern von 1 bis 1,8 Zentimeter. Das Fruchtgehäuse (Perikarp) ist kahl, glatt und glänzend bräunlich rot. Das Hilum (die Ansatzstelle des Samens) ist konvex und hat einen Durchmesser von sechs bis acht Millimeter.[5]

Verbreitung und Standortansprüche


Natürliches Verbreitungsgebiet der Korkeiche[1]

Das Verbreitungsgebiet der Korkeiche ist der Raum um das westliche Mittelmeerbecken. In Portugal bedecken natürliche und angebaute Bestände ein Gebiet von 750.000 Hektar. Natürliche Bestände der Nominatform gibt es in Höhenlagen zwischen 150 und 300 Meter, die Unterart *occidentalis* findet man entlang der atlantischen Küste. In Spanien bleiben die Vorkommen meist unter 600 Höhenmeter, erreichen aber selten auch Höhen von 1200 Meter. In Zentralspanien sind Korkeichen selten. In Italien findet man natürliche Vorkommen entlang des Thyrrenischen Meeres und im östlichen Apulien an der Adria. Ebenfalls an der Adria gibt es die Korkeiche an der dalmatinischen Küste. Auf Sardinien ist sie einer der häufigsten Waldbäume. Natürliche und vom Menschen geschaffene Vorkommen existieren in Afrika an der Mittelmeerküste von Tunesien, Algerien und Marokko und in Höhenlagen bis 1000 Meter, am Hohen Atlas bis 2000 Meter.[1] Außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets wird die

Korkeiche auf der Krim, im Kaukasus, in Indien und im Südwesten der USA kultiviert.[6] Die Unterart *Quercus suber occidentalis* gedeiht auch in milden Gegenden Englands.[7]

Die Art ist sehr lichtbedürftig und kann in dichten Beständen nicht überleben. Sie ist wärmeliebend, wächst bei Jahresmitteltemperaturen von 13 bis 17 °C und erträgt Maximaltemperaturen bis 40 °C. Im Verbreitungsgebiet fällt die Temperatur nur selten unter den Gefrierpunkt, es werden aber Temperaturen bis zu -5 °C ohne Schäden und bis -10 °C ohne große Schäden ertragen. Die Korkeiche ist in Mitteleuropa nicht winterhart. Sie erträgt Dürre und überdauert sommerliche Trockenperioden durch die Reduzierung des Stoffwechsels. Eine jährliche Niederschlagsmenge von 500 bis 700 Millimeter gilt als optimal, an kühleren Standorten können bei ausreichender Luftfeuchte 400 bis 450 Millimeter ausreichen. Korkeichen stellen geringe Bodenansprüche und wachsen auch auf mageren, trockenen und felsigen Standorten. Sie gedeihen kaum auf kalkhaltigen Böden, man findet sie jedoch häufig auf kristallinen Schiefern, auf Gneis, Granit und Sanden. Der Säuregrad des Bodens sollte zwischen pH-Werten von 4,5 und 7 liegen.[8]

Ökologie

In natürlichen Populationen wächst die Korkeiche gemeinsam mit der Steineiche (*Quercus ilex*), der Flaumeiche (*Quercus pubescens*), der See-Kiefer (*Pinus pinaster*), der Pinie (*Pinus pinea*), dem Westlichen Erdbeerbaum (*Arbutus unedo*) und dem Olivenbaum (*Olea europaea*), in kühleren Lagen auch mit der Edelkastanie (*Castanea sativa*). Neben diesen Baumarten kommen als strauchbildende Arten die Kermes-Eiche (*Quercus coccifera*), der Stechpalmen-Kreuzdorn (*Rhamnus alaternus)*, Arten der Gattung *Phillyrea*, die Myrte (*Myrtus communis*), die Heide-Art *Erica scoparia*, die Raue Stechwinde (*Smilax aspera*) und die Montpellier-Zistrose (*Cistus monspeliensis*) häufig gemeinsam mit der Korkeiche vor.[8] Korkeichenwälder bilden die Heimat mehrerer seltener Arten, so auf der Iberischen Halbinsel für den vom Aussterben bedrohten Pardelluchs (*Lynx pardinus*)[9] und den gefährdeten Spanischen Kaiseradler (*Aquila adalberti*)[10] , außerdem überwintert hier ein Großteil der europäischen Kranichpopulation. In den Korkeichenwäldern Tunesiens lebt der Berberhirsch (*Cervus elaphus* subsp. *barbarus*).[2]



Der Pardelluchs, ein Bewohner der Korkeichenwälder Spaniens



Der Kaiserling, ein Symbiosepartner der Korkeiche

Symbiose

Die Korkeiche geht mit mehreren Pilzarten eine Mykorrhiza-Symbiose ein. Dabei ist das Feinwurzelsystem der Eiche in engem Kontakt mit dem Myzel des Pilzes. Die Eiche erhält vom Pilz Wasser und Nährsalze im Tausch für Produkte der Photosynthese. Eine solche Symbiose existiert unter anderem mit folgenden Arten:[5]

- Kaiserling (*Amanita caesarea*)
- Grüner Knollenblätterpilz (*Amanita phalloides*)
- Pantherpilz (*Amanita pantherina*)
- *Amanita gilberti*
- Herrenpilz (*Boletus edulis*)
- Parasol (*Macrolepiota procera*)
- *Russula rubra*



Raupe des Schwammspinners

Krankheiten und Fraßfeinde

Mehrere Schmetterlingsarten schädigen die Korkeiche, der bedeutendste ist der Schwammspinner (*Lymantria dispar*). Die Art legt ihre Eier in die Rinde der Äste und Stämme, die im Frühjahr schlüpfenden Raupen verteilen sich in der Krone und fressen sie kahl. Als biologisches Pflanzenschutzmittel gegen den Schwammspinner wird die Bakterienart *Bacillus thuringiensis* eingesetzt. Ein weiterer Schädling ist der Eichenwickler (*Tortrix viridana*), dessen Raupen Blüten und junge Blätter anfressen und diese mit Gespinstfäden zu typischen Wickeln zusammenrollen. Schäden an den Blättern richtet auch der Ringelspinner (*Malacosoma neustria*) an, der seine Eier in mehrreihigen Ringen an der Rinde dünner Zweige anklebt, und ebenfalls der Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea*), dessen Raupen die Blätter skelettieren und nach Überwinterung im Frühjahr den Baum weiter schädigen. Ein spezieller Korkschädling ist der Prachtkäfer *Coraebus undatus*, der seine Eier in das Korkgewebe legt. Eine ebenfalls schädliche Käferart ist der Große Eichenbock (*Cerambyx cerdo*), dessen Larven lange Gänge in das Eichenholz fressen.

Ungünstige Klimaverhältnisse und Pilzbefall werden für die Schwächung von Bäumen und für Kronenschäden verantwortlich gemacht. Solche pilzlichen Schwächeparasiten sind *Diploida mutila*, *Hypoxylon mediterraneum*, *Endothiella gyrosa* und Vertreter der Schimmelpilz-Gattung *Fusarium*. Dürre und der Befall durch Parasiten gelten auch als Ursache für das Schwächesyndrom in Teilen Spaniens und Portugals.[11]

Systematik und Etymologie

Quercus suber ist eine Art der Sektion *Cerris*, der auch folgende Arten angehören:

- Wallonen-Eiche (*Quercus macrolepis*)
- Zerreiche (*Quercus cerris*)
- *Quercus crenata*
- Mazedonische Eiche (*Quercus trojana*)

Kennzeichnend für die Sektion sind das unbehaarte Perikarp und die meist zweijährige Reifezeit der Früchte. Die Korkeiche stellt dabei eine Ausnahme dar, weil die Früchte sowohl im ersten als auch im zweiten Jahr reifen können.[1]

In der Art *Quercus suber* werden zwei Unterarten unterschieden:

- *Quercus suber* subsp. *suber*: Nominatform
- *Quercus suber* subsp. *occidentalis* (Syn. *Quercus occidentalis*) : Sie unterscheidet sich von der Nominatform durch die Gestalt der Cupula-Schuppen, die längere Entwicklungsdauer der Früchte und die semi-immergrüne Belaubung. Das Verbreitungsgebiet der Unterart ist die portugiesische Atlantikküste. [1]

Mit der Zerreiche (*Quercus cerris*) und der Steineiche (*Quercus ilex*) bildet die Korkeiche Artbastarde.[4]

Der wissenschaftliche Name *Quercus suber* leitet sich vom lateinischen Wort *quercus* ab, mit dem die Römer die Stieleiche (*Quercus robur*) bezeichneten. Das Artepitheton *suber* bedeutet im Lateinischen Korkeiche und auch

Kork.[12]

Nutzung



Lagerung der Rinden

Die Korkeiche wird zur Gewinnung von Kork in mehreren Mittelmeerländern angebaut. Die Zentren der Korkproduktion liegen in Süd-Portugal und Süd-Spanien, wo auf weiten Flächen niedrige Bäume mit großen Kronen und starken Ästen angebaut werden, die den höchsten Ertrag an Kork liefern.[13] Diese größtenteils extensiv bewirtschafteten Habitate werden in Spanien Dehesas und in Portugal Montados genannt. Unter den Gesichtspunkten von Artenvielfalt und kulturellem Erbe werden sie als höchst wertvoll angesehen.[14]



Champagner-Korken

Der Kork besteht aus abgestorbenen, mit Luft gefüllten, dünnwandigen Zellen und enthält Zellulose und Suberin. Kork ist wärme- und schallisolierend, das Suberin verleiht ihm wasserabstoßende Eigenschaften. Die Korkschicht wird vom korkproduzierenden Phellogen nachgebildet und kann daher wiederholt geerntet werden, ohne den Baum zu stark zu schädigen. Die erste Ernte erfolgt nach etwa 12 bis 15 Jahren bei einem Stammdurchmesser von 20 bis 30 Zentimetern (BHD). Die erste Korkschicht wird „männlicher Kork“ genannt, ist noch wenig elastisch und rissig und wird nur für Isoliermatten verwendet. Erst die folgenden Korkernten liefern einen qualitativ höherwertigen Kork, den „weiblichen Kork“, der im vollen Umfang kommerziell genutzt werden kann. Den qualitativ besten Kork erhält man bei der zweiten, dritten und vierten Ernte. Korkernten erfolgen alle neun bis zwölf Jahre, wenn eine Schichtstärke von 2,7 bis 4 Zentimetern erreicht ist. Unter günstigen (warmen) Bedingungen kann die Ernte alle acht Jahre erfolgen, in Nordafrika alle sieben Jahre. Insgesamt kann eine Korkeiche fünf- bis zehnmal abgeerntet werden. Um die Verletzung der Stammoberfläche klein zu halten, kann alternativ auch alle drei Jahre geerntet werden, wobei nur ein Drittel der nutzbaren Oberfläche abgelöst wird. Eine wichtige Pflegemaßmahme ist die Astung, die etwa mit einem Alter von zehn Jahren beginnt und eine Höhe bis 3 Meter erfasst. Eine Eiche liefert über ihre Lebensspanne etwa 100 bis 200 Kilogramm Kork, ein Hektar etwa 200 bis 500 Kilogramm pro Jahr.[15]

Der Kork wird vor allem zur Herstellung von Stopfen und Korken verwendet, daneben zur Wärme- und Schalldämmung und für weitere technische Anwendungen (u.a Verbundwerkstoffe, Schuhsohlen, Bodenbeläge).[15] [16] Die Flaschenkorkproduktion macht etwa 70 % der Wertschöpfung beim Korkanbau aus. Da die Naturkorken zunehmend durch Plastik- oder Blechverschlüsse ersetzt werden, könnte es zu einem deutlichen Rückgang der Korkeichenbestände in Südwesteuropa kommen, was die Artenvielfalt in diesen Gebieten gefährdet.[2] (Zur Verwendung des Korks siehe auch den *Hauptartikel: Kork*)

Genutzt wird auch die Rinde, die etwa 12 % gewinnbaren Gerbstoff enthält. Zusätzlich werden die Eicheln als Futter in der extensiven Schweinemast (Eichelmast) verwendet. Ein Baum kann 15 bis 30 Kilogramm Eicheln pro Jahr liefern.[15]

Korkeiche als Symbol

- Die Korkeiche wird in Portugal von mehreren Städten im Stadtwappen geführt, so von der Stadt Reguengos de Monsaraz, das einen frisch abgeernteten Korkbaum zeigt.[17]
- Im Jahr 2007 wurde in Portugal eine 2-Euro-Gedenkmünze mit dem Motiv einer Korkeiche zur Erinnerung an die portugiesische Ratspräsidentschaft der Europäischen Union ausgegeben.[18]



Wappen der Stadt Reguengos de Monsaraz



Portugiesische Gedenkmünze 2007

Literatur

- Schütt, Weisgerber, Schuck, Lang, Stimm, Roloff: *Enzyklopädie der Laubbäume.* Nikol, Hamburg 2006, ISBN 3-937872-39-6.

Weblinks

- *Conserving the Lands, Culture and Economy of Europe's Cork Producing Regions.* [19] Rainforest Alliance, abgerufen am 10. Jänner 2009 (pdf, englisch).
- Sibylle Winkel: *Kork-Konkurrenz gefährdet Glücksvögel.* [20] NABU-Pressedienst Hessen, 4. November 2005, abgerufen am 10. Jänner 2009.
- *The biodiversity of cork forests.* [21] WWF, 6. Juni 2007, abgerufen am 10. Jänner 2009 (englisch).

Referenzen

[1] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 500

[2] *Flaschen — bitte nur mit Kork!.* (http://www.panda.org/news_facts/newsroom/index.cfm?uNewsID=4802&uLangID=2) WWF, 6. Dezember 2002, abgerufen am 20. Juli 2008.

[3] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 501

[4] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 503

[5] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 502

[6] J. Heller: *Quercus suber.* (http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/pls/htmldb_pgrc/f?p=185:46:781663974789756::NO::module,mf_use,source,akzanz,rehm,akzname,taxid:mf,,botnam,0,,Quercus suber,17870) In: *Mansfeld's World Database of Agricultural and Horticultural Crops.* April 2001, abgerufen am 22. Oktober 2008 (englisch).

[7] Peter Gibbons: *Quercus suber.* (http://www.pfaf.org/database/plants.php?Quercus+suber) In: *Plants for a Future.* 19. Jänner 2006, abgerufen am 22. Oktober 2008 (englisch).

[8] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 504

[9] *Lynx pardinus* (http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/12520/0) in der Roten Liste gefährdeter Arten der IUCN. Eingestellt von: von Arx, M. & Breitenmoser-Wursten, C, 2008. Abgerufen am 9. Jänner 2009

[10] *Aquila adalberti* (http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/144496/0) in der Roten Liste gefährdeter Arten der IUCN. Eingestellt von: BirdLife International, 2008. Abgerufen am 9. Jänner 2009

[11] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 504-505

[12] Helmut Genaust: *Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen*. 3. Auflage, Nikol, 2005, S. 523 und S. 618, ISBN 3-937872-16-7

[13] Schütt, Schuck, Stimm: *Lexikon der Baum- und Straucharten*. Nikol, Hamburg 2002, S. 436, ISBN 3-933203-53-8

[14] Tobias Plieninger: *Traditional land-use and nature conservation in rural Europe.* (http://www.eoearth.org/article/Traditional_land-use_and_nature_conservation_in_rural_Europe) In: *Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland.* 2. April 2007, abgerufen am 20. Juli 2008 (englisch).

[15] Schütt et al.: *Enzyklopädie der Laubbäume*. S. 505

[16] Alexandre Pereira: *Kork – vom Traditionsprodukt zum modernen Baustoff und Werkstoff für die Industrie.* (http://www.nova-institut.de/news-images/20081106-11/08-10+11+12_Biowerkstoff-Report.pdf) In: *Biowerkstoff-Report Okt./Nov./Dez.2008.* Nova Institut, 2008, S. 28, abgerufen am 10. Jänner 2009 (pdf).

[17] *Heráldica.* (http://www.cm-reguengos-monsaraz.pt/pt/conteudos/municipio/heraldica/heraldica da camara municipal de reguengos de mon.htm) Município de Reguengos de Monsaraz, abgerufen am 20. Juli 2008 (portugiesisch).

[18] *Portugal – Gedenkmünze 2007.* (http://www.zwei-euro.com/2-euro/portugal/2007/gedenkmuenze.htm) www.zwei-euro.com, abgerufen am 20. Juli 2008.

[19] http://www.rainforest-alliance.org/profiles/documents/cork_profile.pdf

[20] http://hessen.nabu.de/modules/presseservice_hessen/index.php?show=89&db=

[21] http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/europe/what_we_do/mediterranean/about/forests/cork/about_cork/biodiversity/index.cfm

Kraft-Wärme-Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplung (*KWK*) ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie, die in der Regel unmittelbar in elektrischen Strom umgewandelt wird, und nutzbarer Wärme für Heizzwecke (Fernwärme) oder Produktionsprozesse (Prozesswärme) in einem Heizkraftwerk. Es ist somit die Auskopplung von Nutzwärme insbesondere bei der Stromerzeugung aus Brennstoffen. In den meisten Fällen stellen KWK-Kraftwerke Fernwärme für die Heizung öffentlicher und privater Gebäude bereit, oder sie versorgen als Industriekraftwerk Betriebe mit Prozesswärme (z. B. in der chemischen Industrie). Die Abgabe von ungenutzter Abwärme an die Umgebung wird dabei weitgehend vermieden. Zunehmend an Bedeutung gewinnen kleinere KWK-Anlagen für die Versorgung einzelner Wohngebiete, bzw. einzelner Mehr- und sogar Einfamilienhäuser, sogenannte Blockheizkraftwerke (BHKW).



Heizkraftwerk Berlin-Mitte, das auch zur Fernwärmeversorgung des Regierungsviertels errichtet wurde

Vorteil der KWK ist der verringerte Brennstoffbedarf. In der BRD soll bis 2020 25 % des Stroms in KWK-Anlagen erzeugt werden, um Energie einzusparen und Umwelt und Klima zu schützen. Eine Förderung durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) bzw. das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sollen den Ausbau beschleunigen.[1] [2]

Einführung

Das Spektrum der elektrischen und thermischen Leistung von KWK-Anlagen reicht von wenigen Kilowatt bis zu mehreren hundert Megawatt. Seit ungefähr dem Jahr 2000 kommen zunehmend etwa waschmaschinengroße, so genannte Mini- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung Anlagen für den Einsatz in Einfamilienhäusern, Wohngebäuden, kleineren Gewerbebetrieben und Hotels auf den Markt. 2009 wurde von VW und Lichtblick ein Projekt angekündigt, in dem 100.000 Klein-BHKWs mit einer Gesamtleistung von rund 2 Gigawatt in Mehrfamilienhäusern installiert werden sollen. [3] Die mit 700 MW elektrischer Leistung zurzeit größte KWK-Anlage Europas steht in England. Damit stehen heute für das gesamte Spektrum des Wärmebedarfs KWK-Lösungen zur Verfügung.

Die typischen thermischen Kraftwerke, die in Deutschland einen Großteil des Strombedarfs decken, erzeugen mit der aus einem Brennstoff freigesetzten Wärme ausschließlich elektischen Strom. KWK-Anlagen dagegen geben gleichzeitig auch Wärme ab und erreichen dadurch sehr viel höhere Nutzungsgrade. Während erstere Anlagen Wirkungsgrade zwischen 33% (ältere Anlagen) und 57% Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke erreichen, kommt man bei KWK-Anlagen auf Nutzungsgrade von 80% und höher. Durch KWK kann also deutlich Brennstoff eingespart werden, wenn in der Umgebung Wärmebedarf besteht, der z. B. durch Verteilung der Wärme über ein Fernwärmenetz gedeckt werden kann. Bei den mit Wasserdampf als Arbeitsstoff betriebenen Heizkraftwerken der öffentlichen Versorgung – das sind in der Regel Entnahme-Kondensationsanlagen – geht diese Steigerung des Nutzungsgrades allerdings mit einer Verringerung der Stromproduktion (geringerer elektrischer Wirkungsgrad) einher, da der Dampf vor den letzten Turbinenstufen entnommen werden muss, damit seine Temperatur zum Heizen ausreichend hoch ist. Im Gegensatz dazu wird bei Kraftwerken ohne Kraft-Wärme-Kopplung die Restwärme über den Kondensator und den Kühlturm an die Umwelt abgegeben.

Im Vergleich zu den derzeit besten Technologien der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme erzielen KWK-Anlagen je nach Versorgungssituation Primärenergieeinsparungen von ca. 10 bis über 30 %.

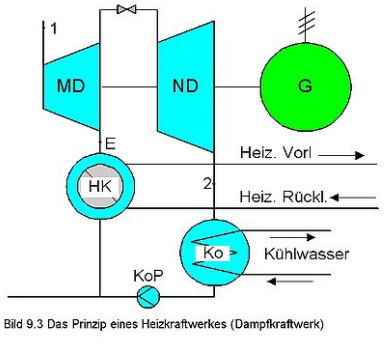


Bild 9.3 Das Prinzip eines Heizkraftwerkes (Dampfkraftwerk)

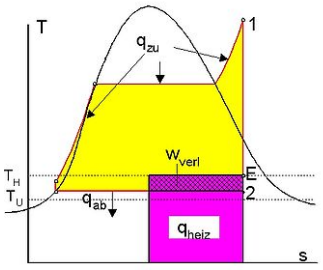


Bild 9.4 T-s-Diagramm zur Wärmeauskopplung aus einem Dampfkraftwerk

Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Entnahme-Kondensationsanlage.

Das Bild rechts zeigt im linken Teil vereinfacht das Prinzip der Entnahme. Der nach dem Mitteldruckteil MD der Turbine, also vor dem Niederdruckteil ND abgezweigte Dampf strömt in den Heizkondensator HK, wo er sich unter Wärmeabgabe an den Fernwärmekreislauf (Temperaturniveau etwa 100 °C) verflüssigt. Von dort wird das Kondensat dem Speisewasserkreislauf zugeführt. Der restliche Dampf arbeitet im Niederdruckteil und wird dann im Kondensator Ko bei ca. 25 °C (abhängig vom Umgebungszustand) verflüssigt und über die Kondensatpumpe KoP dem (hier nicht abgebildeten) Speisewasserbehälter zugeführt. Die rechte Bildseite zeigt das zugehörige idealisierte T-s-Diagramm (vergl. Clausius-Rankine-Prozess) für einen Betriebszustand, in dem die Hälfte des Dampfes für Heizzwecke genutzt wird. Die gesamte rote Fläche entspricht der genutzten Wärme, der obere schraffierte Teil dieser Fläche dem Stromverlust in der Niederdruckstufe.

Technik

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung wird ein Teil des entstehenden Dampfes in einem Kraftwerk für Heizzwecke ausgekoppelt. Dadurch sinkt der Wirkungsgrad der Energiegewinnung, der Gesamtnutzungsgrad steigt aber auf 60–90 %. Bei einer Nutzung des Kohlendioxidgehaltes (CO_2) in den durch die Verbrennung anfallenden Abgasen (beispielsweise in Gewächshäusern landwirtschaftlicher Betriebe) könnte ein Gesamtnutzungsgrad auch oberhalb von 90 % möglich sein. Hier würde das zur Photosynthese benötigte CO_2 der Abgase dem Gewächshaus zugeführt, müßte jedoch im Vorfeld durch einen Katalysator aufbereitet werden.

Brennstoffe

Das Prinzip der KWK kann mit jedem Brennstoff und jeder Energiequelle mit einem Temperaturniveau ab ca. 210 °C genutzt werden. In Betracht kommen neben fossilen Energien wie Steinkohle, Braunkohle, Erdgas und Heizöl auch erneuerbare Energien wie Biogas, Klärgas, Deponiegas, Pflanzenöl, Holz, Pellets, Bioethanol, Solarthermie und Geothermie sowie Siedlungsabfälle (Müllverbrennung und Deponiegas) genauso wie die Kernenergie. Das Kernkraftwerk Greifswald (auch Kernkraftwerk Lubmin genannt) speiste bis 1990 das Fernwärmenetz von Greifswald.

Auslegung

Es wird zwischen strom- und wärmegeführter Auslegung von KWK-Anlagen unterschieden, je nach der Priorität, die einer der beiden Energieformen zugemessen wird. Stromgeführte Anlagen optimieren den Stromertrag, wärmegeführte Anlagen den Wärmeertrag. Der höchste Nutzungsgrad wird mit wärmegeführter Auslegung erzielt, weil dabei die geringsten Energieverluste entstehen. Aus wirtschaftlicher Sicht ist jedoch die stromgeführte Fahrweise häufig attraktiver, da pro kWh Strom deutlich höhere Erträge erzielt werden als pro kWh Wärme. Dabei können Wärmeverluste durch Verwendung eines Pufferspeichers vermieden werden. Die gewonnene Wärme wird als warmes Wasser oder Wasserdampf über isolierte Rohrleitungen zur Gebäudeheizung, für industrielle Zwecke (Prozesswärme), in der Lebensmittelherstellung (z.B. Aquakultur), etc. verwendet.

Anlagenvarianten

Eine zunehmend verbreitete Variante sind so genannte Blockheizkraftwerke (BHKW). Dabei handelt es sich um kleine bis mittelgroße KWK-Anlagen auf Basis von Verbrennungsmotoren oder Gasturbinen. Während bei diesen Anlagen die Wärmeversorgung auf ein bestimmtes Objekt oder auf die nähere Umgebung (z. B. einen Wohn-„Block“) beschränkt ist, dienen die größeren Heizkraftwerke zur flächigen Fernwärme-Versorgung oder zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie. Bei Großanlagen für die Fernwärmeversorgung sind einerseits die Leitungsverluste wesentlich höher als bei Blockheizkraftwerken, wodurch die Effizienz des Energieeinsatzes sinkt. Andererseits steigt mit zunehmender Leistung der Anlagen die Stromkennzahl (also das Verhältnis von Strom- zu Wärmeerzeugung) und somit die Exergieausbeute, was wiederum die Effizienz erhöht.

KWK-Anlagen können unter anderem sein:

- Dampfturbinen-,
- Gasturbinen-,
- Gas- und Dampfturbinen (GuD)-,
- Verbrennungsmotoren- oder
- Brennstoffzellen-Anlagen

Von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) spricht man, wenn die Anlage zusätzlich Kälte erzeugen kann. Dabei wird die Nutzwärme des Prozesses genutzt, um eine Absorptionskältemaschine anzutreiben. Trotz der deutlich höheren Investition im Vergleich zu einer Kompressionskältemaschine, kann die KWKK-Anlage wirtschaftlich betrieben werden, weil durch die Wärmenutzung zur Klimatisierung im Sommer die Laufzeiten erhöht werden.

Fördermaßnahmen

In Deutschland wird die KWK durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) gefördert. Ausnahmen sind Anlagen, die unter das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) fallen, bei dem mit dem sogenannten KWK-Bonus eine eigene Regelung besteht.

KWK-Gesetz

(siehe Artikel Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)



Oberirdische Fernwärme-Leitung über die B36 in Mannheim

Mit dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)) werden in der Bundesrepublik Deutschland der Erhalt, die Modernisierung und der Ausbau von KWK-Anlagen gefördert, die mit fossilen Energien betrieben werden. Für modernisierte Anlagen, die bis spätestens Ende 2005 wieder in Betrieb genommen wurden, wird bis 2010 ein Bonus auf den eingespeisten Strom von durchschnittlich ca. 1,65 Cent pro Kilowattstunde vergütet. Durch die Modernisierung wurde die Effizienz alter KWK-Anlagen beträchtlich erhöht. Ohne Modernisierung erhalten bestehende KWK-Anlagen einen geringeren Bonus, der die frühzeitige Stilllegung von Anlagen verhindern soll. Die Betreiber sehr kleiner KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis zu 50 kW erhalten für 10 Jahre einen Zuschlag von 5,11 Cent pro in das Stromnetz eingespeister Kilowattstunde, sofern die Anlage bis Ende 2008 in Betrieb genommen wurde. Kleine KWK-Anlagen bis 2 MW elektrischer Leistung erhalten bis 2010 eine zusätzliche Vergütung von derzeit 2,25 ct/kWh (Stand 2006). Durch eine verstärkte Nutzung von KWK-Anlagen soll eine weitere Minderung der Kohlendioxid-Emission erreicht werden. Das KWK-Gesetz trat am 1. April 2002 in Kraft. Am 1. Juni 2008 wurde in einer Novellierung des KWK-Gesetzes eine deutliche Ausweitung der Förderung beschlossen. Das Gesetz sieht vor, dass bis zum Jahr 2020 ein Viertel der Stromversorgung durch Kraft-Wärme-Kopplung bewältigt wird.

Kritiker wenden ein, die Förderung sei zu gering und die zu erfüllenden Bedingungen zu hoch, um der KWK zu einem Durchbruch zu verhelfen.[4]

Das novellierte Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 25. Oktober 2008 trat am 1. Januar 2009 in Kraft.[1] Als weitere Kategorie begründen KWK-Anlagen, die zwischen dem 1. Januar 2009 und 31. Dezember 2016 den Dauerbetrieb aufnehmen, den Anspruch auf KWK-Zuschlag. Darüber hinaus erhalten nun auch Betreiber den KWK-Zuschlag, die Strom für die Eigenversorgung bereitstellen und nicht in Netze der allgemeinen Versorgung einspeisen.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

(siehe Artikel Erneuerbare-Energien-Gesetz)

Mit der seit 2009 gültigen Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2009, § 27, Absatz 4) wird die Nutzung der Abwärme aus der Stromerzeugung aus Biomasse (z. B. in Biogasanlagen, Biomasseheizkraftwerken) durch einen KWK-Bonus von 3 Cent/kWh KWK-Strom (EEG 2004: 2 Cent/kWh) angeregt. Dieser Bonus wird auf die Grundvergütung nach dem EEG angerechnet und ist vom Betreiber des vorgelagerten Stromnetzes zu entrichten. Die bonusfähige Strommenge (*KWK-Strom*) errechnet sich als Produkt aus Nutzwärme (tatsächlich genutzte Abwärme) und der Stromkennzahl der Anlage (elektrische Leistung/Nutzwärmestrom, hier ist - anders als oben - mit *Nutzwärme* der theoretisch nutzbare Anteil gemeint; durch die Anlagentechnik wie Generator und Wärmetauscher ist die Stromkennzahl einer Anlage vorgegeben.). Ein hoher elektrischer Wirkungsgrad und die intensive Nutzung der Abwärme erhöhen also den Anteil der bonusfähigen Strommenge. Verschiedene Bedingungen müssen für den Bezug des KWK-Bonus erfüllt sein (Anlage 3 des EEG 2009).[2]

Außerdem wird ein weiterer so genannter Technologie-Bonus (Innovationsbonus) von bis zu 2 Cent/kWh bei Einsatz bestimmter KWK-Technologien (Brennstoffzellen, Gasturbinen, Dampfmotoren, Organic-Rankine-Anlagen, Mehrstoffgemisch-Anlagen, insbesondere Kalina-Cycle-Anlagen, oder Stirling-Motoren) gezahlt (Anlage 1 des EEG 2009). Diese Zuschlags- und Bonuszahlungen werden indirekt auf alle Endverbraucher umgelegt.[2]

Ökosteuer

Für Erdgas, Heizöl und Flüssiggas, das in KWK-Anlagen mit einem Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 % eingesetzt wird, wird die Energiesteuer, ehemals „Mineralölsteuer“, erstattet. Für Strom aus KWK-Anlagen bis zu 2 MW elektrischer Leistung, der vom Betreiber der Anlage im „räumlichen Zusammenhang“ verbraucht wird, muss keine Stromsteuer (2,05 Cent/ kWh) entrichtet werden.

Weblinks

- Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e. V. [5]
- COGEN Europe, Europäischer KWK-Verband [6]
- KWK auf den Seiten des *BINE Informationsdienstes* [7]
- KWK – Was ist das? [8] (PDF-Datei; 386 kB)
- KWK-Prinzip [9]

Referenzen

[1] Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung vom 25. Oktober 2008 (http://www.bgblportal.de/BGBL/bgbl1f/bgbl108s2101.pdf)
[2] BMU: Novellierte Fassung des EEG (EEG 2009) (http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40508.php)
[3] Spiegel online: VW strickt das Volksstromnetz (http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,647858,00.html), Artikel vom 9. September 2009, abgerufen am 6. Februar 2010
[4] Kraftwerk im Keller – Stromkonzerne behindern Energiesparen (http://www.zdf.de/ZDFde/download/0,6753,7003802,00.pdf), Manuskript zu Frontal21 vom 15. April 2008
[5] http://www.bkwk.de/
[6] http://www.cogen.org/
[7] http://www.bine.info/hauptnavigation/themen/energieerzeugung/kraft-waerme-kopplung/publikation/kraft-und-waerme-koppeln/
[8] http://www.uni-due.de/imperia/md/content/energie/aufs_kwk.pdf
[9] http://www.bhkw-infozentrum.de/erlaeuter/kwkprinzip.html

Kraftstoff

Ein **Kraftstoff** (auch *Treibstoff*) ist ein Brennstoff, dessen chemische Energie durch Verbrennung in Verbrennungskraftmaschinen (Verbrennungsmotor, Gasturbine, …) und Raketentriebwerken in Antriebskraft umgewandelt wird.

Kraftstoffe werden überwiegend zum Antrieb von Fortbewegungsmitteln (Kraftfahrzeug, Flugzeug, Schiff, Rakete) verwendet. Da sie jeweils mittransportiert werden müssen, werden häufig Stoffe mit einer hohen Energiedichte eingesetzt. Aber auch stationäre Verbrennungsmotoren können mit ihnen betrieben werden.

Bei der Verbrennung wird als Oxidator meist der Luft-Sauerstoff verwendet, teils, vor allem bei Raketen, aber auch ein eigener Oxidator wie verflüssigter Sauerstoff, Lachgas oder Salpetersäure.

Nomenklatur

Die Abgrenzung des Begriffes *Kraftstoff* zu dem Begriff *Treibstoff* ist nicht durchgängig einheitlich geregelt:

- Als **Kraftstoff** wird normalerweise ein Stoff bezeichnet, der zur *direkten* Verbrennung in einer Verbrennungskraftmaschine genutzt wird. Besonders gängig ist der Begriff im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik.
- Als **Treibstoff** wird normalerweise ein Stoff bezeichnet, der zum Antrieb eines Fortbewegungsmittels, seltener auch einer stationären Maschine, verwendet wird. Somit schließt der Begriff die Kraftstoffe mit ein. Besonders gängig ist der Begriff Treibstoff im Bereich der Schifffahrt und der Luft- und Raumfahrt.

In den meisten anderen Sprachen gibt es die Unterscheidung so nicht. So bedeutet z.B. im Englischen der Begriff *fuel* allgemein *Brennstoff*. Dies schließt *Kraftstoffe* (manchmal *motor fuel* genannt) und *Treibstoffe* (manchmal *propellant* genannt) mit ein.

Nicht als Kraftstoff bezeichnet werden üblicherweise Stoffe, die zwar als Energieträger für einen Antrieb dienen, bei denen aber keine chemische Energie freigesetzt wird, z.B. Wasser für eine Wasserturbine oder Uran für den Kernreaktor eines Nuklearantriebs.

Arten von Kraftstoffen

Flüssige Kraftstoffe

- Kerosin bzw. Petroleum
- Benzin (Ottokraftstoff)
- Leichtbenzin
- Synthetisches Benzin (Ottokraftstoff)
- Zweitaktgemisch (Ottokraftstoff mit Ölzusatz)
- Dieselkraftstoff
- Alkylatbenzin
- Biodiesel
- Ethanol-Kraftstoff, darunter Bioethanol und Cellulose-Ethanol
- Butanol, darunter Biobutanol
- Flüssigerdgas (auch: LNG Liquified Natural Gas)
- Flüssiggas (Propan/Butan-Gemisch, auch: Autogas oder LPG bzw. Liquified Petroleum Gas)
- Methanol
- Pflanzenöl
- Emulsionskraftstoff (meist Wasser in Diesel, zur Schadstoffminderung durch Temperaturabsenkung)
- Schweröl
- Benzol
- Benzin-Benzol-Gemisch (Bibo) (Ottokraftstoff)
- Gasöl
- Motorpetroleum
- XtL-Kraftstoffe, darunter GtL-Kraftstoff (Gas-to-Liquid), BtL-Kraftstoff (Biomass-to-Liquid) und CtL-Kraftstoff (Coal-to-Liquid)

Gasförmige Kraftstoffe

- Erdgas – auch: Methan, CNG (Compressed Natural Gas) oder LNG (Liquid Natural Gas)
- Kompogas
- Biogas
- Methan - auch: Erdgas, darunter Biomethan
- Ethan
- Dimethylether
- Wasserstoff, darunter Biowasserstoff
- Holzgas
- Deponiegas
- Blaugas, ein nach dem Chemiker Hermann Blau benanntes Gas, das dem Flüssiggas ähnlich war (siehe Auftriebsausgleich für Luftschiffe) und heute keine Bedeutung mehr hat.

Feste Kraftstoffe

- Festbrennstoffe (zum Beispiel für Antriebe von Feststoffraketen)

Verfahren zur Herstellung oder Gewinnung von Kraftstoffen

- Kohlevergasung
- Holzvergasung
- Elektrolyse (für Wasserstoffherstellung)
- Steam-Reforming zur Herstellung von Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen, wie beispielsweise Biomasse
- Erdölraffinerie
- Kohleverflüssigung
- Gas-to-Liquids
- Alkoholische Gärung
- Ölmühle
- Methanolsynthese aus Erdgas bzw. Synthesegasen oder aus recycletem CO2 in Kombination mit Wasser, siehe Methanolwirtschaft
- Fraktionierende Destillation
- Umesterung
- Biogasaufbereitung

Vergleich von Kraftstoffen

Der physikalische Vergleich der Heizwerte (kWh pro m³) zeigt, dass die Vorteile bestimmter Treibstoffe im Kraftstoffverbrauch bei der Angabe in l pro 100 km auf ihrer höheren Dichte und dem entsprechend höheren Gewicht pro Liter beruhen und nicht auf ihrem Energiegehalt pro kg:

Name	Aggregatzustand	Dichte in kg/m³	Heizwert in kWh/kg	Heizwert pro Volumeneinheiten
Wasserstoff	gasförmig	0,09	37,0	3,3 kWh/m³
Erdgas H-Gas (CNG/GNV)	gasförmig	0,81	13,0	10,5 kWh/m³
Erdgas L-Gas (CNG/GNV)	gasförmig	0,82	11,3	9,3 kWh/m³
Autogas („Flüssiggas")	flüssig	540	12,8	6,9 kWh/l
Superbenzin	flüssig	740	12,0	8,9 kWh/l
Methanol	flüssig	787	6,11	4,8 kWh/l
Ethanol	flüssig	789	7,44	5,9 kWh/l
Benzin-Benzol-Gemisch	flüssig	796	11,6	9,3 kWh/l
Diesel	flüssig	833	11,8	9,8 kWh/l
Benzol	flüssig	880	11,1	9,76 kWh/l [1]
Pflanzenöl	flüssig	920	10,0	9,2 kWh/l [2]

Die Möglichkeit, einen Treibstoff in einem Motor einzusetzen, hängt nicht nur von Brenneigenschaften ab, sondern auch von der Auslegung des Motors und seiner Treibstoffzufuhr für die jeweiligen chemischen Eigenschaften des Treibstoffes und der ihm beigemischten Additive. Z. B. können sich Ventile und Ventilsitze, die nur für die Additive von Benzin ausgelegt worden sind, bei Betrieb mit Erdgas oder Autogas (keine Beimischung von Additiven)

schneller abnutzen, deshalb rüsten verschiedene Fahrzeughersteller ihre Erdgasfahrzeuge mit speziellen für Erdgasbetrieb ausgelegten Motoren aus.

Darüber hinaus muss nach dem Zündungsprinzip unterschieden werden, ob also Selbstzündung (Dieselmotor) oder Fremdzündung (Ottomotor) verwendet wird, bei letzterem spielt die Klopffestigkeit eine wichtige Rolle.

Alternative Kraftstoffe

Als **Alternative Kraftstoffe** werden Kraftstoffe bezeichnet, die herkömmliche aus Mineralöl hergestellte Kraftstoffe ersetzen können. Hierbei wird unterschieden zwischen Kraftstoffen aus fossilen Energieträgern und solchen, die aus biogenen Energieträgern hergestellt sind.

- Erdgas (CNG) ist seit den 90ern in Deutschland verfügbar. In Argentinien, Brasilien und Italien fahren bereits Millionen Automobile damit.
- Ethanol-Kraftstoff (Bio-Ethanol) wird aus Zuckerrüben, Zuckerrohr oder Weizen gewonnen. Seit 2005 wird es in Deutschland in geringen Mengen dem normalen Benzin beigemischt. In Brasilien fahren bereits viele Automobile damit, siehe Flexible Fuel Vehicle. Verfahren zur Gewinnung von Cellulose-Ethanol aus pflanzlicher Biomasse befinden sich in der Entwicklung.
- Biodiesel wird aus mit Methanol veresterten Pflanzenölen hergestellt. Basis der Pflanzenöle ist unter anderem der Samen der Rapspflanze. Er wird auch dem mineralischen Diesel aus Klimaschutzgründen beigemischt. Da die Eigenschaften von Biodiesel in vielen Punkten denen von mineralischem Diesel sehr ähnlich sind, können auch nicht umgerüstete Dieselmotoren mit diesem Kraftstoff betrieben werden. Da sich Biodiesel wie ein leichtes Lösungsmittel verhält, können unter Umständen Dichtungen und Schläuche im Kraftstoffsystem angegriffen werden, wenn diese nicht beständig gegen Biodiesel sind. Nachteilig ist der hohe Aufwand zur Herstellung und die geringe Dezentralität der in Deutschland betriebenen Biodieselanlagen. Zudem kann Biodiesel eine große Menge Wasser aufnehmen, was zu Korrosionsproblemen an der Einspritzausrüstung führen kann.
- Biogas kann für stationäre Motoren und zu Heizzwecken in der Nähe der Erzeugeranlagen eingesetzt werden, aber auch Erdgasfahrzeuge können damit betankt werden.
- BtL-Kraftstoff (Biomass to Liquid) wird auch unter dem Markennamen *SunDiesel* vertrieben. Er wird aus Biomasse, wie z. B. Holz oder Stroh gewonnen. BtL befindet sich noch in der Erprobungsphase und hat noch einen großen Forschungsbedarf. Bei ihm können alle Bestandteile der Pflanze genutzt werden und er besitzt eine hohe Energiedichte. Auch konventionelle Dieselfahrzeuge können damit fahren. Eine Gesamtenergiebilanz der BTL-Prozesse liegt derzeit noch nicht vor.
- Reine Pflanzenöle z. B. aus Raps, Sonnenblume oder Leindotter, auch „Pöl“ oder Naturdiesel genannt, können als Kraftstoff in Dieselmotoren eingesetzt werden. Insbesondere die höhere Viskosität gegenüber Dieselkraftstoff führt dazu, dass zum dauerhaften Betrieb von Dieselmotoren mit Pflanzenöl eine Anpassung des Kraftstoff- und Einspritzsystems notwendig wird. Die Vorteile von Pflanzenöl sind neben der CO_2-Neutralität die Möglichkeit der dezentralen Herstellung, die hohe Energiedichte und das geringe Gefahrenpotential für Mensch und Umwelt (nicht wassergefährdend, kein Gefahrgut, ungiftig, hoher Flammpunkt).
- Wasserstoff kann aus Strom mittels Elektrolyse gewonnen werden. Kostengünstiger ist allerdings die Gewinnung durch direkte chemische Umwandlung von Erdgas (Steam-Reforming), wobei CO_2 entsteht. Wasserstoff lässt sich mit Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen nutzen.
- Holzgas war in den 1940er Jahren eine verbreitete Alternative unter dem Druck von akutem Kraftstoffmangel. In Finnland sind Fahrzeuge mit selbstgefertigten Holzvergasern auch heute noch anzutreffen. Bei dem Verfahren verschwelt normales Holz, oft Holzabfälle, unter Luftabschluss in einem Druckkessel oder zersetzt sich unter Luftmangelverbrennung. Die entstehenden brennbaren Gase (überwiegend Methan bei Luftabschluss, überwiegend Kohlenstoffmonoxid, Wasserstoff und Methan bei Luftmangelzersetzung) werden nach Kühlung und Reinigung einem Motor zugeführt. Stationäre Holzgasanlagen werden zu Heizzwecken und in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen eingesetzt.

Kraftstoffpreisentwicklung

Zu Benzinpreisen siehe auch: Motorenbenzin, Abschnitt Preise

Kraftstoffpreise weltweit (Auswahl) in Euro 2006:

Land	1 l Super (98) in Euro	1 l Diesel in Euro	1 kg CNG-Erdgas in Euro
Argentinien	1,44	1,12	0,53
Bolivien	0,50	0,38	0,17
Brasilien	0,92	0,61	0,37
Chile	0,54	0,33	0,21
Deutschland	1,40	1,40	0,89
Frankreich	1,21	1,03	k.A.
Italien	1,30	1,14	0,80
Kanada	0,38	0,29	0,19
Kolumbien	0,50	0,25	0,21
Mexiko	0,46	0,33	0,19
Niederlande	1,42	1,03	k.A.
Österreich	1,11	0,94	0,89
Portugal	1,28	1,00	k.A.
Spanien	1,06	0,90	k.A.
USA	0,57	0,58	0,43
Venezuela	0,09	0,05	0,002

1 kg Erdgas entspricht ca. 1,5 Liter Super, ca. 1,3 Liter Diesel

Quelle: www.iru.org (Datenstand: März 2007), www.ngvgroup.com (CNG-Preise, Datenstand Dezember 2006), Umrechnungskurs US-Dollar in Euro am 8. März 2007

Siehe auch

- Brennstoff
- Entwicklung der Ottokraftstoffe
- Verbrennungsluftverhältnis
- Kraftstofftank
- Kraftstoffverbrauch
- Pflanzenöl-Kraftstoff
- Nutzpflanze
- Stöchiometrisches Kraftstoffverhältnis
- Treibstoff (Schiff)
- Biokraftstoff
- Raketentreibstoff
- Luftfahrtbetriebsstoff

Literatur

Sven Geitmann: Alternative Kraftstoffe – Womit fahre ich am besten? Hydrogeit Verlag, Oberkrämer, Oktober 2008, ISBN 9783937863122

Weblinks

- Alternative Kraftstoffe [3] Auflistung der Vor- & Nachteile von erneuerbaren Energien
- http://www.kraftstoffweb.de Eine Graphik, die die Kosten für Normal- / Superbenzin, Diesel und Autogas gegenüberstellt
- Sparsam und nachhaltig mit Kraftstoff umgehen [4]
- International Fuel Prices 2007 [5] Informationen zu Benzin- und Dieselpreisen in mehr als 170 Ländern sowie zu Prinzipien der Kraftstoffbesteuerung
- Mehr zum Thema alternative Kraftstoffe [6] Auflistung der Vor- & Nachteile von erneuerbaren Energien

Referenzen

[1] Eintrag zu *Benzol* (http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=id&id=biadb:r:010060&t=main-h.htm) in der GESTIS-Stoffdatenbank des IFA, abgerufen am 13. April 2008 (JavaScript erforderlich)
[2] EE-Saarland „Vornorm DIN 51605 – Rapsölkraftstoff“ (http://www.erneuerbareenergien.saarland.de/medien/inhalt/Vornorm_Pflanzenoel.pdf)
[3] http://www.alternative-kraftstoffe.com/
[4] http://www.spritbremse.de/spritsparen.html
[5] http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/transport/10285.htm
[6] http://alternative-kraftstoffe.com

Krambe

Krambe

Krambe (*Crambe abyssinica*)
Systematik
Klasse: Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige (Rosopsida) *Unterklasse:* Rosenähnliche (Rosidae) *Ordnung:* Kreuzblütlerartige (Brassicales) *Familie:* Kreuzblütengewächse (Brassicaceae) *Gattung:* Meerkohl (*Crambe*) *Art:* Krambe
Wissenschaftlicher Name
Crambe abyssinica
Hochst. ex R.E.Fr.

Die **Krambe**, **Ölkrambe**, **Crambe** oder **Abessinischer Meerkohl** (*Crambe abyssinica*, nach Revision auch *C. hispanica* subsp. *abyssinica*[1]) ist eine Pflanze aus der Familie der Kreuzblütler (Brassicaceae). Sie wird dort in die Gattung Meerkohl (*Crambe*) eingeordnet. Es handelt sich um eine Ölpflanze, deren Öl als nachwachsender Rohstoff zur Herstellung von Schaumbremsern, technischen Ölen und Wachsen sowie in Waschmitteln eingesetzt wird. Ihre Bedeutung als Wirtschaftspflanze ist im Vergleich zu anderen Ölpflanzen wie dem Raps (*Brassica napus* subsp. *oleifera*) nur gering.

Beschreibung

Vegetative Merkmale

Die Krambe ist eine 60 bis über 150 cm hohe einjährige Pflanze. Ihre Wuchshöhe ist stark von den Standortbedingungen abhängig. An besonders trockenen Standorten erreichen die Pflanzen nur Höhen zwischen 40 und 60 cm. Der Stängel ist im unteren Bereich dicht mit 0,25 bis 1,5 Millimeter langen Haaren besetzt und wird im oberen Bereich zunehmend kahler. Die Pflanze verzweigt sich vom Boden ausgehend, wobei der Verzweigungsgrad mehr oder weniger stark sein kann. Die bodennahen Laubblätter sind 2 bis 5,5 Zentimeter lang, rundoval bis herzförmig geformt mit unregelmäßigem Rand und langem Stiel, der endständige Lappen ist eiförmig und stumpf. Weiter oben liegende Blätter sind dagegen klein und lanzettlich.

Die tief in den Boden ragende Pfahlwurzel stellt eine Anpassung an ihren ursprünglichen, trockenen Lebensraum dar. Sie ist stark verzweigt und dringt in tiefe Bodenschichten ein, aus denen sie Wasser und Nährstoffe aufnehmen kann. Bodenverdichtungen und Steine werden dabei durch Verkrümmungen und Verzweigungen umwachsen.

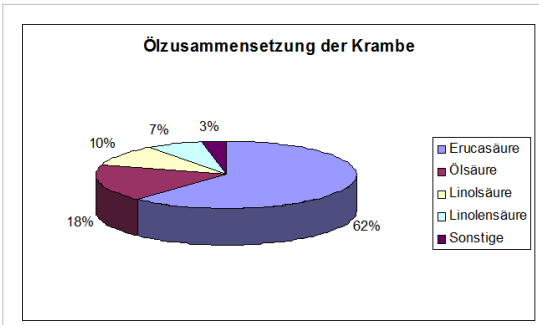
Blüten

Die kleinen weißen Blüten sind zwittrig und bilden eine lockere Blütentraube. Die Kelchblätter sind rund 2 Millimeter, die Kronblätter 2,5 bis 3,5 Millimeter lang. Die Staubblätter sind 2 bis 3,5 Millimeter, die Staubbeutel etwa 0,75 Millimeter lang.

Es handelt sich dabei um für die Kreuzblütler typische vierzähligen Kreuzblüten mit vier Blütenblättern sowie vier großen und zwei kleinen Staubgefäßen. Die Nektarien sind honiggefüllt und dadurch attraktiv für Bienen und Hummeln, die den Großteil der Bestäuber darstellen. Neben dieser Insektenbestäubung kann auch eine Selbstbestäubung (Autogamie) der Blüten erfolgen.

Früchte und Samen

Die zweigliedrigen und sehr kurzen, ovalen bis kugeligen Schoten enthalten im Regelfall nur einen Samen, der graugrün bis gelblich braun gefärbt ist. Die Schoten haben einen Durchmesser von 2 bis 5 Millimeter, sie kommen auf eine Tausendfruchtmasse von 7 bis 14 Gramm. Der kugelförmige Same hat einen Durchmesser von 1,5 bis 3 Millimeter und erreicht eine Tausendkornmasse von 4 bis 12 Gramm. Während der Samenreife verfärbt sich die Pflanze hellbraun und stirbt danach ab.



Ölzusammensetzung der Krambe

Die Samen der Pflanze, sowohl der Wild- als auch der Kulturformen, haben einen durchschnittlichen Ölgehalt von etwa 40 bis 50 Prozent des Trockengewichts, die Früchte nur 30 bis 40 Prozent. Dabei handelt es sich vor allem um die Erucasäure, die einen Anteil von 55 bis 62 Prozent des Öls der Pflanze ausmacht – das ist der höchste Erucasäureanteil aller bekannten Pflanzenöle. Weitere Bestandteile sind die Ölsäure mit 15 bis 18, die Linolsäure mit 8 bis 10 und die Linolensäure mit 6 bis 7 Prozent.[2]

Wie bei anderen Kreuzblütlern liegt auch bei den Krambesamen der Proteingehalt bei etwa 20 bis 25 Prozent des Trockengewichts. Weitere Inhaltsstoffe sind unter anderem Senfölglykoside mit etwa 60 bis 90 µmol/g, wobei etwa 95 Prozent auf das Epi-Progoitrin entfallen. Auch Sinapin, Tannine und Inositolphosphate sind nachgewiesen.[2]

Genetik

Die Krambe besitzt einen sehr großen Chromosomensatz von 2n = 90 Chromosomen und unterscheidet sich darin deutlich von anderen Arten der Gattung. Die potenzielle Schwesterart, der Spanische Meerkohl (*C. hispanica*), besitzt im Vergleich hierzu einen Chromosomensatz von nur 2n = 60 Chromosomen. Beide Arten sind untereinander kreuzbar und wurden zur Züchtung mehrerer Sorten hybridisiert.

Entwicklung

Die Krambe ist eine einjährige Pflanze, die unter mitteleuropäischen Klimabedingungen eine Vegetationsdauer von 90 bis 110 Tagen besitzt. Diese beginnt mit einer Aufgangsphase, die temperaturbedingt zwischen weniger als 10 Tage bei Temperaturen über 11 °C und etwa 15 Tage bei Temperaturen unter 8 °C dauern kann. Bis zum Blühbeginn vergehen 50 bis 60 Tage, während der die vegetativen Pflanzenteile wie der Stängel und die Blätter auswachsen. Daran schließt sich eine Blühphase von 25 bis 30 Tagen und die Samenreife mit 15 bis 30 Tagen an.[3]

Die Aufgangsverluste können zwischen 50 Prozent bei Tagestemperaturen von etwa 8 °C während der Aufgangsphase und 10 Prozent bei höheren Temperaturen um 15 °C liegen. Nach dem Aufgang liegt die Verlustspanne zwischen 14 und 33 Prozent.[3] Die Entwicklung ist zudem von der Wasserversorgung abhängig, wobei der Bedarf vor allem in der frühen generativen Entwicklungsphase und später nochmals während der Samenreifung sehr hoch ist.[4]

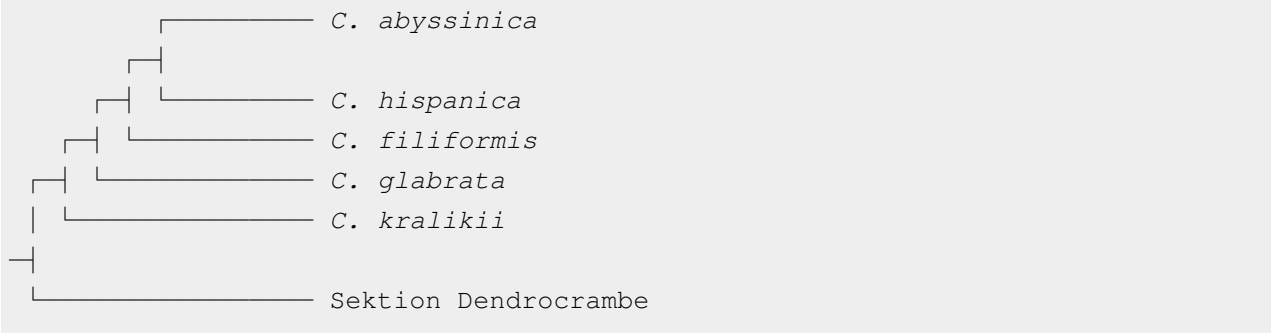
Ursprüngliche Vorkommen

Angaben über das ursprüngliche Verbreitungsgebiet der Krambe sind vor allem aufgrund der bislang nicht vollständig geklärten taxonomischen Situation widersprüchlich. So reichen die Angaben von der Darstellung als endemische Pflanze in Äthiopien[5] bis zu der verbreiteten Ansicht, dass das ursprüngliche Verbreitungsgebiet sich in den Steppengebieten im Hochland von Abessinien in Äthiopien sowie in Ruanda befindet und sich die Pflanze von dort ausgehend über Ostafrika an die afrikanische und kleinasiatische Mittelmeerküste bis in die Türkei ausgebreitet hat.[2]

Systematik

Die Erstbeschreibung der Krambe erfolgte durch Robert Elias Fries bei der botanischen Auswertung der Ergebnisse der Schwedischen Rhodesien-Kongo-Expedition, die von 1911 bis 1912 unter der Leitung von Eric Graf von Rosen stattfand. Die Veröffentlichung erfolgte 1916 in Stockholm als 1. Band der Schrift *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Rhodesia-Kongo-Expedition 1911–1912,* in dem Fries unter dem Untertitel *Botanische Untersuchungen* neben der Krambe eine Reihe von weiteren neuen Arten erstmals beschrieb.

Die Krambe stellt eine Art der Gattung Meerkohl (*Crambe*) dar. Innerhalb der Gattung *Crambe* wird sie auf der Basis von molekulargenetischen Merkmalen in die Sektion *Leptocrambe* eingeordnet und ist dort die Schwesterart des Spanischen Meerkohls (*C. hispanica*). Weitere Arten der Sektion sind *C. filiformis*, *C. glabrata* und *C. kralikii*, der gesamten Sektion steht die Sektion Dendrocrambe mit drei Arten als Schwestergruppe gegenüber.[6]



Im Jahr 2000 wurde eine alternative Systematik der Sektion *Leptocrambe* vorgestellt. Dabei wurde die Krambe als Unterart *C. hispanica* subsp. *abyssinica* des Spanischen Meerkohls mit den beiden Varietäten *abyssinica* und *meyeri* angesehen.[1] Obwohl diese Revision in verschiedenen Florendarstellungen und Datenbanken als valide akzeptiert wird, konnte sie sich in der Literatur zu der Pflanze bislang nicht etablieren. Vor allem in Schriften über die Nutzung und Verwendung der Krambe wird bis heute der etablierte Name verwendet. Bestätigung fand die Darstellung durch eine Untersuchung aus dem Jahr 2003 auf der Basis eines breiten Datensets aus morphologischen und genetischen Daten, bei dem der Artenkomplex aus *C. abyssinica*, *C. hispanica* und *C. glabrata* untersucht wurde. Demnach wird *C. glabrata* eindeutig von den beiden anderen Arten abgegrenzt, während die Krambe innerhalb der Merkmalsvariabilität des Spanischen Meerkohls liegt.[5]

Nutzung

Anbau- und Züchtungsgeschichte



Krambe (*Crambe abyssinica*)

Die Krambe ist als Nutzpflanze sehr jung und wurde erstmals 1932 in der Sowjetunion kultiviert.[7] In der Folge vergrößerte sich das Anbaugebiet vor allem in Osteuropa, wobei es nie nennenswerte Anteile an der Ackerbaufläche hatte. Erst aus den 1950er und 1960er Jahren werden Flächen von 30.000 ha in Sowjetunion und in Polen benannt und in der Deutschen Demokratischen Republik wurde die Krambe auf etwa 4.200 ha als Ölpflanze angebaut. Auch in Nordamerika, in Kanada und den USA, sowie in Venezuela wurde sie zu diesem Zeitpunkt angebaut und gezüchtet. In den USA begann der dokumentierte Anbau 1958.[8]

Die Nutzpflanzen wurden vor allem aus den afrikanischen Wildbeständen selektiert und zur Verbesserung der Kornerträge und zur Anpassung an die eurasischen Klimaverhältnisse gezüchtet. Als erste Kultursorte wurde 1960 die polnische *Borowski* zugelassen, 1968 folgte die amerikanische Sorte *Prophet*. Weitere Züchtungen entstanden durch die Einkreuzung des Spanischen Meerkohls (*C. hispanica*), durch die die Vegetationszeit verkürzt und die Resistenz gegenüber Dürre und Frost erhöht werden sollte. Sie führten zu der 1973 zugelassenen Sorte *Meyer*. 1986 kamen aus Nordamerika die beiden Züchtungen *BelAnn* und *BelEnzian* hinzu.

Die zunehmend günstigeren Eigenschaften der neuen Züchtungen führten in den 1980er und 1990er Jahren zu einem erneuten Interesse für den Anbau als Nachwachsender Rohstoff für die chemische Industrie. Die Pflanze wurde versuchsweise und auf relativ kleinen Anbauflächen in mehreren europäischen Ländern angebaut, darunter vor allem in Deutschland, Italien, den Niederlanden, Frankreich, Schweden und Polen. In Italien entstand durch weitere Züchtungen die Sorte *Mario*, die 1996 zugelassen wurde. Weitere Neuzüchtungen wie *Nebula*, *Galactica*, *Charlotte* und *Carmen* kamen aus den Niederlanden. Vor allem *Carmen* und *Mario* werden bis heute als optimale Sorten für das mitteleuropäische Klima angesehen und für den Anbau in Deutschland empfohlen.[2]

In Deutschland wurden für die Krambe Mitte der 1990er Jahre etwa 100 bis 500 ha genutzt. In anderen europäischen Ländern war der Anteil an der Gesamtnutzungsfläche ebenfalls gering. Im Vereinigten Königreich lagen die Krambeflächen 2003 bei über 3.500 Hektar (2002 und 2004: jeweils gut 1.000 Hektar), bis heute spielt der Vertragsanbau für ein Privatunternehmen dort die Hauptrolle[9] . Öffentlich geförderte Projekte in Deutschland und auf der Ebene der Europäischen Union[10] unterstützten von Mitte der 1990er Jahre bis etwa 2005 die Etablierung als landwirtschaftliche Kultur und ihre industriellen Nutzung. In den USA wurde eine nennenswerte Fläche von über 20.000 ha aufgrund von privaten und staatlichen Initiativen zur vermehrten Nutzung erreicht.

Anbau

Als trockenheitsresistente Pflanze kann die Krambe vor allem an Standorten angebaut werden, die für Pflanzen mit vergleichbarer Nutzung, vor allem Raps, nicht oder nur wenig geeignet sind. So ist ein Anbau auf lehmig-sandigen Böden mit geringer Sorptionsfähigkeit möglich. Dabei stellt sie etwas höhere Bedingungen an die Lufttemperatur als der Raps oder der Leindotter. So liegt das Keimtemperaturminimum bei 8 bis 10 °C und das Optimum bei 15 bis 25 °C. Die Frosttoleranz ist gering, die Toleranzgrenze liegt bei −5 °C.

Als optimale Fruchtfolge wird eine Kombination mit Kartoffeln oder Getreide betrachtet, während ein Wechsel mit Raps oder anderen Kreuzblütlern wie Kohl- oder Rübenarten wegen einseitiger Bodennutzung nicht empfohlen wird. Dabei sollte die Nutzung der Fläche durch Krambe innerhalb der Fruchtfolge maximal 25 Prozent betragen. Eine direkte Krambenutzung nach einer Grünbrache wirkt sich negativ auf die Erträge der Krambe aus, da in dem Fall ein hoher Grad von unerwünschten Wildkräutern zu erwarten ist. Aufgrund der positiven Eigenschaften auf die Bodenfruchtbarkeit stellt die Krambe selbst eine gute Vorfrucht für den nachfolgenden Anbau mit Getreide dar.

Die Ernte erfolgt, wenn die Pflanzen vollreif sind und eine hellgraue Färbung angenommen haben. Nach der Reife können die Früchte ausfallen, sodass ein Zeitfenster von etwa 14 Tagen für die Ernte genutzt werden sollte. Wie der Raps kann auch die Krambe mit Mähdreschern geerntet werden. Angaben zum Ertragsniveau variieren stark je nach Autor und Anbauregion. Für die USA werden Erträge von 0,17 bis 2,8 Tonnen pro Hektar genannt. Erhebungen aus vier deutschen Bundesländern ergeben für 1996–1999 im großflächigen Anbau Erträge zwischen 0,6 und 2,4 Tonnen pro Hektar. Deutlich höher liegen die Erträge in zeitgleich durchgeführten Parzellenversuchen, in denen bis zu 4 Tonnen pro Hektar erzielt wurden.[11]

Verwendung

Die Krambe wird als Ölpflanze fast ausschließlich als Rohstoff für die Industrie genutzt, da die Inhaltsstoffe für den Menschen und Nutzvieh ungenießbar bis giftig sind. Bei der Ernte werden die gesamten Früchte gesammelt, wobei der Schalenanteil etwa 20 bis 40 Prozent ausmacht.

Die Erucasäure als Hauptbestandteil der Samen ist leicht toxisch und findet vor allem Verwendung bei der Herstellung von Schaumbremsern in Waschmittel, (Emulgatoren), technischen Ölen und Gleitfetten. Weitere Einsatzgebiete liegen in der Herstellung von Kunstfasern, Alkydharzen und Weichmachern sowie bei der Produktion von pharmazeutischen Erzeugnissen. Als hitzestabiles Öl findet Krambeöl auch Verwendung in der Stahlverarbeitung.[8]

Als Nebenprodukt der Erzeugung von Krambeöl fällt je nach Verarbeitungsverfahren Krambepresskuchen oder Krambeextraktionsschrot an. Als Futtermittel können diese nur sehr eingeschränkt genutzt werden, da vor allem die enthaltenen Glucosinolate sowie weitere Inhaltsstoffe wie Sinapin, Tannine und Inositolphosphate giftig sind und damit einer Verwendung als Nahrungsmittel entgegenwirken (antinutritiv wirksam). Die Höchstwerte zur Beimischung der Krambenebenprodukte in Kraftfutter betragen 15 Prozent, in Schweinemastrationen 5 Prozent.

Grüne Gentechnik

Die Krambe wird als potenzieller Produzent von Wachsestern diskutiert und soll über gentechnische Veränderungen entsprechend für Schmiermittel in der Fahrzeugindustrie optimiert werden.[12] Bei der Auswahl dieser Pflanze steht vor allem die ethische Komponente im Vordergrund: Anders als die meisten anderen Ölpflanzen, wird die Krambe als reine Rohstoffpflanze (Non-Food Crop) angesehen, da ihre Öle nicht für die Nahrungsmittelindustrie nutzbar sind.[13]

Pflanzenschutz

Im Nutzpflanzenschutz spielen vor allem die direkte Schädigung der Pflanzen durch verschiedene Pilze oder tierische Schädlinge (Insekten, Fadenwürmer) sowie die indirekte Beeinträchtigung durch Unkräuter eine zentrale Rolle. Die Krambe wird auf Grund ihrer sehr schnellen Blattentwicklung gegenüber anderen Pflanzen als konkurrenzstark eingeschätzt; ein Herbizideinsatz wird dennoch als notwendig betrachtet. Dabei kommen in den USA und Osteuropa vor allem Trifluralinpräparate als Bodenherbizide sowie Butisan, Lentagran und andere als Spritzmittel zum Einsatz.

Die wichtigsten Krankheitserreger der Krambe sind Pilze wie die *Alternaria*-Schwärze, die durch die Arten *Alternaria brassicicola* und *Alternaria brassiceae* ausgelöst wird, die Weißstängeligkeit, deren Auslöser *Sclerotinia sclerotiorum* ist und den Grauschimmel durch *Botrytis cinerea*. Weitere Schadpilze mit geringerer Bedeutung sind *Verticillium dahliae*, *Plasmodiophora brassicae*, *Puccinia trabutii* und *Peronospora crambes*. Durch verschiedene Fungizide können Befallsreduktionen von 20 bis 30 Prozent erreicht werden.

Insekten und andere tierliche Schädlinge spielen eine untergeordnete Rolle, wobei vor allem Rüsselkäfer, Kohlschotenmücken und Glanzkäfer, die den Raps als Vergleichsart schädigen, kaum nachweisbar sind. In seltenen Fällen wurde ein Befall mit der Kleinen Kohlfliege (*Delia radicum*) beobachtet. In den Wurzeln kann sich das Rübenzystenälchen (*Heterodera schachtii*) einsiedeln.[2]

Ebenso sind Viren im Pflanzenschutz der Krambe von geringer Bedeutung. Sie kann allerdings für verschiedene Viren als Wirtspflanze dienen, darunter vor allem für das durch den Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis*) übertragene Turnip yellow mosaic virus (TYMV),[14] das Beet mild yellowing virus (BMYV)[15] und das Beet western yellows virus (BWYV).[16] Auch für das Rettichmosaikvirus (RaMV, Radish mosaic virus) ist die Krambe empfänglich, wie in experimentellen Infektionstests nachgewiesen wurde.[17]

Belege

Einzelnachweise

Die Informationen dieses Artikels entstammen zum größten Teil den unter Literatur angegebenen Quellen, darüber hinaus werden folgende Quellen zitiert:

[1] Anibal Prina: *A taxonomic revision of* Crambe*, sect.* Leptocrambe *(Brassicaceae)*. Botanical Journal of the Linnean Society 133, 2000

[2] Angaben nach Honermeier 2006

[3] Daten nach M. Klaus: *Untersuchungen zum Anbau von Krambe (*Crambe abyssinica *Hochst. ex R.E. Fries) auf pleistozänen Standorten im Nordosten Deutschlands.* Dissertation an der Universität Rostock, 1998; zitiert nach Honermeier 2006

[4] nach A. Bramm: *Untersuchungen zum Wasser- und Stickstoffbedarf von Krambe (Crambe abyssinica).* In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaft.* 9, 1996; zitiert nach Honermeier 2006

[5] Suzanne I. Warwick, Richard K. Gugel: *Genetic variation in the Crambe abyssinica − C. hispanica − C. glabrata complex.* In: *Genetic Resources and Crop Evolution.* 50, Nr. 3, 2003, S. 291–305 (Abstract (http://www.springerlink.com/content/u76p5qp6413h227g/))

[6] Javier Francisco-Ortega, Javier Fuertes-Aguilar, César Gómez-Campo, Arnoldo Santos-Guerra, Robert K. Jansen: *Internal Transcribed Spacer Sequence Phylogeny of Crambe L. (Brassicaceae): Molecular Data Reveal Two Old World Disjunctions.* In: *Molecular Phylogenetics and Evolution* 11, Nr. 3, 1999, S. 361–380.

[7] H. M. Burkill: *The useful plants of west tropical Africa, Vol 1.* Royal Botanic Gardens, Kew 1985

[8] Stichwort *Crambe* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 62. ISBN 3-527-30114-3.

[9] Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications: Report from the state of the United Kingdom. Update Report, July, 2004. (http://www.ienica.net/reports/ukupdate.pdf) (PDF)
[10] IENICA (http://www.ienica.net)
[11] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Krambe – eine alternative Sommerölfrucht. S. 12–14.
[12] *Grüne Rohstoffe auf dem Vormarsch.* (http://ec.europa.eu/research/research-eu/52/article_5226_de.html#readmoretopic2) In: *research eu, Magazin des Europäischen Forschungsraums (Online)*
[13] Anders S. Carlssen (Hrsg.): *Production of Wax Esters in Crambe.* In: *Output from EPOBIO Project November 2006.* CNAP University of York 2006; ISBN 978-1-872691-03-9 (Volltext (http://www.nova-institut.de/news-images/20061215-04/0611CrambeWaxEstersReport_c.pdf))
[14] Plant Viruses Online: Turnip yellow mosaic tymovirus (http://image.fs.uidaho.edu/vide/descr858.htm)
[15] Plant Viruses Online: Beet mild yellowing virus (http://image.fs.uidaho.edu/vide/descr084.htm)
[16] Plant Viruses Online: Beet western yellows luteovirus (http://image.fs.uidaho.edu/vide/descr089.htm)
[17] J. Horvath, N. Juretic, D. Milicic: *Crambe abyssinica Hochst. ex R.E. Frees as a new host plant for turnip yellow mosaic virus and radish mosaic virus.* Phytopathologische Zeitschrift 78 (1973); Seiten 69–74

Literatur

- B. Honermeier: *Crambe.* In: Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4, Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2006; Seiten 179–184. ISBN 978-3-8001-3203-4
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): *Krambe – eine alternative Sommerölfrucht.* Landwirtschaftsverlag, Münster 2001. ISBN 3-7843-3130-0
- Otto Eugen Schulz: *Cruciferae-Brassiceae. Pars prima. Subtribus I. Brassicinae et II. Raphaninae.* In: A. Engler (Hrsg.): *Das Pflanzenreich*, Heft 70, IV., 105, 1919; S. 243

Weblinks

- Datensatz der Mansfeld's World Database of Agricultural and Horticultural Crops (http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/pls/htmldb_pgrc/f?p=185:46:2516515743432868::NO::module,source,akzanz,rehm,akzname,taxid:mf,botnam,0,,Crambe abyssinica,24223)
- Bioester und Wachsester aus Krambe- und Leindotteröl durch Ver- und Umesterungsreaktionen zum Einsatz im Schmierstoff- und Kosmetikbereich (http://lfamv.de/index.php?/content/view/full/733), Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Gülzow
- Alternative Field Crops Manual (http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html) der University of Wisconsin
- Porträt der Springdale Crop Synergies Ltd. (http://www.ienica.net/crops/crambe.pdf) (PDF; 167 kB)

Kunstharzpressholz

Kunstharzpressholz (KP) ist ein Holzwerkstoff, bei dem dünnes Furnierholz mit Kunstharz, vor allem Phenolharz imprägniert und unter hohen Temperaturen zu Platten oder anderen Halbzeugen verpresst wird. Es gehört damit zu den Schichtstoffen. Kunstharzpressholz wird über die DIN 4076 definiert und nach der DIN 7707 technisch beschrieben.

Geschichte

Kunstharzpressholz entwickelte sich aus dem seit 1915 bekannten Pressholz bzw. Pressvollholz, bei dem unter Druck ein- oder mehrteilige, hochverdichtete Holzblöcke entstanden. Unter dem Handelsnamen *Lignostone* ist dieser Werkstoff bis heute bekannt und gebräuchlich, durch die einseitige Faserrichtung sind die Anwendungen allerdings beschränkt. Durch die Verpressung von Furnieren liessen sich die negativen Werkstoffeigenschaften weitgehend ausschalten.

Aufbau

Das Trägermaterial für das Kunstharzpressholz stellen Furniere der Rotbuche (*Fagus sylvaticus*) dar. Dieses Holz wird durch Phenolharze imprägniert, wobei zwischen einer Auftragsbeharzung-Oberflächenbehandlung (Geleimte Typen) und einer Tränkbeharzung-Imprägnierung (Imprägnierte Typen) unterschieden wird.

Nutzung

Der Werkstoff wird vor allem im Möbelbau und im Innenausbau eingesetzt, weitere Anwendungsbereiche finden sich Fahrzeugbau (bsp. als Bodenbelag für Ladeflächen bei Transportern und LKW, Waggonbau) und Werkzeugbau sowie bei der Herstellung von Industriefußböden. Spezialanwendungen umfassen z.b. einbruchsichere Fenster, schusssichere Holzkonstruktionen sowie Anwendungen im Modell- und Maschinenbau.

Literatur

- Wilbrand Woebcken, Wilhelm Adam, Dietrich Braun: *Duroplaste.* Kunststoff-Handbuch Bd. 10, Hanser Verlag 1988. (Leseprobe bei google booksearch [1])

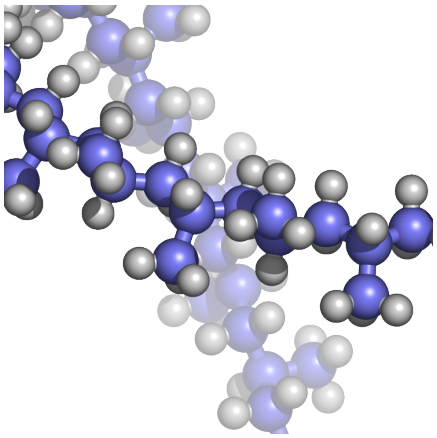
Weblinks

- Kunstharzpressholz bei musterkiste.de: [2], [3]

Referenzen

[1] http://books.google.de/books?id=sIlSaaJmrv0C&pg=PA481#v=onepage&q=&f=false
[2] http://www.musterkiste.de/de/holz/pro/6301_Kunstharzpressholz.html
[3] http://www.musterkiste.de/de/holz/pro/6302_Kunstharzpressholz.html

Kunststoff



Stäbchenmodell des Polypropylens, Kohlenstoff blau – Wasserstoff grau

Als **Kunststoff** (organisches Polymer) (umgangssprachlich und in den meisten anderen Sprachen: Plastik) bezeichnet man einen Festkörper, dessen Grundbestandteil synthetisch oder halbsynthetisch aus monomeren organischen Molekülen hergestellt wird.

Kunststoffe können sowohl aus linearen Ketten wie aus verzweigten und vernetzten Ketten bestehen. Die Kettenlänge der einzelnen polymeren Moleküle variiert zwischen einigen tausend Molekülеinheiten bis über eine Million monomeren organischen Molekülеinheiten. Chemiefasern, Kunstharze in Lack- und Klebstoffen sind auch synthetische Polymere aus monomeren organischen Molekülen. In der Wirtschaftsstatistik sind diese Produktgruppen jedoch getrennt ausgewiesen. Ein Werkstück aus Kunststoff besteht aus Millionen sehr langer, ineinander verschlungener Molekülketten *(Polymeren)*, die aus sich stets wiederholenden Grundeinheiten *(Monomeren)* zusammengesetzt sind. Beispielsweise besteht der Kunststoff Polypropylen aus sich vielfach wiederholenden Propyleneinheiten (siehe Bild rechts).

Ein herausragendes Merkmal von Kunststoffen ist, dass sich ihre technischen Eigenschaften, wie Formbarkeit, Härte, Elastizität, Bruchfestigkeit, Temperatur-, Wärmeformbeständigkeit und chemische Beständigkeit, durch die Wahl von Ausgangsmaterial, Herstellungsverfahren und Beimischung von Additiven in weiten Grenzen variieren lassen. Kunststoffe werden zu Formteilen, Halbzeugen, Fasern oder Folien weiterverarbeitet. Sie dienen als Verpackungsmaterialien, Textilfasern, Wärmeisolierung, Rohre, Bodenbeläge, Bestandteile von Lacken, Klebstoffen und Kosmetika, in der Elektrotechnik als Material für Isolierungen, Leiterplatten, Gehäuse, im Fahrzeugbau als Material für Reifen, Polsterungen, Armaturenbretter, Benzintanks und vieles mehr.

Synthetische Kunststoffe werden durch Polymerisation (Polyaddition, Polykondensation usw.) aus Monomeren oder Prepolymeren (z. B. Polyurethan) erzeugt. Rohstoff ist meist gecracktes Naphtha. Halbsynthetische Kunststoffe entstehen durch die Modifikation natürlicher Polymere (z. B. Zellulose zu Zelluloid) während andere biobasierte Kunststoffe wie Polymilchsäure oder Polyhydroxybuttersäure durch die Fermentation von Zucker oder Stärke hergestellt werden.



Zelluloid – hier ein verwitterter Filmstreifen – gilt als das erste Thermoplast

Entwicklungsgeschichte der Kunststoffe

Vorstufe



„Natürlicher Kunststoff“ Bernstein

Biopolymere und natürlich vorkommende Polymere werden von Menschen schon seit Urzeiten verwendet. Holz dient dem Menschen zunächst als Werkzeug (siehe z. B. Wurfholz) und dann als Baumaterial. Der Zellverband Tierhaut oder Fell wurde durch Gerben polymerisiert, damit vor dem raschen Verwesen geschützt und so zu haltbarem Leder. Aus Wolle, abgeschnittenen Tierhaaren, stellte man durch Verspinnen und Weben oder durch Filzen Bekleidung und Decken her.

Birken lieferten den ersten Kunststoff der Menschheitsgeschichte, das aus Birkenrinde durch Trockendestillation gewonnene Birkenpech, das sowohl Neandertalern als auch dem steinzeitlichen Homo sapiens als Klebstoff bei der Herstellung von Werkzeugen diente.

In Arabien wurden Wasserbecken und Kanäle mit natürlichem Asphalt abgedichtet. Ebenso wurden dort bestimmte Baumharze als Gummi Arabicum eingesetzt und nach Europa exportiert. Aus Osteuropa ist Bernstein als fossiles Harz für die Verwendung bei Pfeilspitzen und Schmuckgegenständen bekannt. Im Mittelalter wurde Tierhorn durch bestimmte Verfahrensschritte in einen plastisch verformbaren Stoff verwandelt. Bereits um 1530 wurde im Hause der Fugger nach einem Rezept des bayerischen Benediktinermönches Wolfgang Seidel[1] durchsichtiges Kunsthorn

aus Ziegenkäse gefertigt und vertrieben.

Entwicklung einer Kunststoffindustrie

Im 17. und 18. Jahrhundert brachten Naturforscher aus Malaysia und Brasilien aus milchigen Baumsäftengewonnene elastische Massen (Kautschuk) mit. Für diese wurde in Deutschland der Begriff *Gummi* eingeführt. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich eine rasch wachsende Gummi-Industrie. Der Erfinder Charles Goodyear stellte 1839 fest, dass sich Kautschuk bei Hitzeeinwirkung durch Zusatz von Schwefel in Gummi umwandelt.[2]

Dieser Prozess wird Vulkanisation genannt. Er fertigte aus dem neuen Material zunächst Gummihandschuhe. Um 1850 entdeckte er außerdem Hartgummi, ein durch Erhitzen in Gegenwart von Schwefel erhärteter Naturkautschuk, welcher anfangs als Ebonit vermarktet wurde. Daraus wurden zum Beispiel Schmuckstücke, Füllfederhalter, Klaviertasten, Tabakpfeifen und Teile von Telefonen hergestellt. Dieser erste Duroplast startete die Entwicklung der Kunststoffe als Werkstoff im Umfeld des Menschen.

Die Entwicklung des Celluloids ist mehreren Chemikern zu verdanken. Christian Friedrich Schönbein entwickelte 1846 die Schießbaumwolle, in dem er Baumwolle mit Salpetersäure versetzte.[2] Der Engländer Maynard löste Schießbaumwolle in einem Ethanol/Ethergemisch und erhielt nach Verdampfung elastische Häutchchen (Collodium). Der Engländer Cuttin verknetete das Collodium mit alkoholischer Campherlösung zu Celluloid. Im Jahre 1869 nutzte John Wesley Hyatt das Celluloid als Kunststoff und entwickelte drei Jahre später die erste Spritzgussmaschine. Später wurde in England Cellulosenitrat zur Imprägnierung von Textilien und in den USA Schellack entwickelt.

Im Jahr 1844 wurde das Linoleum von Frederic Walton erfunden. Es wurde aus Leinöl, Sikkativen, Harzen durch Lufteinblasung gewonnen. Anwendungsbereiche waren Fußbodenbeläge, Wandbekleidungen, Tischflächen.

M. Fremery und J. Urban lösten mit einer ammoniakalischen Kupferhydroxidlösung Cellulose auf. Mit dieser Lösung (Cupro) konnten leicht Kupfer-Reyon-Fäden als erste Viskosefaser hergestellt werden.

Adolf von Baeyer beschrieb 1872 die Polykondensation von Phenol und Formaldehyd. Der belgische Chemiker Leo Hendrik Baekeland untersuchte die Wirkung von Säure und Alkali bei dieser Reaktion und entwickelte ein Verfahren (1907; seit 1909 technische Produktion) zur Herstellung und Weiterverarbeitung eines Phenolharzes. Dieser von ihm Bakelite getaufte Kunststoff war der erste in großen Mengen industriell hergestellte, synthetische Duroplast. Durch die guten elektrischen Eigenschaften wurde er unter anderem in der aufstrebenden Elektroindustrie eingesetzt.

Krischa und Spittler entwickelten 1885 das Galalith (Kunsthorn). Der Kunststoff ähnelt stark dem tierischen Horn oder Elfenbein. Das Kunsthorn wird aus Casein und Formaldehydlösung hergestellt. Man fertigte daraus zum Beispiel Knöpfe, Anstecknadeln, Gehäuse für Radios, Zigarettendosen, Spielzeuge, Griffe für Regenschirme und vieles mehr in den verschiedensten Farben.

Im Jahr 1909 meldete der deutsche Chemiker Fritz Hofmann ein Patent auf den synthetischen Kautschuk Buna an. Die ersten vollsynthetischen Reifen aus Isoprenkautschuk wurden 1912 hergestellt.[2] Der Berliner Apotheker E. Simon beschrieb im Jahr 1893 das Polystyrol. Das Styrol verwandelte sich in eine gallertartige Masse. Im Jahr 1909 untersuchte H. Stobbe die Polymerisationsreaktion von Styrol detailliert. Erst zwanzig Jahre später wurde die Entdeckung genutzt. Victor Regnault entdeckte das Vinylchlorid, aus dem sich Polyvinylchlorid herstellen ließ. Im Jahr 1835 synthetisierte Victor Regnault das Vinylchlorid. Die erste Patentierung des Kunststoffes Polyvinylchlorid (PVC) aus Vinylchlorid und die von Polymeren aus Vinylacetat geht auf Fritz Klatte im Jahr 1912 zurück.[3] Erst 1950 wurde dies Verfahren durch Verbessungen von DOW abgelöst.

Schon 1901 befasste sich Otto Röhm mit der Herstellung von Acrylsäure und Acrylsäureestern. Erst im Jahr 1928 fand Otto Röhm die für die Polymersiation besser geeigneten Methacrysäuremethylester, das Patent für Polymethylmethacrylat (PMMA, Handelsname „Plexiglas“) startete eine Ära.

Bis Ende des 19. Jahrhunderts war wenig über die genauen Strukturen polymerer Materialien bekannt. Man wusste lediglich aus Dampfdruck- und Osmosemessungen, dass es sich um sehr große Moleküle mit hoher Molmasse handeln müsste. Fälschlicherweise war man jedoch der Meinung, dass es sich um kolloidale Strukturen handelte.

Als Vater der Polymerchemie gilt der deutsche Chemiker Hermann Staudinger. Bereits 1917 äußerte er vor der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft, dass „hochmolekulare Verbindungen“ aus kovalent gebundenen, langkettigen Molekülen bestehen. 1920 veröffentlichte er in den *Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft* einen Artikel, der als Begründung der modernen Polymerwissenschaften gilt. [4] Vor allem in den Jahren von 1924 bis 1928 folgten weitere wichtige Theorien über den Aufbau von Kunststoffen, welche die Grundlage für das heutige Verständnis dieser Werkstoffklasse bilden. [5] [6] [7] Für diese Arbeiten erhielt Staudinger 1953 den Nobelpreis.

Die Arbeiten Staudingers ermöglichten der Chemie nun auf der Basis gesicherter naturwissenschaftlicher Grundlagen eine rasante Entwicklung auf dem Gebiet der Polymerchemie.



Volksempfänger mit Bakelit-Gehäuse

Der Münchner Chemiker Dr. Ernst Richard Escales gab 1910 der Werkstoffgruppe den Namen „Kunststoffe“. Die von ihm gegründete gleichnamige Zeitschrift erschien erstmals 1911.

Bei der ICI in Großbritannien wurde unter hohem Druck (200 bar) und bei hohen Temperaturen im Jahre 1933 erstmals Polyethylen hergestellt. Erst 20 Jahre später entwickelte Karl Ziegler ein Verfahren, dass mit Katalysatoren aus Aluminiumalkylen und Titantetrachlorid die Polymerisation von Ethen zu Polyethylen schon bei Raumtemperatur erlaubt.[8] [9] [10] Das Niederdruck-Polyethylen erwies sich als wärmestabiler und mechanisch belastbarer. Kurz darauf fanden Ziegler und Giulio Natta[11] einen Katalysator zur Polymerisation von Propen zu Polypropylen. 1955 - 1957 liefen die großtechnischen Synthesen von Polyethylen und Polypropylen an. [2] , Heute sind die so hergestellten Polyethylene (PE) und Polypropylen (PP) neben Polystyrol (PS) die am häufigsten als Verpackungsmaterialien von Lebensmitteln, Shampoos, Kosmetika etc. verwendeten Kunststoffe. Ziegler und Natta erhielten im Jahre 1963 für ihre Arbeiten den Nobelpreis für Chemie.

Kunststoffe aus Polyestern wurden schon sehr zeitig angedacht (Berzelius, 1847). 1901 gab es Glyptalharze (aus Glycerin und Phthalsäure). Fritz Hofmann, Wallace Hume Carothers, Paul Schlack suchten erfolglos nach synthetische Fasern auf Basis von Polyestern. Erst den Engländern Whinfield und Dickson gelang bei Calico Printers im Jahre 1941 die Herstellung von brauchbaren Polyesterfasern (Polyethylenterephthalat, PET). Wichtige Polyesterfasern wurden Dacron (Du Pont), Terylen (ICI), Trevira (Hoechst). [2]

In Ludwigshafen begann 1934 die Herstellung von Epoxidharzen nach einem Verfahren von Paul Schlack. 1935 wurde gleichzeitig von Henkel (Mainkur) und Ciba (Schweiz) die Entwicklung von Melamin-Formaldehydharz beschrieben.

Im Jahr 1931 meldete der US-Chemiker Wallace Hume Carothers bei Du Pont ein Patent für ein Polyamid aus Hexamethylendiamin und Adipinsäure an. Erst sieben Jahre später war die neue Kunstfaser Nylon (1938) verkaufsfähig. Carothers erlebte den Triumph seiner Entdeckung nicht mehr. Das von Paul Schlack 1937 hergestellte Polyamid 6 auf Basis von Caprolactam wurde Perlon getauft. Die großtechnische Herstellung begann 1939 bei den IG-Farben. Das Herstellungsverfahren von Perlon in Deutschland war preiswerter als die Nylonproduktion in den USA. [2]

Etwa zeitgleich begannen die Buna-Werke der I.G. Farben mit der Fertigung von Buna S und Buna N als synthetischem Gummi-Ersatz. 1939 entwickelte Otto Bayer das Polyurethan in Leverkusen.

Bei DuPont wurde 1938 der Kunststoff Polytetrafluorethylen (Teflon) von R. J. Plunkett entwickelt. Das Produkt zeigte hohe Temperaturbeständigkeit und eine hohe chemische Beständigkeit. Die Verarbeitung stieß jedoch auf

Probleme. Erst 1946 ging Teflon in die Großproduktion. [2]

Silikone hatte im Jahr 1901 bereits Frederic Stanley Kipping aus Silanonen hergestellt. Erst durch die Synthese von Organosiliciumhalogeniden mit Alkylhalogeniden gelang es 1944 in den USA und Deutschland Silikone günstig herzustellen (Eugene G. Rochow, Richard Müller)[2]

Seit Anfang der dreißiger Jahre des letzten Jahrhunderts war die Polymersation von Acrylnitril bekannt. Es war als Kunststoff jedoch so nicht brauchbar. Der Chemiker Rein konnte Polyacrylnitril in Dimethylformamid lösen und so für die Kunststoffproduktion brauchbar machen. 1942 wurde bei den IG-Farben ein Polymerisationsverfahren zu Polyacrylnitril entwickelt. 1942 entdeckte Harry Coover (USA) bei Eastman Kodak den „Sekundenkleber“ Methylcyanoacrylat.

Vor allem nach 1950 nahm aufgrund der zahlreichen Erfolge auf dem Gebiet der Polymerchemie die Produktion von Kunststoffen enorm zu. Durch die Entwicklung der Thermoplaste und insbesondere von entsprechenden Verarbeitungsverfahren konnten Formteile jetzt auf unschlagbar billige Weise hergestellt werden. Kunststoff wurde von einem Ersatzstoff mit besonderer Bedeutung zu einem Werkstoff für die industrielle Massenfertigung. In der Folge ging der Anteil der Duroplaste stetig zurück und lag im Jahre 2000 nur noch bei 15 %. Der Pro-Kopf-Verbrauch an Kunststoffen lag im Jahr 2000 bei 92 kg in Westeuropa, 13 kg in Osteuropa, 130 kg in Nordamerika, 19 kg in Lateinamerika, 86 kg in Japan, 13 kg in Südostasien und 8 kg im Mittleren Osten/Afrika.

Die Kunststoffindustrie ist bis heute eine Wachstumsbranche, wobei die Herstellungskapazitäten in Asien voraussichtlich zwischen 2006 und 2008 die führenden und etwa gleichstarken Regionen Europa und Nord-/Südamerika überholen werden.

Einteilung

Kunststoffe lassen sich in vier Hauptgruppen aufteilen:

Thermoplaste



Kunststofftüten, ein typisches Produkt aus Polypropylen oder Polyethylen

Thermoplaste sind Kunststoffe, die aus langen linearen Molekülen bestehen. Durch Energiezufuhr werden diese Materialien beliebig oft weich und formbar bis plastisch und schmelzen schließlich. Sie können durch verschiedene Ur- und Umformverfahren in die gewünschte Form gebracht werden. Nachdem das jeweilige Teil abgekühlt ist, behält es seine Form bei. Dieser Prozess ist somit reversibel (lat. umkehrbar). Ursache für dieses Verhalten sind fadenförmige, lineare Makromoleküle.

Die meisten der heute verwendeten Kunststoffe fallen unter diese Gruppe (Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Polyester). Für einfache Konsumwaren, Verpackungen etc. werden sie ebenso häufig eingesetzt, wie für technische Teile in der Automobil- und Elektroindustrie oder in der Bauindustrie, insbesondere für Dachbahnen, Fensterprofile und Rohre.

Um neue, bisher noch nicht vorhandene Eigenschaften zu erzeugen, können auch zwei oder mehrere Thermoplaste vermischt werden (Polyblend).

Duroplaste

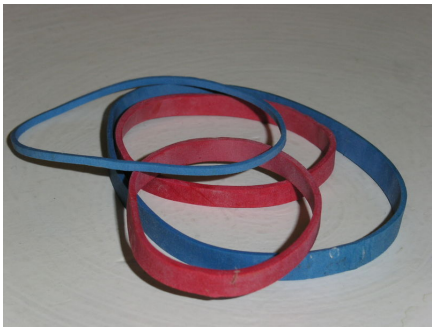


Tretboote haben typischerweise einen Duroplast-Rumpf

Duroplaste sind Polymere, die in einem Härtungsprozess aus einer Schmelze oder Lösung der Komponenten durch eine Vernetzungsreaktion hervorgehen. Diese irreversible Reaktion wird meist durch Erhitzen bewirkt (daher auch der englische Fachterminus *thermosets*), kann aber auch durch Oxidationsmittel, energiereiche Strahlung oder Einsatz von Katalysatoren initiiert bzw. beschleunigt werden. Eine Erwärmung von Duroplasten führt nicht zu einer plastischen Verformbarkeit, sondern lediglich zu deren Zersetzung. Ausgehärtete Duroplaste sind meist hart und spröde sowie im weitergehenden Fertigungsprozess nur noch mechanisch bearbeitbar. Ursache für dieses Verhalten sind die raumvernetzten Makromoleküle.

Wegen ihrer mechanischen und chemischen Beständigkeit auch bei erhöhten Temperaturen werden sie häufig für Elektroinstallationen verwendet. Einer der verbreitetsten und ältesten Kunststoffe dieser Klasse ist Bakelit. In diese Gruppe fallen auch Polyester (PES), Polyurethanharze für Lacke und Oberflächenbeschichtungen und praktisch alle Kunstharze wie beispielsweise Epoxide.

Elastomere



Elastisches Gummiband

Durch Druck oder Dehnung können Elastomere ihre Form kurzzeitig verändern, nach Beendigung von Druck oder Dehnung nimmt das Elastomer schnell wieder seine ursprüngliche Form an.

Zu den Elastomeren gehören alle Arten von vernetztem Kautschuk. Die Vernetzung erfolgt beispielsweise durch Vulkanisation mit Schwefel, mittels Peroxiden, Metalloxiden oder Bestrahlung.

Die Elastomere sind weitmaschig vernetzt und daher flexibel. Sie werden beim Erwärmen nicht weich und sind in den meisten Lösemitteln nicht löslich. Daher werden sie für Hygieneartikel oder Chemikalienhandschuhe verwendet. Die Gummimischung von Autoreifen ist ebenfalls ein Elastomer, das seine Eigenschaften durch Vulkanisation erhält.

Beispiele für Elastomere sind Naturkautschuk (NR), Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR), Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR), Chloropren-Kautschuk (CR), Butadien-Kautschuk (BR) und Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM).

Thermoplastische Elastomere

Thermoplastische Elastomere (*TPE* oder auch *Elastoplaste*) sind Elastomere, die sich bei Raumtemperatur wie klassische Vertreter verhalten, jedoch beim Erhitzen verformbar werden. Meist sind dies Copolymere, die aus einer „weichen“ Elastomer- und einer „harten“ thermoplastischen Komponente bestehen. Die Eigenschaften der Elastoplaste liegen zwischen denen von Duroplasten und Thermoplasten.[12] Beispiele sind ab 1965 von Shell entwickelte Blockcopolymere aus Styrol und Polyolefinen.

Ein großer Vorteil dieser elastischen Kunststoffe ist die Möglichkeit, diese Schweißen zu können um damit wasserfeste Verbindungen zu erzeugen.[13]

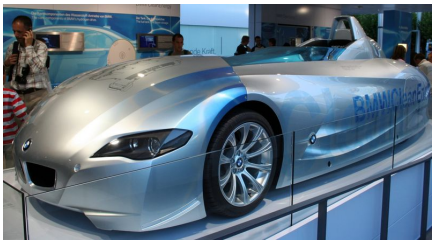
Internationales Kurzzeichensystem

Einzelne Kunststoffe werden nach einem weltweit standardisierten Kurzzeichen-System bezeichnet, welches für Deutschland in der DIN EN ISO 1043 Teil 1 und DIN ISO 1629 (Kautschuke) beschrieben ist.

Eigenschaften

Kunststoffe zeichnen sich, verglichen mit keramischen oder metallischen Werkstoffen, durch eine Reihe von ungewöhnlichen Eigenschaften aus:

Dichte und Festigkeit



BMW H2R mit Außenhaut aus carbonfaserverstärktem Kunststoff

Die Dichte der meisten Kunststoffe liegt zwischen 800 und 2200 kg/m^3. Sie sind damit erheblich leichter als Metalle oder keramische Werkstoffe.

In Bezug auf die mechanischen Eigenschaften sind Kunststoffe anderen Werkstoffklassen häufig unterlegen. Ihre Festigkeit und Steifigkeit erreicht meist nicht die von Metallen oder Keramiken. Wegen der geringen Dichte kann dies jedoch teilweise mit konstruktiven Mitteln (höhere Wandstärken) oder dem Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen kompensiert werden. Ein Beispiel ist der Einsatz von Kevlar in Flugzeugtragflächen.

Obwohl die Festigkeiten vergleichsweise niedrig sind, brechen Kunststoffteile weniger leicht als beispielsweise Keramik oder Glas. Sie weisen zumeist eine gute Zähigkeit auf. Deshalb werden Gebrauchsgegenstände für Kinder und Spielzeug vielfach aus Kunststoff gefertigt.

Chemische Beständigkeit

Viele Kunststoffe sind im Gegensatz zu Metallen aufgrund ihrer organischen Natur beständig gegenüber anorganischen Medien. Dies schließt Mineralsäuren, Laugen, sowie wässrige Salzlösungen ein. Daher bevorzugt man Werkstoffe aus Kunststoff zur Herstellung von pflegeleichten Haus- und Elektrogeräten, Fahrzeugausstattungen, Spielzeugen usw.

Im Gegensatz zu Metallen reagieren sie allerdings empfindlich auf organische Lösungsmittel, wie Alkohole, Aceton, Benzin. Dennoch gelang es auch auf diesem Gebiet, beständige Kunststoffe zu entwickeln. Ein Beispiel ist der Kraftstofftank aus Polyethylen in modernen Personenkraftwagen. Er ist überaus beständig gegenüber Korrosion und trotzdem unempfindlich gegenüber dem Benzin.

Niedrige Verarbeitungstemperaturen

Die gängigen Verarbeitungstemperaturen für Kunststoffe liegen im Bereich von 250 bis 300 °C. Während Metalle bei hohen Temperaturen aufwendig gegossen werden müssen und Einschränkungen bezüglich der Gussformen bestehen, lassen sich aus Thermoplasten auch kompliziertere Formteile mit vergleichsweise geringem Aufwand fertigen. Gleichzeitig können in einem Verarbeitungsschritt Additive, wie Farbpigmente oder Fasern, in das Material eingearbeitet werden, die sich bei den hohen Temperaturen des Metallgießens oder des Sinterns von Keramik zersetzen würden.

Niedrige Leitfähigkeiten

Die Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen liegt deutlich unter der von Metallen. Daher werden viele Kunststoffe, vor allem Schaumstoffe, als Dämmstoffe eingesetzt.

Die elektrische Leitfähigkeit von Kunststoffen ist um 15 Größenordnungen kleiner als die von Metallen. So werden viele Kunststoffe zur Isolation von elektrischen Leitungen und Kabeln eingesetzt.

Herstellung

siehe auch Hauptartikel Polymerisation

Kunststoffe werden generell durch schrittweises Aneinanderfügen von Monomeren zu langen Ketten – den Polymeren – hergestellt, wobei grundsätzlich zwischen *Kettenpolymerisation* (auch Kettenreaktion) und *Stufenpolymerisation* (auch Stufenreaktion) unterschieden wird.



Anlage zur Herstellung und Reinigung von Monomeren im Chemieunternehmen Ticona in Kelsterbach bei Frankfurt

Kettenpolymerisationen

Bei einer Kettenpolymerisation beginnt das Wachstum mit einem Molekül, an das sukzessive weitere Monomere addiert werden. Das die Polymerisation startende Molekül nennt man *Initiator*, das auf diesen aufwachsende heißt *Monomer*. Die Zahl der Monomere, aus denen das Polymer letztendlich besteht, ist der Polymerisationsgrad. Der Polymerisationsgrad kann durch das Verhältnis von Monomer zu Initiator eingestellt werden. Mathematisch wird er durch die Mayo-Gleichung abgeschätzt.[14]

Radikalische Polymerisation

Bei der radikalischen Polymerisation werden die Wachstumsreaktionen durch Radikale initiiert und fortgepflanzt. Sie ist verglichen mit anderen Kettenreaktionen unempfindlich, leicht zu kontrollieren und liefert schon bei recht kleinen Umsätzen hohe Polymerisationsgrade. Sie wird daher vor allem bei der Herstellung von billigen Kunststoffen, wie LD-PE, PS oder PVC, eingesetzt.

Eine Gefahr bei diesem Verfahren stellt die freiwerdende *Polymerisationswärme* dar. Die radikalische Polymerisation ist exotherm, das heißt bei der Reaktion wird Wärme freigesetzt. Diese Wärme erzeugt, wenn sie nicht abgeführt wird, weitere Radikale, so dass sich die Reaktion selbst beschleunigen kann. Im Extremfall kann eine solche „Selbstbeschleunigung“ zur Überlastung des Reaktormaterials und damit zu einer *thermischen Explosion* führen.[14]

Ionische Polymerisation

Bei ionischen Polymerisationen werden die Wachstumsreaktionen durch ionische Spezies initiiert und fortgepflanzt. Die wachsenden Ketten sind langlebiger (mehrere Stunden bis Tage) als ihre radikalischen Analoga (Lebensdauer etwa 10^{-3}s), man spricht in diesem Zusammenhang auch von sogenannten *lebenden Polymeren*. Daher kann man nach Abschluss einer Polymerisation auf die noch *lebenden*, das heißt zur Polymerisation befähigten Ketten, ein weiteres Monomer aufgeben und so ein erneutes Wachstum fortführen.[15] [16]

Polymere, deren Ketten aus zwei oder mehr unterschiedlichen Monomertypen bestehen, nennt man *Copolymere*. Findet man in einem Copolymeren lange Blöcke des einen Monomers, gefolgt von Blöcken des anderen, spricht man von *Blockcopolymeren*. Für eben solche speziellen Anwendungen wird die ionische Polymerisation angewandt. Ein Beispiel sind die synthetischen Gummis Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) und Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR), die bei der Herstellung von Autoreifen Verwendung finden. Nachteil dieses Verfahrens ist seine hohe Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen, Wasser und Sauerstoff.[14] Ionische Polymerisationen sind daher

aufwendiger und kostenintensiver als die radikalische Polymerisation.

Metallorganische Katalysatoren

Diese Polymerisationen finden in Gegenwart von Katalysatoren statt. Beim Katalysator handelt es sich um einen Metallkomplex (Verbindung aus Metallatomen, umgeben von weiteren Spezies), der in der Lage ist, die wachsende Kette zu binden. Die Addition weiterer Monomere geschieht durch Einschub *(Insertion)* des Monomers zwischen wachsende Kette und Katalysatorspezies. Resultat ist ein höherer Ordnungsgrad der entstehenden Polymere (siehe Taktizität) sowie ein geringerer Verzweigungsgrad. Aufgrund dieser regulären Struktur erfolgt auch die Packung der einzelnen Ketten im Festkörper effizienter, der Kunststoff wird dichter. Die zurzeit industriell wichtigste Katalysatorklasse ist die der Ziegler-Natta-Katalysatoren. Eine Rolle spielen sie zum Beispiel bei der Herstellung von Polyethylen.[17]

Beim Low-Density-Polyethylen (LD-PE) handelt es sich um in der Gasphase polymerisiertes Ethen mit geringem Ordnungsgrad, vielen Seitenverzweigungen und geringer Dichte. Diesen Kunststoff findet man vor allem als transparente oder gefärbte Verpackungsfolie von Getränkeflaschen, Büchern, CDs etc.

High-Density-Polyethylen wird mit einem metallorganischen Katalysator im Ziegler-Natta-Verfahren hergestellt. Es resultiert ein Polymer mit hohem Ordnungsgrad, wenigen Verzweigungen und hoher Dichte. Dieser Kunststoff findet beispielsweise Verwendung als Material für Autotanks, Benzinkanister etc.

Stufenpolymerisationen

Im Gegensatz zur Kettenpolymerisationen erfolgt in Stufenpolymerisationen die Bildung der Polymere nicht durch Initiation einer wachsenden Kette, die weiter sukzessive Monomere addiert, sondern durch direkte Reaktion der Monomere untereinander. Diese Reaktion kann unter Freisetzung eines Nebenprodukts wie Wasser *(Polykondensation)* oder durch einfache Addition der Monomere zu einer neuen Spezies *(Polyaddition)* erfolgen.

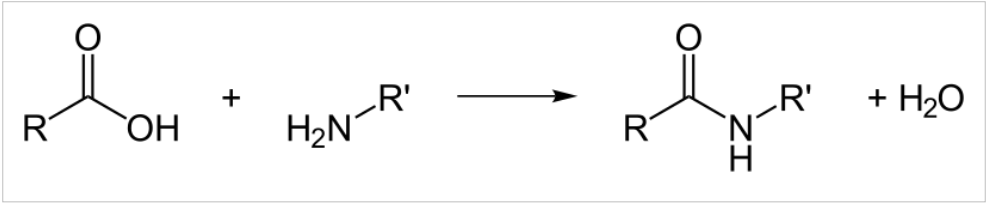


Darstellung eines Nylon-6,6-Fadens

Polykondensation

Bei Polykondensationen erfolgt die Bildung der linearen Kette durch intermolekulare Reaktion bifunktioneller Polymere unter Abspaltung einer kleineren Spezies, wie beispielsweise Wasser oder Alkohole.

Beispiel Polyamide:



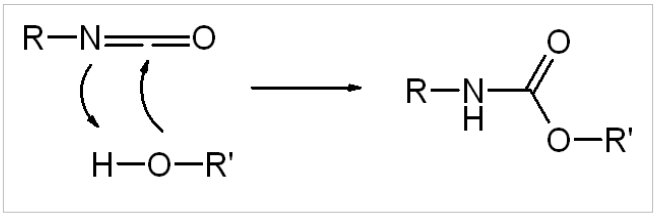
Carbonsäuren reagieren mit Aminen zu Amiden. Setzt man Moleküle ein, die zwei Carbonsäuregruppen tragen, kann eines dieser Moleküle mit zwei Aminen reagieren. Es entsteht so ein Polymer aus drei Monomeren (eine Carbonsäureeinheit, zwei Amine). Tragen die eingesetzten Amine auch wieder zwei Amingruppen, kann die zuvor entstandene Spezies wiederum mit zwei Carbonsäuremolekülen reagieren usw. Die so entstehenden Polymere können sich dann auch noch weiter untereinander verbinden, so dass der Polymerisationsgrad entscheidend von der Reaktionsdauer abhängt (siehe Carothers-Gleichung).

Durch Reaktion von Dicarbonsäuren mit Diolen (Dialkohol) werden so Polyester hergestellt. Unter den wichtigsten durch Polykondensation hergestellten Kunststoffen sind Polyethylenterephthalat (PET), ein Polyester, Nylon, ein Polyamid und Bakelit, ein Duroplast.

Polyaddition

Bei Polyadditionen erfolgt die Bildung des Polymers durch Addition der einzelnen Monomere untereinander, ohne die Bildung von Nebenprodukten.

Beispiel Polyurethane:



Isocyanate reagieren mit Alkoholen in einer Additionsreaktion zu sogenannten Urethanen. Auch hier gilt: setzt man bifunktionelle Monomere ein, erfolgt die Bildung langer linearer Ketten. Auf diese Weise hergestelltes Polyurethan wird für Armaturenbretter, Lacke, Klebstoffe etc. verwendet. Setzt man der Polymerisationsmischung Wasser zu, reagiert dieses mit den Isocyanaten zu Aminen und Kohlenstoffdioxid. Das in der Mischung freiwerdende CO_2 wird in Form von Bläschen in den Kunststoff eingeschlossen, so dass man einen Schaumstoff erhält. Polyurethanschaumstoff wird für Matratzen, Sitzmöbel, Schwämme, etc. verwendet.

Additive

Kunststoffen werden im Verlauf des Herstellungsprozesses sogenannte Additive zugesetzt *(Compoundierung)*. Sie dienen der genauen Einstellung der Materialeigenschaften auf die Bedürfnisse der jeweiligen Anwendung und der Verbesserung der chemischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften. Solche mit Zuschlagsstoffen versehene Formmassen werden nach DIN EN ISO 1043 (Thermoplaste) und nach DIN 7708 (Duroplaste) gekennzeichnet.

Weichmacher

Etwa zwei Drittel der weltweit hergestellten Additive werden für die Produktion von Polyvinylchlorid aufgewendet, fast drei Fünftel der hergestellten Additive sind *Weichmacher*.[18] Sie verringern Sprödigkeit, Härte und Glastemperatur eines Kunststoffes und machen ihn so besser form- bzw. verarbeitbar. Es handelt sich um Stoffe, die in der Lage sind auf molekularer Ebene in den Kunststoff einzudringen und so die Beweglichkeit der Ketten gegeneinander zu erhöhen. Qualitativ kann man sie als „molekulares Schmiermittel“ verstehen. Bis vor wenigen Jahren war Diethylhexylphthalat (DEHP) (synonym: Dioctylphtalat DOP) der am häufigsten verwendete Weichmacher. Dieser stellte sich jedoch als umwelt- und gesundheitsschädlich heraus, weshalb die europäische Industrie inzwischen weitgehend auf seinen Einsatz verzichten will.

Extender verbessern ebenfalls die Verarbeitbarkeit, man spricht deshalb auch von *sekundären Weichmachern*. Wichtige Extender sind epoxidierte Öle, hochsiedende Mineralöle und Paraffine.[19]

Stabilisatoren

Stabilisatoren dienen der Verbesserung der chemischen Eigenschaften. Sie erhöhen die Lebensdauer des Kunststoffes und schützen ihn vor schädigenden Einflüssen (Oxidation, Strahlung und Wärme bzw. Feuer) in seinem Einsatzgebiet.

Durch Reaktion mit Luftsauerstoff kann sich der Kunststoff verfärben, und die Polymerketten können sich zersetzen oder neu vernetzen. Dies verhindert man durch Zugabe von *Antioxidantien*, welche die bei der Reaktion entstehenden freien Radikale abfangen *(Radikalkettenabbrecher)*, oder gleich die Bildung der Radikale verhindern *(Desaktivatoren)*.[19] Als Abbrecher setzt man beispielsweise Phenole oder Amine zu, als Desaktivatoren dienen Phosphane und ebenfalls Amine.



Alter Ventilator mit doppelter Schädigung durch UV-Licht: Versprödung des Gehäuses und Vergilbung des Scharniers

Lichtschutzmittel schützen gegen eine Schädigung durch ultraviolettes Licht. Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen sind in der Lage, Licht dieser Wellenlänge zu absorbieren, daher sind vor allem Kunststoffe durch UV-Licht gefährdet, die dieses Strukturelement aufweisen (z. B. Polyisopren). Allerdings können aufgrund von Katalysatorrückständen, Strukturfehlern und Nebenreaktionen bei der Verarbeitung praktisch alle Polymere ein Absorptionsvermögen für UV-Strahlung zeigen. Diese induziert die Bildung von freien Radikalen im Material, die Nebenreaktionen, wie Zerfall der Kette und Vernetzungen einleiten. Es existieren grundsätzlich drei Wege eine Schädigung zu verhindern: Reflexion des Lichts, Zusatz von das Licht absorbierenden Stoffen und Zusatz von Radikalfängern. Wichtige Lichtschutzmittel sind Ruß, der die Strahlung absorbiert, σ-Hydroxybenzophenon, das die Energie in Infrarotstrahlung umwandelt und Dialkyldithiocarbamate, die UV-Licht absorbieren und als Radikalfänger fungieren.[20]

Kunststoffe sind empfindlich gegenüber Wärmeeinwirkung. Oberhalb einer für das Material charakteristischen Temperatur *(Zersetzungstemperatur)* setzt der Zerfall der molekularen Struktur ein. *Wärmestabilisatoren* sollen dies verhindern. Unerlässlich sind diese für Polyvinylchlorid, das sonst, unter Bildung von Chlorwasserstoff und u. U. gesundheitsschädlicher Zerfallprodukte, seine mechanische Stabilität einbüßen würde.[21] Der Zerfallmechanismus verläuft über die Bildung von Doppelbindungen. Organische Barium-, Zink-, Zinn-, und Cadmiumverbindungen und anorganische Bleisalze komplexieren diese und unterbrechen so den Zerfallmechanismus.[20] Vor allem die Bleiverbindungen stellen hinsichtlich der Entsorgung des Kunststoffs ein nicht unerhebliches Umweltproblem dar. Derzeit sind 80% der Wärmestabilisatoren auf der Basis von Blei.[18] Die chemische Industrie ist zurzeit allerdings bemüht, diese zu ersetzen. So wurde bei Cognis, einer Tochterfirma des Henkel-Konzerns, speziell für Fensterprofile ein Stabilisator auf der Basis von Calcium und Zink entwickelt.[18]

Bei Bränden geht von Kunststoffen eine große Gefahr aus, da sie zum einen in der Lage sind die Brände zu unterhalten und zum anderen bei einer unkontrollierten Verbrennung giftige oder ätzende Gase, wie Blausäure, Kohlenstoffmonoxid, Chlorwasserstoff und Polyhalogenierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane frei werden. *Flammschutzmittel* verhindern entweder den Sauerstoffzutritt zum Brand oder stören die chemischen Reaktionen (Radikalkettenmechanismen) der Verbrennung.[22] Polycarbonate erfordern oft keine Flammschutzmittel, da als Löschmittel wirkendes Kohlendioxid ein Zerfallsprodukt des Polymers darstellt.

Wichtige Flammschutzmittel sind:[19]

- polybromierte Diphenylether (PBDEs): setzen Radikale frei, welche die Zwischenprodukte des Brennvorgangs abfangen
- Aluminiumhydroxid ($Al(OH)_3$), auch (ATH): setzt Wassermoleküle frei
- Phosphorhaltige Verbindungen: bilden Phosphorsäuren, die eine Wasserabspaltung katalysieren

Farbmittel



Synthetisches Ultramarinblau

Die meisten Polymere sind in reiner Form farblos, farbig werden sie erst durch Zusatz von *Farbmitteln*. Man unterscheidet zwischen *Farbstoffen* (lösen sich auf molekularer Ebene im Polymer oder adsorbieren an der Oberfläche) und *Pigmenten* (unlösliche, meist anorganische Aggregate).[20] Textilien färbt man praktisch ausschließlich mit Farbstoffen ein.[20] Der weit überwiegende Teil der Kunststoffe wird allerdings mit Pigmenten gefärbt, da diese lichtechter und meist auch billiger sind.[20] Wichtige Pigmente in diesem Bereich sind Rutil (weiß), Ruß (schwarz), Cobalt- oder Ultramarinblau, sowie Chromoxidgrün.[20] Inzwischen ist auch der Einsatz von *Effektpigmenten* möglich, z. B. zeigen mit seltenen Erden dotierte Strontium-Aluminate ein intensives Nachtleuchten.[23] Einsatzgebiete für derartig gefärbte Kunststoffe sind bei Dunkelheit leichter auffindbare Sicherheitsmarkierungen, Lichtschalter oder Taschenlampen.

Füllstoffe

Füllstoffe sind klassische Streckmittel, die so die Herstellung des Kunststoffs verbilligen. „Aktive Füllstoffe“ verbessern zusätzlich die mechanischen Eigenschaften des Materials. Wichtige Füllstoffe sind unter anderem: Kreide, Sand, Kieselgur, Glasfasern und -kugeln, Zinkoxid, Quarz, Holzmehl, Stärke, Graphit, Ruße und Talkum. Wichtig sind Füllstoffe auch um das Brandverhalten der Kunststoffe zu minimieren.

Verstärkungsstoffe

Unter Verstärkungsstoffe (reinforcement) versteht man in Kunststoffen eingesetzte anorganische oder organische Zusatzstoffe, die die Kunststoffmatrix verstärken. Unter Verstärkung ist die Verbesserung mechanischer und physikalischer Eigenschaften, wie E-Modul, Biegefestigkeit, Kriechmechanik und Wärmeformbeständigkeit zu verstehen. Verstärkungsstoffe werden gezielt zur Verbesserung dieser Werkstoffeigenschaften eingesetzt.

Einteilung der Verstärkungsstoffe

Erfolgt einerseits nach der chemischen Zusammensetzung, andererseits auch nach der physikalischen Gestalt des Stoffes. So gibt es *flächige Verstärkungsstoffe* in Form von Gewebe, Gelege, Gestricke, Gewirke.

Ausgangsstoffe für diese flächigen Verstärkungsstoffe sind *faserförmige Verstärkungsstoffe*, wobei die Fasern meist aus Glas, Kohlenstoff, Aramid oder Naturstoffen wie Flachs, Jute, etc. gebildet sind.

Neben den faserförmigen Verstärkungsstoffen gibt es auch eine Vielzahl an *teilchenförmigen Verstärkungsstoffen*, wie beispielsweise Talkum, Glimmer, Graphit, Aluminiumhydroxyd und andere.

Die Eigenschaften verstärkter Thermoplaste werden vor allem vom Volumenanteil des Verstärkungsstoffes, dessen Form (Formfaktor, Länge/Durchmesser-, L/D- oder Aspektverhältnis) und der Wechselwirkung an der Grenze zur Matrix beeinflusst.

Aspektverhältnis

Zum Füllen und Verstärken von Thermoplasten werden Zusatzstoffe stark unterschiedlicher Form verwendet. Der für die mechanischen Eigenschaften des Verbunds bedeutsame Formfaktor ist definiert als das Verhältnis seiner Länge zu seiner Dicke (L/D-Verhältnis).

- Kugelförmige und kubische Partikel haben einen Formfaktor von 1. Beispiele sind Glaskugeln oder Calciumcarbonat.
- Fasern oder andere anisotrope plättchenförmige Füllstoffe können sehr hohe Formfaktoren aufweisen und dieser liegt meist deutlich über 100.
- Plättchenförmige Verstärkungsstoffe, zu denen Schichtsilikate wie Talk und Glimmer zählen, liegen meist zwischen 5 und 50.

Verstärkungsstoffe mit hohem L/D-Verhältnis versteifen Polymermatrices in der Regel stärker als Füllstoffe mit geringerem Aspektverhältnis.

Die *Verstärkungswirkung* beruht darauf, dass eine angelegte mechanische Spannung von der Polymermatrix aufgenommen wird und auf den Verstärkungsstoff übertragen wird. Je größer das Aspektverhältnis des Verstärkungsstoffes ist, desto besser kann die durch die Spannung verursachte Energie im Material abgeführt werden. Eine Beschichtung der Zusatzstoffe mit Kupplungsreagenzien (sog. Koppler) kann die Verträglichkeit mit der Matrix und damit die Verarbeitbarkeit und auch die resultierenden mechanischen Eigenschaften zusätzlich deutlich verbessern. So gelingt es innovativen Compounding-Betrieben durch optimale Formulierung der Rezeptur und Einsatz von geeigneten Kopplersystemen hochqualitative Compounds herzustellen.

Plättchenförmige Verstärkungsstoffe weisen zwar meist einen geringeren E-Modul wie faserförmige Verstärkungsstoffe auf, erhöhen aber den E-Modul trotzdem beträchtlich. Ein wesentlicher Vorteil der teilchenförmigen Verstärkungsstoffe ist, dass die Endeigenschaften des Kunststoffbauteils durch die Teilchenform nahezu isotrop, also richtungsunabhängig sind. Durch das Aspektverhältnis zwischen 5 und 50 sind plättchenförmige Verstärkungsstoffe, wie beispielsweise Talkum eine sehr gute Lösung, um Kunststoffe zu verstärken, gleichzeitig jedoch die Richtungsabhängigkeit der Eigenschaften nicht allzu sehr negativ zu beeinflussen.

Die Eigenschaftsverbesserung durch Verstärkungsstoffe betrifft beispielsweise:

- die Erhöhung des E-Moduls
- die Erhöhung der Biegefestigkeit
- die positive Beeinflussung des Schwindungsverhaltens
- die Verbesserung des Kriechverhaltens
- oder die Erhöhung der Wärmeformbeständigkeit.

Einsatz findet Talkum als Verstärkungsstoff beispielsweise bei der Verstärkung von Polyolefinen, wie HDPE oder PP, für einen vielseitigen Einsatz in der Auto- oder Bauindustrie. Verstärkte Polypropylencompounds sind seit ca. 30 Jahren auf dem Markt. Ende der 60er Jahre wurden erstmals talkum- (TV) und glasfaserverstärkte (GFV) Produkte auf Basis PP angeboten.

Kunststoffindustrie

Die kunststofferzeugende Industrie ist ein wichtiger Zweig der chemischen Industrie. 2006 erzielten in diesem Bereich in Deutschland 3570 Unternehmen mit rund 372.900 Arbeitnehmern einen Gesamtumsatz von 79,4 Milliarden Euro.[24] Tätig sind sie in den sich teilweise überschneidenden Teilgebieten

- Kunststofferzeugung
- Kunststoffverarbeitung
- Kunststoffmaschinenbau

Die Kunststofferzeugung erfolgt zu großen Teilen bei global agierenden Chemiekonzernen wie beispielsweise Basell, BASF, Bayer, Dow Chemical, DSM, DuPont und Solvay. Sie liefern ein begrenztes Sortiment an Kunststoffen in Mengen von teilweise mehreren 100 kt pro Jahr.

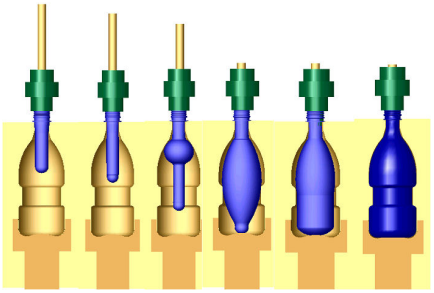


Kunststoffnetz zum Schutz der Trauben

Verarbeitung

Siehe Hauptartikel Kunststoffverarbeitung

Die Kunststoffverarbeitung ist Gegenstand eines eigenständigen Industriezweiges. Dabei kommen überwiegend Urformverfahren zum Einsatz, die im Gegensatz zu den metallischen Werkstoffen bei wesentlich geringeren Verarbeitungstemperaturen (bis 350 °C) ablaufen. Dadurch können die Fertigungseinrichtungen (sog. *Werkzeuge*) mehrfach verwendet werden und erlauben so eine kostengünstige Fertigung.



Das Blasform-Verfahren zur Herstellung von Kunststoffflaschen

Es kommen eine Vielzahl von Verfahren zum Einsatz, die teilweise ihren Ursprung in der wesentlich älteren Metallbearbeitung haben und auf die Eigenschaften der Kunststoffe abgestimmt und weiterentwickelt wurden. So ist beispielsweise das Spritzgießen für Kunststoffe dem Druckguss für Metalle sehr ähnlich. Andere Verfahren, wie das Extrudieren oder Blasformen sind nur für Kunststoffe gebräuchlich.

Die Schäumverfahren haben wiederum ihren Ursprung bei den Kunststoffen, werden aber, wie z.B. Metallschaum, inzwischen auch für andere Werkstoffklassen verwendet. Sie lassen sich weiter in chemische, physikalische oder mechanische Treibverfahren untergliedern.

Für alle diese Verfahren werden spezielle Maschinen und Werkzeuge benötigt, die der Kunststoffmaschinenbau zur Verfügung stellt.

Wichtige Massenkunststoffe

Siehe auch die Liste der Kunststoffe.

Etwa 90 % der weltweiten Produktion (jährlich etwa 150 Mio. t.) entfallen in der Reihenfolge ihres Anteils auf die folgenden sechs Kunststoffe:[25]

Polyethylen



Sprudelkasten aus HD-PE

Polyethylen wird hauptsächlich in drei unterschiedlichen Qualitäten hergestellt: HD-PE *(High-Density-PE)*, LLD-PE *(Linear-Low-Density-PE)*, LD-PE (*Low-Density-PE).* HD-PE wird mittels Ziegler-Natta-Katalysatoren synthetisiert, seine Ketten zeigen einen sehr hohen Ordnungs- und niedrigen Verzweigungsgrad. Diese können sich daher im Festkörper effizient anordnen, so dass ein teilkristallines Material entsteht, dessen Dichte höher ist als die von LD-PE (beide weisen aber eine Dichte auf, die geringer ist als die von Wasser). Es wird zur Fertigung von Flaschen, Getränkekästen, Fässern, Batteriegehäusen, Eimern, Schüsseln, etc verwendet. LD-PE wird unter hohem Druck in der Gasphase polymerisiert, in LLD-PE werden 1-Buten, 1-Hexen und 1-Octen einpolymerisiert, um so einen kontrollierten Verzweigungsgrad zu erzeugen. Beide Varianten weisen so einen geringen kristallinen Anteil und einen hohen, bzw. mittleren Verzweigungsgrad auf. Das Material besitzt hervorragende filmbildende Eigenschaften und wird vor allem zur Herstellung von Verpackungsfolien für Zigarettenpäckchen, CDs, Bücher, Papiertaschentücher, etc, sowie Tragetaschen verwendet.

Polypropylen



Deckel der TicTac-Packung aus PP

Polypropylen wird fast ausschließlich auf metallkatalytischem Wege hergestellt, da nur das so erhaltene kristalline Material kommerziell verwertbare Eigenschaften aufweist. Es handelt sich um einen sehr harten, festen und mechanisch belastbaren Kunststoff mit der geringsten Dichte aller Massenkunststoffe. Aufgrund dieser Eigenschaften hat es teilweise bereits Metallwerkstoffe verdrängt. Wie bei dem rechts abgebildeten Deckel zeigt es außerdem den sogenannten *Filmscharniereffekt*, d. h. es kann durch einen dünnen Film Gehäuse und Deckel miteinander verbinden, ohne aufgrund der Biegebelastung zu brechen. Ein erheblicher Teil des weltweit hergestellten Polypropylens wird für Lebensmittelverpackungen aufgewendet, weitere Anwendungsgebiete sind:

- Automobilindustrie: als Material für Luftfiltergehäuse, Spoiler, Scheinwerfergehäuse, Sitzbezüge und Gaspedale.
- Bauwesen: Gartenmöbel, Klodeckel, Kunstrasen, Möbelscharniere, etc.
- Sonstiges: Brillenetuis, Koffer, Schulranzen, sterilisierbare medizinische Geräte.

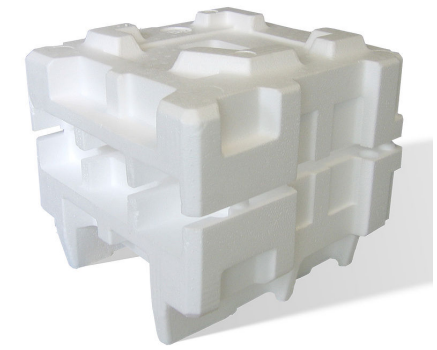
Polyvinylchlorid



PVC-Rohre

Polyvinylchlorid galt aufgrund des ungewöhnlich hohen Chloranteils, und der damit bei der Verbrennung entstehenden Nebenprodukte, lange Zeit als umweltschädlichster Kunststoff. Zudem ist das zur Herstellung benötigte Vinylchlorid krebserregend. Inzwischen führt man jedoch den Chloranteil auch als positiven Aspekt an (Einsparung von Rohöl). Man unterscheidet generell zwischen Hart-Polyvinylchlorid und durch Zusatz von Weichmachern hergestelltes Weich-Polyvinylchlorid. Hart-PVC ist ein amorpher Thermoplast und besitzt eine hohe Steifigkeit und Härte. Es ist extrem schwer entflammbar, kann in der Hitze eines bestehenden Brandes allerdings Chlorwasserstoff und Dioxine freisetzen. Es zeigt eine sehr gute Beständigkeit gegen Säuren, Basen, Fette, Alkohole und Öle. Aus diesem Grund wird es auch vor allem zur Herstellung von Abflussrohren und Fensterprofilen eingesetzt. Gravierende Nachteile sind seine sehr geringe Wärmebeständigkeit, es kann dauerhaft nur bis 65 °C und kurzfristig bis 75 °C eingesetzt werden, und seine Neigung zum "Weißbruch" beim Biegen. Weich-PVC ist ein gummielastischer, lederähnlicher Thermoplast. Wichtige Anwendungen sind die Herstellung von Bodenbelägen, Dichtungen, Schläuchen, Kunstleder, Tapeten, Dachbahnen etc.

Polystyrol



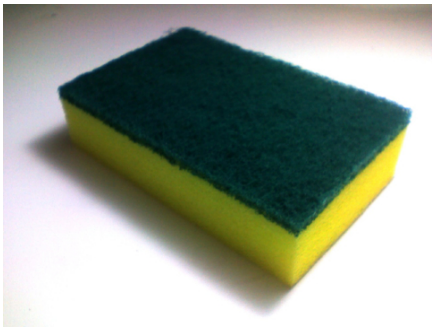
Schaumpolystyrol als Verpackungsmaterial

Polystyrol wird überwiegend als amorpher Thermoplast hergestellt, durch neuere Entwicklungen gibt es aber mittlerweile auch kristallines Polystyrol, dieses hat aber geringere Bedeutung. Beide Varianten zeichnen sich durch geringe Feuchtigkeitsaufnahme, gute Verarbeitbarkeit und sehr gute elektrische Eigenschaften aus. Sie unterscheiden sich in ihrer Schlagfestigkeit. Nachteile sind seine Neigung zur Spannungsrissbildung, die geringe Wärmebeständigkeit, Entflammbarkeit und seine Empfindlichkeit gegenüber organischen Lösungsmitteln. Mittels Kohlenstoffdioxid bei der Polymerisation aufgeschäumtes Polystyrol wird unter anderem als *Styropor* vertrieben.

Anwendungsgebiete:

- Elektrotechnik: als Isolierung von elektrischen Kabeln, Material für Gehäuse, (als *HIPS*), Schalter, etc.
- Bauindustrie: als Dämmstoff (Schaumpolystyrol)
- Verpackungen: Schaumpolystyrol, Verpackungsfolien, Joghurtbecher, etc.

Polyurethan



Schwamm aus Polyurethan

Die Eigenschaften von Polyurethanen können durch Wahl der Isocyanat- oder Urethan-haltigen Monomerkomponenten sehr stark in ihrer Elastizität variiert werden. So werden sehr elastische PUR-Textil-Fasern *(Elastan)* aus Polyestern und Urethan-haltigen Polyestern hergestellt, ebenso dienen Urethan-haltige Polymere als Zusatz in Lacken und Materialien für Leiterplatten *(Bectron)*.

- Die bekannteste Anwendung dürften Polyurethanschaumstoffe sein. Sie dienen als Matratzen, in Autositzen, Sitzmöbeln, Dämmmaterial, Schwämmen, etc. Auch hier können mittels der Wahl der Einzelkomponenten die genauen Materialeigenschaften eingestellt werden.
- Die wichtigste Anwendung ist wohl für den Rostschutz der Auto-Karosserien verantwortlich. Auf den blanken Eisenkarossen werden Hydroxygruppen-haltige und Urethangruppen-haltige Einzelpolymere abgeschieden. Bei 120-160°C werden diese dann untereinander vernetzt, es bildet sich eine überall gleichdicke rostverhindernde Polymerschicht auf dem Eisen.

Polyethylenterephthalat



Flasche aus PET

Polyethylenterephthalat ist ein Polyester aus Terephthalsäure und Ethylenglykol. Es kristallisiert sehr langsam, so dass man auch hier je nach Anwendungsbereich amorphes und teil-kristallines *(C-PET)* Material herstellen kann.

C-PET besitzt hohe Steifigkeit, Härte, Abriebfestigkeit und ist beständig gegen verdünnte Säuren, Öle, Fette und Alkohole. Es ist jedoch empfindlich gegenüber heißem Wasserdampf.

Anwendungsbeispiele:

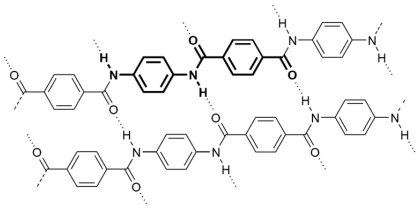
- Elektrotechnik: Teile für Haushalts- und Küchengeräte, Computer, etc.
- Maschinenbau: Zahnräder, Lager, Schrauben, Federn.
- Fahrzeugtechnik: Sicherheitsgurte, LKW-Abdeckplanen
- Medizin: Implantate wie beispielsweise Gefäßprothesen

Amorphes PET zeigt eine geringere Steifigkeit und Härte als C-PET, aber bessere Schlagzähigkeit. Da es transparent, aber leichter als Glas ist, wird es als Material für Getränkeflaschen und Verpackungen für Lebensmittel und Kosmetika verwendet. In der Elektrotechnik finden PET-Folien als Trägermaterial für Magnetbänder Verwendung.

Hochleistungspolymere

Neben den Kunststoffen, die in großen Mengen für Massenartikel hergestellt werden, wurden in der Vergangenheit auch Polymere für Spezialanwendungen entwickelt. Als einige Beispiele sind zu nennen:

Flüssigkristalline Polymere



Zwei Polyamidketten des Kevlar in paralleler Orientierung

Als *Flüssigkristalline Polymere* (engl. *Liquid Crystalline Polymers* (LCP)) bezeichnet man Polymere, deren Ketten in der Schmelze sogenannte Flüssigkristalline Phasen bilden. In Kristallen liegt generell eine feste Ordnung vor, während in Flüssigkeiten/Schmelzen die Verteilung der Moleküle oder Atome in der Regel weitgehend zufällig ist. Insofern stellt der Ausdruck "flüssigkristallin" eigentlich einen Widerspruch dar. In LCPs orientieren sich die Polymerketten jedoch aufgrund intramolekularer Wechselwirkungen parallel zu Bündeln an. So bilden beispielsweise aromatische Polyamide in Schwefelsäure in Verbindung mit Calcium- oder Lithiumchlorid derartige Phasen.[26] Presst man eine derartige Lösung aus einer Spinndüse durch einen Zwischenraum mit Luft in ein Fällbad *(Dry-Jet-Wet-Spinnverfahren)*, erhält man Fasern, in denen die Ketten in Richtung der Längsachse orientiert sind.[27] Derartige Fasern sind in der Lage, eine für Kunststoffe ungewöhnlich hohe Zugbelastung auszuhalten, die vergleichbar mit Metallen oder Kohlenstofffasern ist. Aufgrund ihrer geringen Dichte setzt man sie, eingebettet in Kunstharze *(Composites)* im Flugzeug- und Fahrzeugbau ein. Weitere Anwendungen sind schusssichere Westen, Schutzhelme, Schutzanzüge, Surfbretter, Segelbootbau, etc. Wichtige Marken sind: Kevlar, Nomex und Faser B.

Elektrisch leitende Polymere

Kunststoffe gelten im Allgemeinen als hervorragende Isolatoren. Das liegt daran, dass Polymeren die Grundvoraussetzung für elektrische Leitfähigkeit, quasi freie Elektronen, völlig fehlt. Durch Zugabe von Substanzen *(Dotierung)*, die entweder der Kette Elektronen zuführen *(Reduktion)* oder durch Entfernung *(Oxidation)* freie Stellen für die Elektronenbewegung schaffen, ist es möglich elektrisch leitfähige Polymere zu erzeugen. Siehe hierzu auch: Polytronik. So werden beispielsweise Polyacetylen und Poly(*p*-phenylen) elektrisch leitend, wenn man sie mit Brom, Iod oder Perchlorsäure dotiert. Weitere wichtige elektrisch leitende Polymere sind Polyanilin, dotiert mit Salzsäure und Polypyrrol aus anodischer Oxidation. Anwendungen sind Materialien für Elektroden und Batterieelemente, sowie antistatische Beschichtungen. Durch geeignete Dotierung können den bisher genannten Polymeren auch halbleitende Eigenschaften verliehen werden. Aus solchen Materialien bestehen beispielsweise Polymer-Leuchtdioden. Für die Entwicklung leitfähiger Polymere wurde den Wissenschaftlern Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid und Hideki Shirakawa im Jahre 2000 der Nobelpreis für Chemie verliehen.

Kunststoffe in der Medizin

Kunststoffe erfüllen in der Medizin vielfältige Aufgaben: Sie dienen als Behälter für Infusionslösungen, Bauteile von medizinischen Geräten, Wegwerfartikel (z.B. Spritzen, Pflaster, Katheter, Schläuche etc) und Implantate (Herzklappen, Knochenersatz, Gelenkpfannen, resorbierbare Knochenschrauben etc). Für Materialien, die auf direkte oder indirekte Weise im Kontakt mit lebendem Gewebe stehen, gelten naturgemäß besondere Auflagen: Zum einen darf der Kunststoff den Organismus nicht schädigen, zum anderen darf umgekehrt das biologische Milieu die Materialeigenschaften des Kunststoffs nicht beeinträchtigen. Sind diese Bedingungen erfüllt, spricht man von Biokompatibilität. Wichtigstes Argument für den Einsatz von Kunststoffen in der Medizin war und ist die Hygiene, so konnten medizinische Instrumente aus Glas oder Metall durch Wegwerfartikel aus Kunststoff ersetzt werden.[28] Ein bemerkenswertes Beispiel ist Polymilchsäure (auch: *Polylactid*), ein Polyester der natürlich vorkommenden Milchsäure. Er wird zu Fasern gesponnen, die als resorbierbare chirurgische Nähfäden Verwendung finden.[25] Nach dem Einsatz der Fäden werden diese enzymatisch abgebaut.[25] Die Dauer der Degradation kann dabei über die Stereochemie (Wahl der Ketten aus rechts- oder linksdrehender Milchsäure) des Polymers eingestellt werden.

Kunststoffe für Hochtemperaturanwendungen

Polyimide sind heterocyclische Polymere, die bis 550°C stabil sind. Polyimide sind sehr gut chemikalienbeständig und eignen sich als Werkstücke im Maschinenbau (Ventile, Lager) und in der Elektrotechnik (z.B. Spulenkörper und als Kabelisolierung und Substrat für Leiterplatten).[29]

Eine andere Klasse, die Polyetherimide, hat einen niedrigeren Erweichungspunkt (ca. 360°C) und läßt sich mit Standardprozessen der Kunststoffindustrie (Spritzguß) verarbeiten.

Polybenzimidazole (PBI) lassen sich für Schutzanzüge, für feuerfeste Gewebe in Flugzeugen nutzen.[29]

Aromatische Polyamide auf Basis von Poly-m-phenylenisophthalamid (PMI) eignen sich zum Verspinnen aus der Lösung. Diese Faser besitzt eine sehr hohe Reißfestigkeit und eine gute Temperaturstabilität. Erst bei ca. 400°C verformt sich die Faser und verkohlt dann. Polyaramid-Fasern werden als Schutzkleidung gegen Hitze oder als Innenraumauskleidung in Flugzeugen verwendet.[29]

Aus Polyacrynitril lassen sich graphitähnliche Kohlenstofffäden herstellen. Sie sind bis 3000°C (Inertgas) beständig und können den elektrischen Strom leiten.

Durch Beimischung von Phenol-Formaldehydharzen zu Polyacrylnitril bei einem entsprechend gewählten Aufheizprogramm kann ein glasartiges Material (Kohlenstoff-Glas) hergestellt werden. Es ist bis 1000°C temperaturstabil, besitzt eine sehr hohe Härte, ist sehr gut beständig gegen Chemikalien und ist undurchlässig für Gase.

Aus der Kombination von Kohlenstofffäden mit Kohlenstoffglas erhält man kohlenstofffaserverstärkten Kohlenstoff (CFC). CFC wird bei Heißgasleitungen, bei Ofenzylindern, bei Schrauben, bei Bremsscheiben von Flugzeugen eingesetzt.[29]

Polymermembranen

Durch Extrudieren von sehr dünnen Polymerschichten ist es möglich, sehr dünne Schichten (10 Mikrometer) herzustellen. Durch nachfolgendes Aufbringen von chemisch anders gestalteten Polymeren und Widerholung des Prozesses können verschiedene alternierende Polymerschichten erzeugt werden. Durch bestimmte Verfahren lassen sich nun sehr kleine Mikrorisse in die Polymerschicht einbringen, so dass die Schicht beispielsweise für Bakterien unpassierbar wird.[30] Solche Polymere können zur Mikrofiltration verwendet werden.

Andere Polyermembranen können den Durchtritt einiger Gase oder organischen Stoffe gestatten, sind jedoch unpassierbar für Wasser und wässrige Lösungen. Derartige Polymere werden beispielsweise in wasserabweisender Regenkleidung, bei medizinischen Geräten oder bei applizierten Arzneimitteln verwendet.[30]

Statt Mikrorissen in Polymerschichten können jedoch auch ionische Gruppen in einem Polymer die Passierbarkeit von Ionen durch die Membran verhindern. Derartige Membranen werden beispielsweise in der Elektrodialyse eingesetzt.

Andere Membranen sind nur für Wasser und bestimmte Gase durchlässig. Solche Membranen können in der Meerwasserentsalzung oder zur Abtrennung des Sauerstoffs aus der Luft eingesetzt werden.[30]

Umweltproblematik

Da aus Kunststoffen auch Wegwerfartikel gefertigt werden, ergibt sich zwangsläufig das Problem der Entsorgung. Die polymeren Bestandteile der Kunststoffe sind zum



Kugelschreiber aus Polymilchsäure (PLA-Blend)



Abfallbeutel aus biologisch abbaubarem PLA-Blend Bio-Flex

einen nicht wasserlöslich und zum anderen nicht in der Lage, die Zellmembranen von Mikroorganismen zu passieren; das heißt, eine Wechselwirkung mit lebenden Organismen ist außer bei den biologisch abbaubaren Kunststoffen weitgehend ausgeschlossen. Dies hat zwar den Vorteil, dass Polymere als gesundheitlich unbedenklich eingestuft werden können, aber eine Umwandlung in der belebten Natur ebenso ausgeschlossen werden kann. Kunststoffe verrotten also nur sehr langsam. Sie sind meist wenig UV-stabil (Sonnenlicht) und vergilben und/oder verspröden, ihre Elastizität geht verloren. Mikroorganismen können Kunststoffe im Grunde nur durch extrazelluläre Enzyme verarbeiten, die das Material in kleinere Bestandteile zerlegen, die dann von der Zelle aufgenommen werden können.[31] Allerdings sind die Enzyme zu groß, um effektiv in das verrottende Material einzudringen, so dass dieser Prozess nur als Oberflächenerosion ablaufen kann.[31] Toxische Zwischenstufen der biochemischen Prozesse können sich auch, wenn sie nicht weiter umgesetzt werden können, in der Natur anreichern.[31] [32] Gefahr geht auch von den Additiven der Kunststoffe, wie Weichmachern, Farbstoffen oder Flammschutzmitteln aus. Man verfolgt daher verschiedene Strategien, der Abfallberge Herr zu werden.

Gelangen biologisch nicht abbaubare Kunststoffe in die Umwelt, werden sie zu einer Gefahr. So treiben Millionen Tonnen Kunststoffmüll in einem so genannten Müllstrudel im Pazifik. Jedes Jahr tötet dieser Müll Hunderttausende Tiere. Nach einer Studie der UNEP befinden sich in diesem Strudel bis zu 18.000 Kunststoffteile auf jedem Quadratkilometer Meeresfläche. Auf ein Kilogramm Plankton kommen hier sechs Kilogramm Kunststoff. Die Größe des Müllstrudels entspricht etwa der Größe von Texas.[33]

Kunststoffrecycling

Hauptartikel: Verwertung von Kunststoffabfällen

Grundsätzlich lassen sich drei Möglichkeiten der Weiterverwertung erschließen:

Werkstoffliche Verwertung



LKW mit recyclebaren Kunststoffabfällen in China

Thermoplaste lassen sich, einmal zu einem Werkstück geformt, wieder einschmelzen und zu einem neuen Produkt formen. Die Abfolge von Wärmebehandlungen führt allerdings zu einem fortschreitenden Qualitätsverlust des Materials *(Downcycling)*.[34] Größtes Problem bei einer erneuten werkstofflichen Verwertung ist allerdings die Trennung der einzelnen Kunststoffe. Mischt man verschiedene Polymere in einem Material, führt dies in der Regel zu einem starken Qualitätsverlust und wesentlich schlechteren mechanischen Eigenschaften. Um die Trennung zu erleichtern, führte man 1988 den Recycling-Code ein. Die Wiederverwertung nicht sortenreiner Abfälle, wie beispielsweise Hausmüll gestaltet sich aber dennoch sehr schwierig. Die gängigen Trennverfahren sind sehr personalintensiv und erfordern einen hohen Einsatz an Wasser und Energie, so dass hier sowohl eine Kosten-Nutzen-Rechnung, als auch die Ökobilanz negativ ausfallen.

Die werkstoffliche Verwertung wird daher zurzeit fast ausschließlich dort eingesetzt, wo große Mengen eines sortenreinen Materials zur Verfügung stehen. Beispielsweise werden in Deutschland Schaumpolystyrolverpackungen

gesammelt, die eine erneute Verwertung als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft oder bei der Herstellung von Schaumpolystyrol-Beton oder Ziegelsteinen finden. Die Recyclingquote für Schaumpolystyrol betrug im Jahre 2000 etwa 70 Prozent.[34] Für PVC existiert ebenfalls ein Rücknahmesystem, gesammelt werden vor allem Fußbodenbeläge, Dachbahnen, Fensterprofile und PVC-Rohre. Weitere Anwendungsbereiche für die werkstoffliche Wiederverwertung sind zum Beispiel in der Wiederverwertung von Fahrzeugen oder Getränkeflaschen, oder in Ländern der zweiten oder dritten Welt, wo das Sammeln sortenreiner Kunststoffabfälle zum Einkommen beiträgt. So entstehen aus den Sekundärrohstoffen erneut Verpackungen oder Produkte wie Fensterprofile, Rohre, Blumen- und Getränkekästen, neue Folien, Fensterrahmen oder Gießkannen.

Rohstoffliche Verwertung

Durch Pyrolyse lassen sich Kunststoffe wieder in die jeweiligen Monomere oder weitere petrochemisch verwertbare Stoffe, wie Methanol oder Synthesegas spalten. Für die Gewinnung der Monomere ist aber ebenfalls die Verfügbarkeit sortenreinen Materials Voraussetzung. Beispiele sind das Hamburger Verfahren,[35] das zurzeit von der BP betrieben wird und sowohl zur Gewinnung von Monomeren, als auch petrochemischer Rohstoffe dient und das von Walter Michaeli und anderen entwickelte Verfahren der degradativen Extrusion,[36] das in der Lage ist vermischte Kunststoffabfälle in rohstofflich verwertbare Gase, Wachse und Öle umzuwandeln. Diese Verfahren werden naturgemäß vor allem für die Verwertung von Mischkunststoffen genutzt, die sich nur unter großem Aufwand trennen lassen würden.

Energetische Verwertung

Bei der energetischen Verwertung werden die Kunststoffe zur Energiegewinnung genutzt. Einsatzgebiete sind vor allem Hochöfen, Zementwerke, Kraftwerke, etc. Die dort vorherrschenden hohen Temperaturen sorgen für eine vollständige und schadstoffarme Verbrennung. Der Heizwert von Kunststoffen entspricht ungefähr dem von Steinkohle.

Biologisch abbaubare Kunststoffe

Hauptartikel: Bioabbaubarer Kunststoff, Biokunststoff



Mulchfolie aus bioabbaubarem PLA-Blend Bio-Flex

Seit etwa 1990 forscht man intensiv an durch Kompostierung entsorgbaren Kunststoffen. Definiert wird die *Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen* seit 1998 unter der DIN-Norm V 54900. Damit ein Kunststoff biologisch abbaubar wird, muss er Angriffsstellen für die Enzyme der Mikroorganismen bieten, die ihn für ihren eigenen Stoffwechsel nutzen wollen. Diese Enzyme verwandeln die langen Polymerketten in handlichere wasserlösliche Bruchstücke. Dazu kann man bereits natürlich vorkommende Polymere *(Biopolymere)* nutzen, oder in synthetisch hergestellte Ketten Einheiten wie Zucker, Bernsteinsäure oder Milchsäure integrieren. Entscheidend ist die Anwesenheit von Heteroatomen wie Stickstoff oder Sauerstoff im Kunststoff.[31] So sind die meisten der bisher etwa 30 bekannten, vermarktungsfähigen, biologisch abbaubaren Kunststoffe Polyester, Polyamide, Polyesterurethane und Polysaccharide.[31] Bei synthetisch hergestellten Polyestern und -amiden besteht das Problem, dass gerade die Eigenschaften, die die Schlag- und Zugfestigkeit der Materialien ausmachen (intramolekulare H-Brücken in Amiden, aromatische Komponenten in Polyestern), einer Verwertung durch die Natur

entgegenstehen.[31] Eine Verbesserung der biologischen Abbaubarkeit bedeutet so auch fast immer eine Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften. Die Weltproduktion an biologisch abbaubaren Kunststoffen betrug im Jahr 2007 300.000 Tonnen (im Vergleich zu 240 Mio. Tonnen Standardkunststoff). [37]



Biologisch abbauende Mulchfolie aus PLA-Blend Bio-Flex

Polysaccharide

Polysaccharide (Stärke, Cellulose) dienen der Natur als Energiespeicher und Gerüstsubstanzen. Unzählige Einfachzucker (z. B. Glukose oder Fruktose) bilden lange Ketten und stellen somit natürlich vorkommende Polymere dar, die als solche auch von der Natur abgebaut werden können. Sie sind billig und in großen Mengen verfügbar, zeigen allerdings einen gravierenden Nachteil: Sie können nicht durch Aufschmelzen zu Folien, Formteilen oder Fasern verarbeitet werden, d. h. sie sind *nicht* thermoplastisch formbar.[31] Die thermoplastische Formbarkeit ist jedoch gerade einer der großen Vorzüge von Kunststoffen. Eine Veresterung der freien OH-Gruppen der Zucker verbessert zwar die Materialeigenschaften, setzt aber auch ihre Fähigkeit zur biologischen Abbaubarkeit herab.[31] Will man also Polysaccharide als Werkstoff einsetzen, muss man einen Kompromiss zwischen Werkstoffeigenschaften und biologischer Abbaubarkeit finden.

Polyhydroxybuttersäure (PHB)

Polyhydroxybuttersäure ist ein ebenfalls natürlich vorkommendes Polymer,[38] das von bestimmten Mikroorganismen zur Energiespeicherung gebildet wird. Durch Fermentation können diese dazu angeregt werden, das Polymer bis zu 90% ihrer eigenen Masse anzureichern.[31] Es ist als Biopolymer biologisch abbaubar und zeigt Materialeigenschaften, die denen von Polyestern ähneln.[31] Gegenwärtig forscht man daran, PHB auch in gentechnisch veränderten Pflanzen produzieren zu können *(„Plastikkartoffeln“)*.[31]

Mögliche Anwendungsgebiete

- Agrarwirtschaft: verrottende Mulchfolien, Pflanzentöpfe
- Abfallentsorgung: Entsorgung von besonders verdrecktem, nur schlecht recyclebarem Müll, wie Lebensmittelverpackungen, Windeln, etc
- Landschaftspflege: Verringerung des Littering
- Fischerei: verlorene Fischernetze stellen eine latente Gefahr für größere Meereslebewesen dar
- Kunstdünger: als Hüllsubstanzen für Dünger, so dass dieser langsamer und dosierter wirken kann *(Controlled release)*.[31]

Produktionsstatistik von Kunststoffen in Deutschland und der Welt

Produktion von Kunststoffen in Deutschland 2007

Substanzklasse	Jahresproduktion in Tonnen	Umsatz in Mio. Euro
Polyethylen (d>0,94)	1.786.268	1.275
Ethylen-Polyvinylacetat	31.424	43,5
Expandierbares Polystyrol	475.606	515
Anderes Polystyrol	426.272	145,5
Einheitliches Polyvinylchlorid	1.564.029	1.101
Weichgemachtes Polyvinylchlorid	113.212	148,4
Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymere	437.527	356,5
Polyacetale	140.244	333
Polyetheralkohole	566.463	562,7
Epoxidharze (Formmassen)	99.320	55,2
Epoxidharze (Klebstoffe)	22.406	40,3
Epoxidharze (andere)	179.426	343,2
Polycarbonate	326.279	
Alkydharze	255.622	208,4
Polyethylenterephthalat	534.093	615,1
Andere Polyester	489.338	583
Polypropylen	1.928.257	1.429
Polypropylen-Copolymere	493.962	298
Vinylacetat-Copolymere, wässrig (Klebstoffe)	227.115	132,2
Acrylpolymere	201.325	562,7
Acrylpolymere (Formmassen)	600.940	801,9
Andere Acrylpolymere	952.756	650,5
Polyamide (Formmassen)	587.024	1.296
Anderes Polyamid	610.896	732,6
Harnstoffharze	1.013.900	358
Melaminharze	355.616	338,9
Andere Aminoharze, Polyurethane	493.962	298
Andere Phenolharze	256.604	296,5
Andere Polyurethane	1.065.888	1.666
Andere Silikone	427.141	1.570
Celluloseether und Derivate	188.348	544
Synthetischer Kautschuk, Latex	728.442	562,1

[39]

Jahr	Weltproduktion (jato)
1930	10.000
1949	1.000.000
1965	15.000.000
1976	50.000.000
2003	200.000.000
2008	280.000.000

Gesundheitsgefahren

Die Polymerstrukturen der Kunststoffe selbst gelten, da die Zellen lebender Organismen nicht in der Lage sind sie aufzunehmen, als biologisch inaktiv und somit vollkommen unbedenklich. Gefahr kann allerdings von den zugesetzten Additiven ausgehen. Diese können an der Oberfläche des Materials austreten *(Ausschwitzen)*. Aus diesem Grunde gelten für Lebensmittelverpackungen, Kunststoffe in der Medizin und ähnliche Anwendungen besonders strenge Auflagen hinsichtlich der Verwendung von Additiven. Die in solchen Bereichen eingesetzten Kunststoffe bedürfen einer Zulassung, beispielsweise durch die FDA.

In diesem Zusammenhang ist in der Vergangenheit vor allem Weich-PVC in die Kritik geraten, da diesem Kunststoff besonders große Mengen an Weichmachern zugesetzt werden. Es ist daher schon seit langem nicht mehr als Verpackung für Lebensmittel zugelassen. Ebenso ist in der europäischen Union Herstellung und Vertrieb von Spielzeug für Kinder bis drei Jahre aus diesem Material untersagt. Allerdings werden bis heute vor allem in Fernost produzierte Spielzeuge aus Weich-PVC verkauft.

Literatur

Bücher

- Oberbach u. a. (Hrsg.): *Saechtling Kunststoff-Taschenbuch*. Carl Hanser Verlag, München 2004 (29. Aufl.). ISBN 3-446-22670-2
- Otto Schwarz: *Kunststoffkunde.* Vogel, Würzburg 2002 (7.Aufl.). ISBN 3-8023-1917-6
- Gottfried W. Ehrenstein: *Polymer-Werkstoffe*. Carl Hanser Verlag, München 1999 (2. Aufl.). ISBN 3-446-21161-6
- Brigitta Huckestein, Thomas Plesnivy: *Möglichkeiten und Grenzen des Kunststoffrecyclings*. in: *Chemie in unserer Zeit.* 34.2000,5, S.276–286. ISSN 0009-2851 [40]
- Hans Domininghaus: *Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften*. Springer, Berlin-Heidelberg 2005 (6. Aufl.). ISBN 3-540-21410-0
- H. Michler: *Kunststoff-Mikromechanik*, Hanser Verlag München, Wien, 1992
- Gächter, Müller: *Kunststoffadditive*, 3. Ausgabe, Hanser Verlag München, Wien, 1990 ISBN 3-446-15627-5
- HANDBUCH DER EXPERIMENTELLEN CHEMIE SEKUNDARBEREICH II, Band 12, Kunststoffe, Chemie des Alltags, Aulis Verlag Deubner & Co. KG Köln

Zeitschriften u. Aufsätze

- *Kunststoff-Magazin.* [41] Die Kennziffern-Fachzeitschrift der Kunststoff- und Kautschukbranche. Hoppenstedt, Darmstadt 1995ff. ISSN 0941-8520 [42]
- *Plastverarbeiter* [43] (PV). internat. Fachzeitschr. für Verarbeitung, Gestaltung u. Anwendung von Kunststoffen. Hüthig, Heidelberg 1.1950,Apr.ff. ISSN 0032-1338 [44]
- *Kunststoffe, Synthetics.* Fachzeitschrift für Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen und neuen Werkstoffen. Vogt-Schild, Solothurn 23.1992,6ff. ISSN 1021-0601 [45]
- *Kunststoffe* [46] *(KU). Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung.* Organ deutscher Kunststoff-Fachverbände. Fachzeitschrift für Kunststofftechnik. Hanser, München 1.1911ff. ISSN 0023-5563 [47]
- Hans Priess: *Zur Umbenennung der Kunststoffe in „Polyplaste“.* Chemiker-Zeitung. 74(21), S. 265 ff. (1950), ISSN 0009-2894 [48]
- Klaus Möbius: *Kunststoffe in aller Welt.* Chemiker-Zeitung - Chemische Apparatur 83(20), S.693 - 699 (1959), ISSN 0009-2894 [48]
- Klaus G. Kohlepp: *Wachstum im Wandel der Zeiten - Entwicklungsgeschichte der Kunststoffe.* Kunststoffe 5/2005, S. 22 - 32 (2005), ISSN 0023-5563 [47]
- H.P. Schlumpf, *OMYA-Kontakt No. 172*, Vortragsskript 1994, Plüss Staufer AG
- H.P. Schlumpf, *Kunststoffe*, 77, S.1092-1099 (1987)

Institute

- Deutsches Wollforschungsinstitut [49], (DWI) Aachen
- Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen
- Institut für Technische und Makromolekulare Chemie [50] (ITMC) Aachen
- Uni Bayreuth [51]
- Institut für Polymere [52], an der ETH Zürich
- Deutsches Kunststoff-Institut [53] (DKI), Darmstadt
- Institut für Polymerforschung [54], Dresden
- Lehrstuhl für Kunststofftechnik [55], Erlangen
- Uni Freiburg [56],
- Uni Hamburg [57]
- Institut für Kunststofftechnik [58], (IKT) Stuttgart
- Institut für angewandte makromolekulare Chemie [59], (IAMC) Stuttgart
- Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Forschungsinstitut und Ausbildungsstätte für Kunststofftechnik, Würzburg

Weblinks

- Kunststoff-Tabelle [60]
- Deutsches Kunststoff Museum, Kunststoff-Museums-Verein e. V. Düsseldorf [61]
- Unternehmensmagazin: *Plastik ist die Zukunft, mein Junge.* [62] Amüsant und leicht geschriebener Artikel über den Imagewandel und die Bedeutung von Kunststoff.
- PlasticsEurope [63] – Vereinigung europäischer Kunststoffhersteller
- AVK - Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe [7]

Referenzen

[1] Deutsches Kunststoff Museum - Rezept zur Herstellung von Kunsthorn (http://www.deutsches-kunststoff-museum.de/index.php?id=460)

[2] Handbuch der experimentelle Chemie Sekundarbereich II, Band 12, Kunststoffe, Recyling, Alltagschemie, S.21, Aulis & Deubner Verlag GmbH & Co. KG

[3] Deutsches Patent 28877

[4] Staudinger H.: *Über Polymerisation.* In: *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 53, 1920, S. 1073.

[5] Staudinger, H.: *Die Struktur des Gummis. VI.* In: *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, Abteilung B: Abhandlungen, 57B, 1924, S. 1203-8.

[6] Staudinger H.: *Die Chemie der hochmolekularen organischen Stoffe im Sinne der Kekuleschen Strukturlehre.* In: *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 59, 1926, S. 3019-3043

[7] Staudinger, H.; Frey, K.; Starck, W.: *Verbindungen hohen Molekulargewichts IX. Polyvinylacetat und Polyvinylalkohol.* In: *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, Abteilung B: Abhandlungen, 60B, 1927, S. 1782-92.

[8] Deutsches Patent: 961537: Verfahren zur Herstellung von Aluminiumtrialkylen und Aluminiumalkylhydriden, Erfinder: K. Ziegler; H.-G. Gellert

[9] Ziegler, Karl; Gellert, Hans Georg; Lehmkuhl, Herbert; Pfohl, Werner; Zosel, Kurt: *Organometallic compounds. XXVI. Trialkylaluminum and dialkylaluminum hydride from olefins, hydrogen, and aluminum.* In: *Ann.*, 629, 1960, S. 1-13.

[10] US-Patent: Ziegler, Karl; Breil, Heinz; Holzkamp, Erhard; Martin, Heinz: Catalysts for polymerizing olefins, especially ethylene.; U.S. **1971**, 14 S. Continuation-in-part of U.S. 3,257,332 (CA 65;7308d).

[11] Natta, G.; Pasquon, I.; Zambelli, A.: *Stereospecific catalysts for the head-to-tail polymerization of propylene to a crystalline syndiotacfic polymer.* In: *Journal of the American Chemical Society*, 84, 1962, S. 1488-90.

[12] Martin Bonnet: *Kunststoffe in der Ingenieuranwendung: Eigenschaften, Verarbeitung und Praxiseinsatz polymerer Werkstoffe.* Vieweg+Teubner Verlag, 2008, ISBN 978-3-8348-0349-8, S. 55

[13] W. Woebcken, K. Stoeckhert, H. B. P. Gupta: *Kunststoff-Lexikon.* 9. Auflage, Hanser Verlag, 1998, ISBN 978-3-446-17969-1, S. 256

[14] J. M. G. Cowie: *Chemie und Physik der synthetischen Polymeren*. Vieweg, 2 Ed., 1997, ISBN 3-528-06616-4

[15] Neumann, Friedrich E.: *α-Methylstyrene block copolymers*. In: *Ger. Offen.*, 1970, S. 13.

[16] Szwarc, M.: *Living polymers. Their discovery, characterization, and properties*. In: *Journal of Polymer Science*, Part A: Polymer Chemistry, 36(1), ix 1998

[17] H.-G. Elias: *Bd. 3: Industrielle Polymere und Synthesen*. Wiley-VCH, Auflage: 6., vollst. überarb. Aufl., 2001, ISBN 3-527-29961-0

[18] Hohenberger, W.: *Additives. Trends and perspectives*. In: *Kunststoffe*. 92(5), 2002 S. 86-91.

[19] Keim, W., Behr A., Schmitt G.: *Grundlagen der industriellen Chemie*, Verlag Sauerländer, **1986**.

[20] Elias, H.-G.: *Polymere Von Monomeren und Makromolekülen zu Werkstoffen*, Hüthig & Wepf, Midland, 1996, ISBN 3-8252-8107-8

[21] Barrow, Craig S.; Lucia, Helen; Alarie, Yves C.: *A comparison of the acute inhalation toxicity of hydrogen chloride versus the thermal decomposition products of polyvinylchloride.*. In: *Journal of Combustion Toxicology*, 6(Feb.), 1979, S. 3-12.

[22] De Bie, F.: *Die Gretchenfrage beim Brandschutz Flammwidrige Thermoplaste – Strategie und Entwicklung*. In: *Kunststoffe*, 92(2), 2002, S: 70-73.

[23] Matthias C. Hund, Norbert Grünewald: *Additives and masterbatches.* In: *Kunststoffe.* 93, Nr. 7, 2003, ISSN 0945-0084 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0945-0084), S. 38-39.

[24] *Kunststoffindustrie.* PlasticsEurope Deutschland e.V. (http://www.vke.de/de/markt/industrie/), zugegriffen am 4. Oktober 2007

[25] Kaiser W.: *Kunststoffchemie für Ingenieure*, Hanser, München, 2006, ISBN 3-446-22069-0

[26] Sawyer, L. C.; Chen, R. T.; Jamieson, M. G.; Musselman, I. H.; Russell, P. E.: *The fibrillar hierarchy in liquid crystalline polymers.*. In: *Journal of Materials Science*, 28(1), 1993, S. 225-38.

[27] Carraher, Charles E., Jr.: *Polymer processing. Spinning and fiber production.*. In: *Polymer News*, 27(3), 2002, 91-94.

[28] Schmitt J. M; Beeres M.: *The medical technology industry: a competence centre for health.*. In: *Medical device technology*, 17(3), 2006, S. 52-3.

[29] Harald Cheldron, Friedrich Herold, Arnold Scheller: Technisch wichtige temperaturbeständige Polymere, Chemie in unserer Zeit, 6/1989, S. 181 ff.

[30] Eric Baer: Hochentwickelte Polymere, Spektrum der Wissenschaften, 12/1986, S. 150

[31] Müller, R.-J, *Biologie in unserer Zeit*, 30, 2000, S. 218.

[32] Samiha Shafy: Das Müll-Karussell (http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,533229,00.html), Spiegel Online, 2. Februar 2008 (Abgerufen am 7. Februar 2008)

[33] http://marine-litter.gpa.unep.org/documents/World's_largest_landfill.pdf

[34] Huckestein B., Plesnivy T., *Chemie in unserer Zeit*, 34, 2000, S. 276.

[35] Kaminsky, W.; Sinn, H.: *Petrochemical processes for recycling plastics. Pyrolytic techniques.* In: *Recycling and Recovery of Plastics*, 1996, S. 434–443.

[36] Menges P., Michaeli W., Lackner V., *Monatshefte der Chemie*, 127 (8), 1996, S. 821.

[37] Prof. Dietrich Braun: *150 Jahre Kunststoffe - Erfolge durch Forschung*, Chemische Rundschau, Oktober 2008, S. 78 ff.

[38] Doi Y.: *Microbial Polyesters*, VCH Publishers Inc., New York, 1990.

[39] Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 3.1, Jahr 2007

[40] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0009-2851
[41] http://www.Kunststoff-Magazin.de
[42] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0941-8520
[43] http://www.Plastverarbeiter.de
[44] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0032-1338
[45] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1021-0601
[46] http://www.Kunststoffe.de
[47] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0023-5563
[48] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0009-2894
[49] http://134.130.23.9/staff/moeller.html
[50] http://www.itmc.rwth-aachen.de/
[51] http://www.uni-bayreuth.de/content/mci/?lang=de
[52] http://www.polychem.mat.ethz.ch/
[53] http://www.dki-online.de
[54] http://www.ipfdd.de
[55] http://www.lkt.uni-erlangen.de
[56] http://www.chemie.uni-freiburg.de/makro/
[57] http://www.chemie.uni-hamburg.de/tmc/index_g.html
[58] http://www.ikt.uni-stuttgart.de
[59] http://www.uni-stuttgart.de/iamc/
[60] http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/tabelle.htm
[61] http://www.deutsches-kunststoff-museum.de
[62] http://web.archive.org/web/20080119213806/http://magazin.bayerbms.de/internet/umagazin_a0706.nsf/id/DE_Plastik_ist_die_Zukunft_mein_Junge
[63] http://www.plasticseurope.org

Kunststofffolie

Kunststofffolie, umgangssprachlich auch *Plastikfolie* genannt, ist ein dünnes (<1 mm) Blatt aus Kunststoff. Es wird zunächst in Endlosbahnen gefertigt, aufgerollt und später in passende Stücke geschnitten. Dickeres Material kann nicht aufgerollt werden und heißt daher Tafel.

Basismaterial

Kunststofffolien bestehen vielfach aus Polyolefinen wie Polyethylen (PE) hoher und niedriger Dichte oder Polypropylen (PP). Daneben eignen sich aber auch Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS), verschiedene Polyester sowie Polycarbonat (PC). Dagegen wird Cellophan aus Cellulose (Verfahren analog zu Viskose, jedoch aus Schlitzdüsen) hergestellt, kann aber mit Kunststofffolie beschichtet sein. Auch andere bio-basierte Kunststoffe wie Polylactid (PLA), Celluloseacetat und Stärkeblends können zu Folien verarbeitet werden und werden entsprechend eingesetzt.

Häufig werden auch Mehrschicht-Verbunde aus einer Kombination unterschiedlicher Kunststoffe hergestellt. Damit können bestimmte Eigenschaften, wie beispielsweise das Permeationsverhalten verbessert werden.

Die Produktion von Polycarbonatfolie wurde im Jahr 2000 eingestellt, da die geringe Herstellungsmenge mit dem Kunststofffolienkondensator als alleinige Anwendung unwirtschaftlich wurde.

Eigenschaften

Hauptmerkmal von Kunststofffolien ist ihre Fähigkeit, an oder um Gegenstände gewickelt werden zu können und sich deren Form anzupassen. Typische Foliendicken liegen im Bereich unter 0,1 Millimeter. Als Elektroisolierfolien können sie fallweise auch nur 0,002 Milimeter dick sein. Die Reißfestigkeit beträgt je nach Material zwischen 20 und 300 N/mm², ist aber häufig längs und quer zur Extrusionsrichtung unterschiedlich. Die Reißdehnung kann leicht mehrere hundert Prozent erreichen.

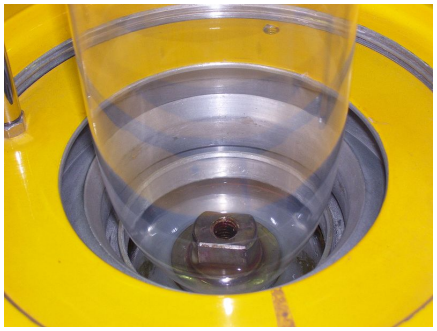
Kunststofffolien können in vielen Farben eingefärbt, bei einigen Materialien aber auch völlig transparent eingestellt werden. In diesem Fall spricht man auch von *Klarsichtfolie*.

Sie sind zumeist elektrisch isolierend, werden aber insbesondere für die Verpackung von statisch empfindlichen Elektronikbauteilen durch Modifikatoren leitfähig eingestellt.

Die mechanische Belastbarkeit kann durch Armieren mit Glasfasern oder Einbringung eines Geflechtes erhöht werden. Ebenso erhöhen bestimmte Polymere oder Additive die thermische Belastbarkeit zum Beispiel bei Folien für Fotokopierer oder Laserdrucker.

Herstellung

Kunststofffolien werden meist durch Extrusion hergestellt (siehe auch Coex-Folie). Daneben können sie aber auch durch Gießen, Kalandrieren oder Blasformen gefertigt werden.



Blasformen einer Folie aus dem PLA-Blend Bio-Flex

Verwendung

Kunststofffolien werden häufig als Verpackung verwendet, der Abdeckung von Baumaterial und der (meist vorläufigen) Verkleidung von Öffnungen. Andere Baufolien werden zur Isolation verschiedener Schichten verwendet. In der Geotechnik sind so genannte Geotextilien in Gebrauch, mit denen unterirdische Schichten gegeneinander isoliert werden oder - etwa bei Deponien - auch zum Sammeln der Deponiegase benützt werden.

Kleberbeschichtete PVC-Folien werden für den Digitaldruck und als Schneidefolie verwendet. Sie werden als Rollenware vertrieben und werden in der Werbetechnik zur Herstellung von Beschilderungen, Beschriftungen im Außenbereich, Fahrzeugvollverklebungen und als Oberflächenschutz eingesetzt.

Spezielle, atmungsaktive, selbstklebende Folien kommen als Wundverband im Rahmen der feuchten Wundbehandlung zum Einsatz.

Durchsichtige Folien (*Klarsichtfolien*) dienen als Trägermaterial von beschreibbaren Overheadfolien für Tageslichtprojektoren oder für die lichtempfindliche Schicht von Filmen.

Folien werden ebenso in der Landwirtschaft verwendet (Folienkultur).

Produkte aus Kunststofffolie

- Adhäsionsfolie
- BOPP-Folie
- Dehnfolie
- Demetallisierte Folie
- Frischhaltefolie
- Kunststoff-Folienkondensator
- Overheadfolie
- Parafilm
- Prospekthülle
- Plastiktüte
- Luftpolsterfolie
- Sonnenschutzfolie
- Ganzreklame

Kuppelproduktion

Die **Kuppelproduktion** (auch **Verbundproduktion**) ist eine Sonderform der Fertigungstypen und beschreibt die gemeinsame bzw. simultane Herstellung mehrerer Produkte in einem einzigen betrieblichen Produktionsprozess (beispielsweise eine chemische Reaktion) oder den (gewollten oder ungewollten) Anfall von Nebenprodukten während der Produktion. Die entstehenden Erzeugnisse heißen **Kuppelprodukte**.

In der Sichtweise einer ökologischen Produktionswirtschaft ist die Kuppelproduktion der *Regelfall* einer Produktion, da in dieser alle meist mit der Vorsilbe „Ab“ versehenen Ergebnisse einer Produktion ebenfalls betrachtet werden, also Abfall, Abwärme, Abwasser etc. Auch dies sind mit entstehende Produkte, die sinnvollerweise nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit sondern auch durch die Kostenrechnung und Kalkulation mit verfolgt werden sollten. Ein solcher Ansatz weist oft auf Lösungsmöglichkeiten hin, solche Produkte ebenfalls zu verwerten oder zumindest in ihrem Anfall und Beseitigungskosten zu reduzieren.

Wesensmerkmale der Kuppelproduktion

Es wird unterschieden zwischen

- der starren Kuppelproduktion und
- der lenkbaren Kuppelproduktion.

Bei der starren Kuppelproduktion treten die Produkte in einem festen Mengenverhältnis zueinander auf (also stöchiometrisch). Im zweiten Fall sind durch Variationen der Prozessparameter (beispielsweise in Raffinerien) unterschiedliche Mengenrelationen möglich.

In der Regel ist ein Produkt das Hauptprodukt, das oder die anderen sind Nebenprodukte. Zur betriebswirtschaftlichen Kalkulation von Kuppelprodukten wird gewöhnlich die Restwertmethode benutzt, obwohl eine verursachungsgerechte Zurechnung der Kosten nicht möglich ist.

$$\text{Stueckkosten des Hauptprodukts} = \frac{\text{Gesamtkosten} - \text{Erloese der Nebenprodukte}}{\text{Menge der Hauptprodukte}}$$

Kuppelprodukte können betriebswirtschaftlich sowohl Kosten als auch Erlöse bedeuten. So können in einem chemischen Unternehmen Kuppelprodukte aufgrund der Entsorgungsverantwortung beziehungsweise des Umweltschutzes Kosten verursachen. Andersherum kann beispielsweise Wärme, die aufgrund des Produktionsprozesses entsteht, für das Warmwassersystem eines Unternehmens genutzt werden.So können sachliche Bündelungseffekte entstehen.

Oft werden die Nebengüter aber auch zur Weiterverarbeitung verkauft. Dann kann man die Gesamtkosten der Hauptprodukte um die Erlöse der Nebenprodukte entlasten. Kuppelprodukte können daher neben der Verminderung von Abfällen sogar den Gewinn steigern, und die Marktposition eines Unternehmens durch eine breitere Produktpalette stärken.

Wortstamm

Das Wort leitet sich von den mittelhochdeutschen Verben kuppeln, koppeln = "an die Leine legen, verbinden" ab. Man findet daher auch die Begriffe Koppelprodukt und Koppelproduktion anstelle Kuppelprodukt und Kuppelproduktion für diesen Sachverhalt.

Beispiele

Klassische Beispiele für Kuppelproduktionen sind:

- Chloralkalielektrolyse mit den Kuppelprodukten Chlor, Natronlauge und Wasserstoff:

$$2NaCl + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + Cl_2 + H_2$$

- Phenolsynthese nach dem Cumolhydroperoxidverfahren mit den Kuppelprodukten Phenol und Aceton
- die zwangsläufige Produktion von Benzin, Dieselkraftstoff und Schweröl bei der Verarbeitung von Erdöl
- die Erzeugung von Extraktionsschrot und Pflanzenöl bei der Extraktion aus Ölsaaten
- die Erzeugung von Glycerin bei der Herstellung von Biodiesel
- die Erzeugung von Strom und Wärme im Heizkraftwerk
- Gewinnung von Brennholz aus dem Verschnitt der Nutzholzproduktion
- die Erzeugung von Kleie und Grieß bei der Herstellung von Mehl aus Getreide
- die gleichzeitige Beförderung von Passagier- und Frachtkapazität bei Betrieb eines Verkehrsflugzeuges
- die Plasmafraktionierung.

Siehe auch

- Marktwertrechnung

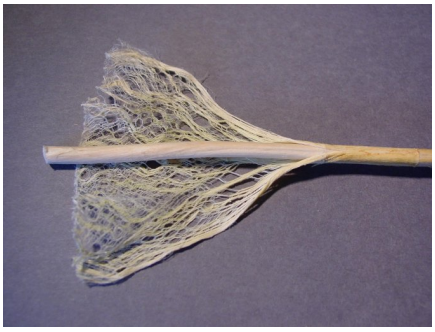
Literatur

- Paul Riebel: *Die Kuppelproduktion. Betriebs- und Marktprobleme*. Habilitationsschrift vom 17. Februar 1954, Hochschule für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften Nürnberg. Köln, Opladen: Westdeutscher Verlag, 1955, 243 S. (= Veröffentlichungen der Schmalenbach-Gesellschaft, Band 23)

Kurzfaser

Als **Kurzfasern** werden Naturfasern bezeichnet, die eine durchschnittliche Länge von etwa 40 bis 100 mm, jedoch immer mehr als einen Zentimeter haben. Sie fallen beim Faseraufschluss neben Lang- und Superkurzfasern an. Im Gegensatz zur traditionellen Langfaserproduktion, bei der die Naturfasern in Langfasern und Werg getrennt werden, nutzt man zum Kurzfaseraufschluss alle Fasern (Gesamtlinie).

Faseraufschluss von Hanf und Flachs



Hanfstängel mit Fasern und holzigen Innenbereich

Der Kurzfaseraufschluss ist im Vergleich zum Langfaseraufschluss weniger aufwendig, da auf Produktionsschritte wie das aufwändige Wasserrösten (Feldröste reicht aus) und das Schwingen verzichtet werden kann. Da die Fasern auch in Wirrlage genutzt werden können und entsprechend nicht gerichtet werden müssen, ist auch die Handhabung der Fasern einfacher.

Kurzfasern werden in modernen Aufschlussanlagen produziert und für die technische Nutzung optimiert. Zur Vorbehandlung auf den Faseraufschluss der Kurzfaser- und Gesamtfaserlinie wird das Hanfstroh auf dem Feld gekürzt und geröstet (Feldröste) und danach in Rund- oder Quaderballen gepresst; eine Wasserröste wie bei der traditionellen Langfaseraufbereitung entfällt. Das Stroh wird in Wirrlage (Wirrfaser) einer Faserauschlussanlage zugeführt und geöffnet, anschließend wird das Material in den aus unterschiedlich großen Zahnwalzen bestehenden Brecheinheiten gebrochen, um eine Trennung der Fasern und des Holzkerns zu ermöglichen. Über mehrere Schritte werden die Holzbestandteile als Schäben von den Fasern getrennt, wobei das teilentholzte Stroh durch Voröffner, Reiniger, Vorauflöser und schließlich Schüttel- und Nadelöffnungseinheiten geführt und damit in kleinere Faserbündel aufgelöst wird. Eine weitere Auflösung und Verfeinerung der Faserbündel zu Einzelfasern erfolgt über weitere Stufenreinigungen, Walzen, Kardiereinrichtungen und Auflöseeinheiten.

Nutzung

Kurzfasern werden vor allem für Technische Textilien wie Filze und Vliese (non-wovens), für Formpressteile (vor allem für die Automobilindustrie), für Naturdämmstoffe sowie für Geo- und Agrartextilien verwendet. Potenziell spielen sie als Verstärkungsfasern in Kunststoffen und Verbundwerkstoffen (naturfaserverstärkte Kunststoffe) eine wichtige Rolle, da sie durch Einrieseln gut verteilt und auch im Spritzgussverfahren verwendet werden können.

Literatur

- Michael Carus et al.: *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU).* Gülzower Fachgespräche 26, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008 Download [2]
- nova-Institut (Hrsg.): *Das kleine Hanf-Lexikon.* Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seite 65. ISBN 3-89533-271-2

Kurzumtriebsplantage

Eine **Kurzumtriebsplantage** (KUP, Schnellwuchsplantage) ist eine Anpflanzung schnell wachsender Bäume oder Sträucher mit dem Ziel, innerhalb kurzer Umtriebszeiten Holz als nachwachsenden Rohstoff zu produzieren. Geschieht dies ausschließlich für die Energieerzeugung, wird auch von **Energiewald** gesprochen.



Kurzumtriebskultur aus Hybrid-Pappeln



Ernte einer Weidenplantage

Baumarten

In einer Kurzumtriebsplantage werden schnellwachsende und ausschlagsfähige Baumarten, vor allem Pappeln (Gattung *Populus*) oder Weiden (Gattung *Salix*) eingesetzt. Die Forschung und Züchtung konzentriert sich dabei auf Baumarten, die für gemäßigtes Klima geeignet sind.[1]

Unter den Pappeln sind vor allem die Balsampappeln wie die Westliche Balsam-Pappel und *Populus maximowiczii* sowie deren Hybride und Kreuzungen zwischen Balsam- und Schwarzpappeln geeignet. Diese zeichnen sich gegenüber reinen Schwarzpappeln und anderen Baumarten dadurch aus, dass sie besonders schnell wachsen, nicht allzu viel Licht brauchen und ein dichtes Wurzelwerk bilden.[2] Weitere Ziele bei Kombinationszüchtungen von Pappeln sind die Erhöhung der Biomasseproduktion, Verbesserung der Schädlingsresistenz, Akzeptanz höherer Pflanzungsdichte, hoher Stockausschlag und schnelles Wachstum in den ersten Entwicklungsjahren, um die Ernteintervalle zu verkürzen.[1] Auch die Brennstoffqualität des Holzes wird durch Züchtungen beeinflusst, indem Formen mit hoher Effizienz der Nährstoffnutzung und hohem, aber nährstoffarmem Stammanteil selektiert werden.[2]



Stockausschlag am Beispiel einer Erle

Unter den Weiden sind vor allem die Korb-Weide, die Kübler- oder Kätzchen-Weide (*Salix* × *smithiana*) und die Filzast-Weide bedeutsam. Die Stecklinge dieser Arten wachsen sicher an und neigen zu mehrtriebigem Austrieb

bzw. zur Verbuschung. Baumarten, deren Eignung für Kurzumtriebsplantagen diskutiert wird, aber noch wenig erforscht ist, sind die Robinie, die Schwarz-Erle und die Sandbirke.[1]

Geschichte und wirtschaftliche Situation

Der Anbau von schnell wachsenden Baumarten für die stoffliche Nutzung zur Herstellung von Holzwerkstoffen wird in einigen europäischen Ländern bereits seit vielen Jahren erfolgreich praktiziert. In Deutschland sind Holzfelder allerdings seit den 1970er Jahren nicht über das Versuchsanbaustadium hinausgekommen, obwohl bereits 1974 in Hessen das erste Forschungszentrum für schnell wachsende Baumarten gegründet wurde. Dies ist einerseits auf einen bislang nur begrenzt vorhandenen Absatzmarkt für das Endprodukt Holzhackschnitzel zurückzuführen. Andererseits war über Jahre hinweg Heizöl der wirtschaftlichste Brennstoff zur Wärmeversorgung. Im Zuge gestiegener Preise für fossile Energieträger ändert sich diese Situation jedoch. Heute werden Kurzumtriebsplantagen überwiegend zur energetischen Nutzung angebaut.[2]

Seit etwa 1990 werden z. B. Weidenklone in großen Plantagen gezüchtet. In Schweden bestehen langjährige Erfahrungen mit dem Anbau von Weiden im Kurzumtrieb. Bereits 1999 wurden dort 16.000 Hektar kultiviert,[3] im Wirtschaftsjahr 2005/2006 waren dort etwa 15.000 Hektar Holzfelder in Bewirtschaftung. Der Ertrag konnte bei den neueren Sorten im Vergleich zu den ersten Holzfeldern massiv gesteigert werden und liegt derzeit bei einem jährlichen Zuwachs von 8 bis 12 Tonnen Trockenmasse (atro) pro Hektar. In Deutschland lag die Fläche der Kurzumtriebsplantagen 1996 noch bei nur 80 Hektar. Jedoch wurden gerade in den letzten Jahren vermehrt Plantagen auf Feldern, Ruderalflächen oder sogar auf Industriebrachen angelegt.

Holzfelder sind im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion ein sehr arbeitsextensives Anbauverfahren. Den überwiegenden Teil der Arbeiten können die Land- oder Forstwirte mit ihren eigenen Maschinen durchführen. Lediglich für die Pflanzung und die Ernte werden Spezialmaschinen benötigt, die in der Regel von Dienstleistern zur Verfügung gestellt werden.

Nutzung

Bei der Kurzumtriebsplantage werden Baumstecklinge in Reihen angepflanzt und, je nach Art und Klima, alle 3 bis 10 Jahre maschinell geerntet. Die im Boden verbleibenden Pflanzenreste haben die Fähigkeit zum Stockausschlag, und so erfolgt nach der Ernte ein erneuter Austrieb der Bäume, ohne dass sie neu angepflanzt werden müssen. Unter guten Bedingungen können Kurzumtriebsplantagen im Schnitt etwa 10 Tonnen Trockensubstanz je Jahr und Hektar produzieren, unter sehr guten Bedingungen auch das doppelte. Nach circa 20 Jahren lässt die Produktionskraft der Pflanzen nach, und die Fläche sollte bei weiterer Nutzung neu angelegt werden.

Anbau

Bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen ist eine vorherige Bodenbearbeitung die Regel. Hierdurch wird der Begleitwuchs verdrängt und der Boden für den Baumwuchs aufgelockert. Dieses verbessert die Konkurrenzsituation der Energiepflanzen in der Anwuchsphase und mindert Probleme mit Mäusen oder Frost. Ebenfalls wird durch die Bodenlockerung das Einbringen der Stecklinge erleichtert.

In der Regel werden Holzfelder im zeitigen Frühjahr (März bis Anfang April) angelegt. Als Pflanzmaterial dienen häufig 2,50 Meter lange Ruten, die für die Pflanzung in etwa 20 Zentimeter lange Stecklinge geschnitten werden. Der Anbau von Kurzumtriebsplantagen aus Samen wird nicht durchgeführt, da die Samen von Pappeln und Weiden nicht lagerfähig und häufig bereits nach ein paar Wochen nicht mehr keimfähig sind. Eine deutlich teurere Alternative zu den Stecklingen, die durch ertragsreiche Mutterpflanzen gewonnen werden, ist die Nutzung der Gewebekulturvermehrung. Diese ist zurzeit jedoch nicht rentabel und wird entsprechend nur in der Forschung eingesetzt. Die Holzfelder werden mit Hilfe einer Pflanzmaschine angelegt. Der Pflanzverband richtet sich nach Baumart, dem geplanten Produkt (Energie- oder Industrieholz) und den Spurweiten der einzusetzenden Maschinen.

Ein heute gängiger Pflanzverband für die Erzeugung von Weiden-Energieholz ist die Anlage von Doppelreihen mit 70 bis 75 cm Abstand, welche von der Erntemaschine in einem Durchgang erfasst werden können. Zwischen den Doppelreihen muss ausreichend Abstand für die Räder der Erntemaschine vorhanden sein. Dieser beträgt ca. 2 m. Der Abstand der Pflanzen in der Reihe beträgt typischerweise 60–65 Zentimeter. Entsprechend werden Pflanzdichten von 5.000 bis 10.000 Pflanzen pro Hektar realisiert.

Pflanzenschutz



Schäden in einer Weidenplantage durch den Blauen Weidenblattkäfer (*Phratora vulgatissima*)

In Kurzumtriebsplantagen treten die gleichen Probleme wie in Forstkulturen auf. Neben allgemeinen Gefahren spielen vor allem auf einzelne Arten spezialisierte Schädlinge eine gewisse Rolle.

Problematisch beim Anbau von Kurzumtriebsplantagen ist die geringe genetische Variabilität der Pflanzen, die aus der vegetativen Vermehrung der Stecklinge resultiert, sowie der Engstand der Pflanzen. Dies macht die Gesamtbestände anfällig gegenüber Schädlingen, wobei bislang nur der Befall durch Rostpilze der Gattung *Melampsora*[1] sowie durch Pappelkäfer (*Melasoma populi*) zu stärkeren Ertragseinbußen führte.

Neben mechanischen Pflanzenschutzverfahren wie der Umzäunung der Stecklinge gegen Wildverbiss werden Herbizide aus dem Getreideanbau eingesetzt. Für Pflanzenschutzmittelapplikationen auf nichtindizierten Kulturen benötigt man in Deutschland nach §18 b Pflanzenschutzgesetz eine Ausnahmegenehmigung von den zuständigen Behörden. Diese wird in der Regel problemlos erteilt, da Holzhackschnitzel nicht in die Nahrungskette gelangen.

Ernte



Landwirtschaftlicher Häcksler mit Sonderausstattung für die Ernte von Energieholz

Kurzumtriebsplantagen sind Dauerkulturen, die üblicherweise bis zu 20 Jahre mit durchschnittlich 3 bis 6 Ernterotationen genutzt werden können.[1] Die Ernte erfolgt im mehrjährigen Umtrieb, der Bestand hat zur Erntezeit eine Höhe von 6 bis 8 Metern erreicht. Die Erträge bei Balsampappeln liegen dabei zwischen 10 und 15 Tonnen pro Hektar und Jahr, bei Weiden bei 5 bis 10 Tonnen pro Hektar und Jahr. Der Erntezeitpunkt liegt optimal im Winter nach dem Blattabfall, da hierdurch ein großer Teil der Nährstoffe auf den Feldern verbleiben kann.[2] Als Erntemaschinen werden bei kurzen Umtriebszeiten meist hochmotorisierte, selbstfahrende Feldhäcksler mit Schwachholzeinzug verwendet, daneben auch Anbaumähhacker. Holzvollernter (Harvester) und Bündler aus der Forsttechnik können auch bei ertragreicheren Kulturen sowie bei längeren Umtriebszeiten eingesetzt werden. Wichtig ist es, den Boden nicht zu stark zu verdichten, damit die Bäume in einem gut durchlüfteten Boden stehen können.

Frische Hackschnitzel haben in der Regel einen Wassergehalt von 50 bis 60 % und müssen zur Verwendung vorgetrocknet werden. Dies geschieht bei Lagerung der Schnitzel im Freien oder in Pressballen. Zur Verfeuerung sollten sie einen Wassergehalt von maximal 30 % haben. Wichtig ist ein grobes Hacken des Holzes, da feine Hackschnitzel schlecht lagerfähig sind. Die Hackschnitzel können als Mieten gelagert und nach Bedarf verbrannt, vergast oder zu Pellets verarbeitet werden. Die Weiden treiben nach der Ernte wieder aus. Je nach Boden kann nach der Ernte eine Düngung von 50 bis 70 kg Stickstoff sinnvoll sein.

Wirtschaftlichkeit


Schnecke einer Holzhackschnitzelheizung

Gegenüber etablierten einjährigen Ackerkulturen sind KUP durch relativ hohe Investitionen bei Bestandsbegründung, einen verhältnismäßig langen Produktionszeitraum und unregelmäßige Zahlungsströme gekennzeichnet. Schließlich müssen am Ende der Nutzungsdauer auch die Kosten der Rückwandlung der Fläche für eine ackerbauliche Nutzung (Entfernung der Wurzelstöcke) kalkuliert werden[4] . KUP bedeuten daher ein größeres unternehmerisches Risiko als bei einjährigen Kulturen und ein Anbau sollte nur bei festen Abnahmeverträgen mit verbindlichen Preisen in Erwägung gezogen werden[5] .

Für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich von KUP mit einjährigen Kulturen muss statt des Deckungsbeitrags die dynamische Investitionsrechnung herangezogen werden, durch die die unregelmäßigen Zahlungsströme in eine jährlich konstante Annuität übergeführt werden. Die errechnete Annuität kann direkt mit dem Deckungsbeitrag einjähriger Kulturen verglichen werden. Nach verschiedenen Studien kann die Annuität von Pappeln und Weiden unter günstigen Bedingungen bei rund 250 bis 500 € je Hektar und Jahr liegen, kann in vielen Fällen aber auch negativ ausfallen. Je länger die Anzahl der Rotationen ist, bei einer Rotationsdauer von drei bis vier Jahren, desto eher werden positive Annuitäten erzielt. [4] [6] [7]

Wissenschaftler der Universität Halle stellen fest, dass nicht alle Kurzumtriebplantagen wirtschaftlich sind. Sie gehen davon aus, dass Kurzumtriebsplantagen zwar wirtschaftlich betrieben werden könnten, jedoch im Vergleich zu eingeführten Marktfrüchten geringere Gewinne erbrächten und daher nicht konkurrenzfähig seien. Eine Alternative stellten sie nur für hofferne Klein- und Splitterflächen dar, da sie selten angefahren werden müssen.[8]

Die Gesamtkosten zur Etablierung einer Kurzumtriebsplantage liegen bei etwa 3.000 bis 4.000 Euro pro Hektar. In der ersten Ernte bei Pappel- und Weidenplantagen werden durch die noch nicht abgeschlossene Verwurzelung und den fehlenden Stockausschlag in der Regel ewas geringere Erträge erbracht als in den Folgejahren.

Für den Anbau von KUP zur Nutzung als nachwachsender Rohstoff auf nicht-stillgelegten Flächen konnte unter bestimmten Voraussetzungen bis 2009 die Energiepflanzenprämie in Anspruch genommen werden.

Im Wärmemarkt werden Holzhackschnitzelfeuerungen auch bei höheren Investitionskosten für die Verbrennungs- und Beschickungstechnik aufgrund der stark gestiegenen Preise für fossile Energieträger wirtschaftlich. Der durchschnittliche Energiegehalt beträgt zwischen 15,5 und 18,5 MJ/kg, bei der Ernte und Zerkleinerung werden etwa 60 MJ/t verbraucht, wodurch die Energiebilanz sehr gut ist.

Rechtliches

Deutschland

Der § 2 des Bundeswaldgesetzes (BWaldG) definiert Wald als *„jede mit Forstpflanzen bestockte Grundfläche“* und ermöglicht bisher keine gesonderten Ausnahmen für Kurzumtriebsplantagen. Andererseits ermöglicht das „Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen“ von 2006[9] die Anlage von Kurzumtriebsplantagen als landwirtschaftliche Nutzung. Seit mehreren Jahren strebt die Bundesregierung eine rechtliche Klarstellung durch entsprechende Änderungen im BWaldG an. Hierzu wurde in einem Antrag zur Novellierung des Bundeswaldgesetzes folgende Forderung aufgestellt: *„Die Definition des Waldes (§ 2) ist so zu verändern, dass ... Flächennutzungen wie Agroforstsysteme und Kurzumtriebsplantagen vom Waldbegriff ausgenommen werden (unter Gewährleistung, dass Niederwald weiterhin Wald bleibt)“*[10] . Die für 2008 geplante Novellierung mit der neuen Einordnung von Kurzumtriebsplantagen konnte allerdings nicht verwirklicht werden[11] . Einzelne Länder wie Niedersachsen, Hessen und Schleswig-Holstein haben in ihren Landeswaldgesetzen ermöglicht,

Kurzumtriebs- beziehungsweise Schnellwuchsplantagen als Nicht-Waldflächen auszunehmen.

In der Regel werden Kurzumtriebsplantagen in Deutschland bisher auf ehemals anderweitig landwirtschaftlich genutzten Flächen nach dem „Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen“ angelegt. Dieses ermöglicht ausdrücklich, Flächen für den Anbau von Kurzumtriebswäldern im Rahmen der Flächenstilllegung auszuweisen. Hierbei kann eine öffentliche Förderung stattfinden, falls diese Flächen den Forderungen an die Flächenstilllegung entsprechen. Außerdem „bleibt das Recht, diese Flächen nach Beendigung der Stilllegungsperiode in derselben Art und demselben Umfang wie zum Zeitpunkt vor der Stilllegung nutzen zu können, unberührt“, allerdings nur für 20 Jahre.

Erfolgt diese Ausweisung nach dem „Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen“ nicht, unterliegen die Kurzumtriebsplantagen den Waldgesetzen. Dieses würde bedeuten, dass die Anlage als Erstaufforstung eine Genehmigung durch die zuständigen Behörden verlangen würde. Außerdem wäre die Bewirtschaftung unter anderem durch das in verschiedenen Landeswaldgesetzen behandelte Kahlschlagverbot eingeschränkt und auch eine Rückwandlung in landwirtschaftliche Nutzfläche kaum noch möglich. Ob die in Kurzumtriebsplantagen betriebene sehr spezielle Form der Niederwaldwirtschaft einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft entspricht, ist ebenfalls fraglich.

Österreich

In Österreich werden Umnutzungen und Neubepflanzungen von den jeweiligen Bezirkshauptmannschaften genehmigt. Die Entscheidung folgt der Bewirtschaftungsrichtlinie im Kulturflächenschutzgesetz. Zudem sind die Europäische Verordnung 1586/97, das Österreichische Forstgesetz, das Düngemittelgesetz und das Wasserrechtsgesetz zu beachten. Prinzipiell ist der Anbau von Kurzumtriebsplantagen sowohl auf Acker- wie auch auf Stillegungsflächen möglich; beachtet werden muss ein Mindestabstand zu benachbarten Kulturen zwischen drei und zehn Metern, um Schäden an den Nachbarfeldern durch Durchwurzelung und Beschattung zu vermeiden.[12]

Kurzumtriebsplantagen auf devastierten und auf städtischen Flächen

Der weltweite Preisanstieg bei Nahrungsmitteln in den Jahren 2007 und 2008 hat zu einer Diskussion geführt, ob und inwieweit die Herstellung nachwachsender Rohstoffe zur Energieproduktion diesem Anstieg Vorschub geleistet hat. Auch aus diesem Grund wurden Pilotprojekte zur Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Flächen begonnen, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen. Hierbei sind Versuche in devastierten Gebieten vormaliger Tagebaue und auf innerstädtischen Flächen hervorzuheben. Letztere wurden 2007/2008 von der Stadtwirtschaft Halle auf Flächen begonnen, die vormals mit Wohngebäuden bebaut waren, die im Rahmen des sog. "Stadtumbaus Ost" in Halle (Saale) abgerissen wurden.

Einfluss auf Biodiversität

Bei der Bewertung des Einflusses von Kurzumtriebsplantagen auf die Biodiversität ist entscheidend, von welchem Referenzsystem ausgegangen wird. Die meisten Studien kommen zu dem Ergebnis, dass der Kurzumtrieb gegenüber intensiver ackerbaulicher Nutzung positiv auf die (pflanzliche) Biodiversität wirkt, aber gegenüber naturnahem Wald eine Verarmung bedeutet. Der NABU stellt fest, dass die Anlage von KUP in Ackerbauregionen zur Strukturierung der Landschaft und zur Schaffung von Lebensräumen und Trittsteinen für Pflanzenarten beiträgt. Für einen Vergleich gegenüber der Grünlandnutzung fehlten bisher noch belastbare Untersuchungen. Für die Biodiversität in Bezug auf Tierarten hätten KUP dagegen keine große Bedeutung, da gefährdete Arten in intensiv genutzten Regionen wenig bis gar nicht vorhanden seien. KUP brächten jedoch tierökologische Vorteile da Tiere gegenüber einjährigen Ackerkulturen von einer längeren Bodenruhe, geringerem Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz und insgesamt weniger Störungen profitierten.[13]

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft*, 3., überarbeitete Auflage (2009), 42-seitig, als pdf [14] erhältlich
- Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH): *Pappeln, Aspen und Weiden in Deutschland: Nutzung, Erhaltung, Forschung. Zeitraum 2000–2003.* Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), 2004. (Download [15])
- M. Hofmann: *Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb.* Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden 1998 (Download [16])
- Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (Hrsg.): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie. Seminar 29. Januar 2004.* Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 35, Potsdam-Bornim 2004. (Download [17])
- D. Kauter, Iris Lewandowski & W. Claupein: *Pappeln in Kurzumtriebswirtschaft: Eigenschaften und Qualitätsmanagement bei der Festbrennstoffbereitstellung – Ein Überblick.* Pflanzenbauwissenschaften 5 (2), 2001; S. 64–74. (Download [18])
- Ralf Pude: *Kurzumtriebsplantagen.* In: Klaus-Ulrich Heyland, Herbert Hanus, Ernst Robert Keller: *Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Handbuch des Pflanzenbaus Band 4, Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2006; Seiten 588–591, ISBN 978-3-8001-3203-4
- Ch. Röhricht, K. Ruscher: *Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten.* Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004. (Download [19])
- C. Rösch, K. Raab, J. Skarka, V. Stelzer: *Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?* Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe 2007. (Download [20])
- Angela Werner, Armin Vetter, Gerd Reinhold: *Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz.* Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2006 (Download [21])
- Christoph Scheffknecht: *Einfluss der Klärschlammdüngung auf den Schadstoffgehalt von Energiewald-Bäumen. Untersuchungen im Rahmen eines Forschungsprojektes der Kläranlage Dornbirn.* Kurzbericht vom Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, 2002. (Download [22])

Weblinks

- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Kurzumtriebskulturen [23]
- Kurzumtriebsplantagen [24]
- Kurzumtriebsplantagen mit Populus spec. und Salix spec. [25]
- Bereitstellungskosten für Biomasse auf Kurzumtriebsflächen (waldwissen.net) [26]
- Broschüre: Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg (waldwissen.net) [27]
- Von der Pappel bis zum Hackschnitzel – Moderne Erntetechnik für Energiewälder (waldwissen.net) [28]
- Sortenliste von Weiden für Kurzumtriebsplantagen [29]
- Merkblatt des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen [30] (PDF-Datei; 1,21 MB)
- Kurzumtriebsplantage auf devastierten Flächen in Halle-Neustadt der Stadtwirtschaft GmbH Halle [31]

Referenzen

[1] R. Schirmer: *Aspekte der Pflanzenzüchtung schnellwachsender Baumarten für Energiewälder.* In: F. Burger, N. Remler: *Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung.* Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft 8; Seiten 6-18. Zitiert nach Pude 2006

[2] nach Kauter et al. 2001

[3] L. Christersson: *Theoretical background to and practical utalization of short-rotation and energy-forestry.* In: L. Christersson, S. Ledin (Hrsg.): *IEA. Bioenergy, Task 17: Short-rotation crops for energy purposes. Proceedings of the first meeting in Uppsala, Sweden.* Internationale Energieagentur, 1999; Seiten 5–19. Zitiert nach Kauter et al. 2001

[4] P. Wagner, J. Heinrich, M. Kröber, J. Schweinle, W. Große: *Ökonomische Bewertung von Kurzumtriebsplantagen und Einordnung der Holzerzeugung in die Anbaustruktur landwirtschaftlicher Unternehmen*, in: T. Reeg, A. Bemmann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*, Wiley-VCH, Weinheim, 2009, S. 137. ISBN 978-3-527-32417-0

[5] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft: *Schnellwachsende Baumarten* (http://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Faltblatt_schnellwachsende_Baumarten.pdf)

[6] A. Bemmann, K.H. Feger, D. Gerold, W. Große, K.-U. Hartmann, R. Petzold, H. Röhle, J. Schweinle und C. Steinke: *Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain im Freistaat Sachsen*, Forstarchiv 78, 2007, S. 95-101. pdf (http://boku.forst.tu-dresden.de/Boden/pdf/Forstarchiv.pdf)

[7] B. Stürmer, E. Schmid: *Wirtschaftlichkeit von Weide und Pappel im Kurzumtrieb unter österreichischen Verhältnissen*, Zusammenfassung, Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Jahrgang 2007. pdf (http://www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/25360/)

[8] Mathias Kröber, Dr. Klaus Hank, Prof. Dr. Peter Wagner: *Zur Wirtschaftlichkeit von Kurzumtriebsplantagen* (abgerufen am 27. September 2008 (http://lb.landw.uni-halle.de/titel/t0712a.htm))

[9] Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen (http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/fglg/gesamt.pdf)

[10] Deutscher Bundestag 16. Wahlperiode - Antrag: Das Bundeswaldgesetz novellieren und ökologische Mindeststandards für die Waldbewirtschaftung einführen (http://www.toni-hofreiter.de/dateien/F_160-08_Antrag_Bundeswaldgesetz.pdf)

[11] „Novellierung Bundeswaldgesetz gekippt“ auf www.ihb.de (http://www.ihb.de/fordaq/news/Bundeswaldgesetz__16324.html)

[12] Peter Liebhard: *Energieholz im Kurzumtrieb.* Stocker Verlag 1997; S. 15. ISBN 978-3-7020-1150-5.

[13] Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. (Hrsg.): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft - Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes pdf (http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/biomasse/nabu-studie_energieholz.pdf)

[14] http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?id=21

[15] http://www.bfafh.de/inst2/pappelnaspenweiden.pdf

[16] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_61swb2002.pdf

[17] http://www.atb-potsdam.de/hauptseite-deutsch/Institut/Abteilungen/Abt3/Mitarbeiter/scholz/pdf_files/Heft35.pdf

[18] http://www.ulmer.de/artikel.dll/064_074_MjEzNzM.PDF

[19] http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/858_1.pdf

[20] http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2007/roua07b.pdf

[21] http://www.tll.de/ainfo/pdf/holz1206.pdf

[22] http://www.vorarlberg.at/pdf/energiewald.pdf

[23] http://www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/30976/index.php

[24] http://web.archive.org/web/20041113124901/http://www.tu-berlin.de/~Limnologie/projekte/uckermark/kup.htm

[25] http://web.archive.org/web/20030816051620/http://www.tu-berlin.de/~Limnologie/projekte/zdorf/zd07.htm

[26] http://www.waldwissen.net/themen/holz_markt/holzenergie/bfw_kosten_kurzumtriebsflaeche_2007_DE?start=0

[27] http://www.waldwissen.net/themen/holz_markt/holzenergie/fva_kurzumtriebsflaechen_anlage_bewirtschaftung_DE

[28] http://www.waldwissen.net/themen/holz_markt/holzenergie/lwf_erntetechnik_energiewaelder_2003_ghost

[29] http://www.agrobransle.se/index2,2.htm

[30] http://www.dendrom.de/daten/downloads/ktbl_merkblatt.pdf

[31] http://www.stadtwerke-halle.de/index.asp?MenuID=1840

Quellen und Bearbeiter der Artikel

Vorwort *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=74264647 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), 1 anonyme Bearbeitungen

Faktis *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67292316 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), FK1954, Florian Gerlach (Nawaro), Gpeterek, Mike Krüger

Färber-Wau *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66576333 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aka, Almgren65, BerndH, Chryseis, Don Magnifico, Engeser, Erud, Florian Gerlach (Nawaro), Griensteidl, JFKCom, Napa, Olaf Studt, PiCri, Roterraecher, Tigerente, Tlustulimu, Weiacher Geschichte(n), Wivoelke, 2 anonyme Bearbeitungen

Färberdistel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66730647 *Bearbeiter*: --, Achim Raschka, Aka, Aragorn05, BS Thurner Hof, Bildungsbürger, E7, Ephraim33, Florian Gerlach (Nawaro), Giocoso, Heinte, Hydro, JFKCom, Karl-Henner, Löschfix, Magnummandel, Martin-vogel, Mecker, Mike Krüger, Mons Maenalus, Muscari, Pietz, Regi51, Seewolf, TheK, Tigerente, Vic Fontaine, Zangala, Århus, 18 anonyme Bearbeitungen

Färberkamille *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67292471 *Bearbeiter*: Aka, Christer Johansson, Denis Barthel, Density, FloraWeb, Florian Gerlach (Nawaro), Gerbil, Gpeterek, Griensteidl, Hydro, JFKCom, Mecker, Muscari, Pelz, Roland Kaufmann, Shisha, Tigerente, Vic Fontaine, Werner Voigt, 12 anonyme Bearbeitungen

Färberkrapp *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69200763 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, AndreasPraefcke, Aragorn05, Assistent, Ayacop, BS Thurner Hof, Blaufisch, Boronian, Carstor, Claus Ableiter, D, Dagdor, Dogbert66, Don Magnifico, Florian Gerlach (Nawaro), Franz Xaver, Hydro, Ixitixel, Karl-Henner, Königstiger18, Magnus Manske, Master 1948, Mecker, Muscari, NEUROtiker, Nanotrix, Nornen3, Otto Schraubinger, Pere prlpz, Regi51, Sigune, Sundar1, Tigerente, Tlusta, Tsor, Varina, Vic Fontaine, Voyager, Zundelfrieder, 12 anonyme Bearbeitungen

Färberpflanze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73750822 *Bearbeiter*: Aka, Aragorn05, Ayacop, Ben Ben, Dagdor, DasBee, Density, Diwas, E-prinz, Engie, Eschenmoser, Florian Gerlach (Nawaro), Gloecknerd, Heb, Heiner Brookman (Nawaro), Hydro, Jutta234, Leyo, M mb, MarkusHagenlocher, Mecker, Orchi, Peter200, Philipendula, RobertLechner, Sei Shonagon, Sinn, Spinnerin, TableSitter, Vic Fontaine, W!B:, Wenkesusanne, Wivoelke, Wolf32at, 16 anonyme Bearbeitungen

Färberwaid *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65457116 *Bearbeiter*: Aka, Andy king50, Aragorn05, Barnack, Carbidfischer, Christian Günther, Denis Barthel, Denis Bonn, Don Magnifico, Florian Gerlach (Nawaro), Gleiberg, Griensteidl, Hydro, Jmsanta, Mahlum, MarkusHagenlocher, Mecker, Michael Sander, Napa, Oliver s., Parzi, Pharaoh han, Ralferly, Ralph Hoessel, Schlesinger, Schubbay, Sfd, Sigune, Sinn, Sittendorfer, Tigerente, Vic Fontaine, W!B:, WOBE3333, Wilhelmus, YourEyesOnly, 31 anonyme Bearbeitungen

Faser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73329148 *Bearbeiter*: 08-15, 25, A1bi, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Andrsvoss, Arnd Klotz, Ayacop, BadTicket, Bertonymus, Blacksun, Captain Crunch, Challe, Chriki, Ckeen, Claus Ableiter, Codc, Denis Barthel, DerHexer, Don Magnifico, Dschanz, El., Elkagye, Entlinkt, Ephraim33, Erikthered, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Fristu, Gerbil, Guenter Sonnenschein, Gwexter, Hadhuey, Hafenbar, Halbarath, He3nry, Heinte, HenHei, Hendrik J., HenrikHolke, Hibodikus, Ikiwaner, Ist nicht wichtig, Jofes, JogyB, Jpp, KM1980, Kku, Lambada, Leumar01, MFM, Markus Schweiß, MarkusHagenlocher, Martina Kolarek, Masato, Matthy, Mehrleisealslaut, Meister-Lampe, Mister-M, Mxr, Napa, Nicor, Nina, Numbo3, OecherAlemanne, Olei, Parvus77, Peter Steinberg, Peter in s, Probono, Rainald62, Raumi75, Rax, Robodoc, Roo1812, Sentry, Soebe, Spinnerin, Spuk968, Stefan Kühn, Sunshine22, Thanatos, ThomasMielke, Thornard, Thoss, Touch.and.go, Trg, Tsor, Tönjes, Umbricht, W!B:, WAH, WerWil, Wiedemann, Wst, YourEyesOnly, Zaungast, Zundelfrieder, 110 anonyme Bearbeitungen

Faseraufschluss *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66730840 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Baumfreund-FFM, Cleverboy, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Gusovius Nawaro, Napa, Pendeen

Fasernessel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65028861 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Cleverboy, Cocoloi, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Florian Gerlach (Nawaro), Jorre, KingLion, Mike Krüger, Motiko98, Olei, RobertLechner

Faserpflanze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73329923 *Bearbeiter*: 25, 3268zauber, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Claus Ableiter, Denis Barthel, FredericII, Grey Geezer, Griensteidl, Heiner Brookman (Nawaro), Ische007, Napa, Pharaoh han, Rbrausse, Septembermorgen, Spinnerin, Stephan Piotrowski (Nawaro), Vux, 2 anonyme Bearbeitungen

Faserplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71643227 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), ConstantinSander, DorisAntony, Gabriel-Royce, Howwi, Martina Kolarek, Momotaro, Oberfoerster, Staatsmann, TZorn, Tischler-ole-welzel.de, Wikitita, Wilhelm Bush, 5 anonyme Bearbeitungen

Faserstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72475475 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), ConstantinSander, Heiner Brookman (Nawaro), Karl-Friedrich Lenz, Meisterkoch, Pelz, WOBE3333

Faserverbundwerkstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73330106 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Ak, Aka, Am Altenberg, AndreasFahrrad, Avk, Baumfreund-FFM, Blart, Braune1, Buzztiger, Christoph.k, Crux, Dr-p-koch, El., Fire, Florian.Arnd, Fristu, Fuzzy, Gas-insheim, Giftpflanze, Gleiberg, Golwan, Gunnar.Kaestle, HDP, Hadhuey, Heinte, Howwi, Ikiwaner, JCS, Juesch, Justsail, KM1980, Kickof, Kku, Lax, Le petit prince, Leichtbau, Limasign, Martina Kolarek, Maxus96, Michael Merle, Mike Krüger, Nassauer27, Nobart, NoiseD, Orci, Ordnung, PFH stade, Perk, Peter200, Philipendula, Plastisch, Rayx, RolandS, Roo1812, SabineCretella, SchaubM, Schwalbe, Soebe, Staubi, Teewurst, Tim Huber (Nawaro), TomDyja1, Tresckow, Troender, VanGore, X. Pert, Zahnstein, Überflieger89, 102 anonyme Bearbeitungen

Fermentation *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73339917 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Aka, Anneke Wolf, Ayacop, BK-Master, BMK, Bigbug21, Blaufisch, Brudersohn, Btr, Carstor, Choas, Christian Ergh, Christoph Buhlheller, D, Daaavid, DarkDust, Ed.dunkel, Emes, Eschenmoser, Flo Sorg, Fristu, GeorgR (de), GeroBrandenburg, Gnu1742, HaSee, Hermannthomas, Hubertl, Hydro, Ies, Jakob stevo, Jodoform, Kku, Käpten Balu, Leguminase, Luziferase, MGR, Michail, Moonwashed, Nogideck, Nuker, PM3, Pietz, Plehn, Postman Lee, Robodoc, S.K., Schmitty, Stan Shebs, Stefan Majewsky, Suirenn, TaoTePuh, The-pulse, Twardon, Ulrich Rosemeyer, Vzach, Wickey-nl, Wikipartikel, WikipediaMaster, Willaweston, Wissen, Zephyr, 120 anonyme Bearbeitungen

Fettalkohole *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72930647 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Chemiewikibm, Chemiker, Cvf-ps, Dnalor, Erik Warmelink, Eschenmoser, Heiner Brookman (Nawaro), JWBE, Leyo, Roland.chem, Simaco, Vanellus, 8 anonyme Bearbeitungen

Fettsäuremethylester *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69603789 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aleksander Dera, ChrisGH, Cvf-ps, Ertua, Florian Gerlach (Nawaro), Heinte, JCS, Jbergner, Jonas kl, Jü, Leumar01, Leyo, Linksfuss, Mathias.P, Moon2005, Orci, Roland.chem, VanGore, WilfriedC, 27 anonyme Bearbeitungen

Fichten *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67842202 *Bearbeiter*: A0QToF, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ahoerstemeier, Aitias, Aka, Anneke Wolf, Anton, Aragorn05, Ariser, ArtMechanic, Avoided, B.gliwa, BJ Axel, BKSlink, BLueFiSH.as, Baldhur, Benzen, Bernhard Wallisch, Bib, Blah, Blaufisch, Boronian, Bradypus, Brummfuss, Bubo bubo, BurghardRichter, ChrisHamburg, ChristianBier, Christopher, Church of emacs, Complex, Conny, Conversion script, Cornava, Cruzer83, Das Ohr, Denis Barthel, Der Wolf im Wald, DerHexer, Diba, Dinah, Don Magnifico, Dundak, Entlinkt, Eynre, Florian Adler, Franz Xaver, Freek Verkerk, Fuenfundachtzig, Griensteidl, HH58, HaSee, HaeB, Hajotthu, Harpagophytum, Heinz Amberger, Hinrich, Holzwurm52, Howwi, Hubertl, IKAl, Interzeptionsverlust, J.-H. Janßen, JFKCom, Jacktd, Jens Lallensack, Jergen, JochenF, Johanna R., Jpp, Juliane, Jörg Bühler, Kemfar, Kh80, Kku, Koerpertraining, Krawi, Krje, Kulak, Kurt Jansson, Lambada, Laufe42, Logograph, Lycopithecus, MBq, MPF-UK, Matzematik, Mdhope, Michael B. BeVor, Michael w, Mike Krüger, Muscari, Möchtegern, Nasenbär, Necrophorus, Nina, Oberfoerster, OecherAlemanne, Ot, Paddy, Peng, Peter200, Pfalzfrank, Princessecrocodyle, Quedel, RacoonyRE, Regi51, Regiomontanus, Renekaemmerer, Ri st, Roest, Roland Kaufmann, Rosenzweig, S1, Schewek, Schlesinger, Schmidti, Schuetzm, SibFreak, Sinn, SirJective, Small Axe, St.Krekeler, Stacharczyk, TP12, Temistokles, Terabyte, Theonly1, Thorbjoern, Ticketautomat, Tigerente, Tomi, Trixium, Tsor, Tönjes, Umweltschützen, Verita, Vic Fontaine, W!B:, WAH, Wahldresdner, Wahresmüsli, WikiMax, Wivoelke, YourEyesOnly, 172 anonyme Bearbeitungen

Fichtenholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67711826 *Bearbeiter*: APPER, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, He3nry, Richardigel, TH2009, Treml, 1 anonyme Bearbeitungen

Fischer-Tropsch-Synthese *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72951238 *Bearbeiter*: ADwarf, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Aquarius-BRE, Balû, Chemiewikibm, ChristophDemmer, Crux, Cschirp, Cyberman TM, Diba, Don Magnifico, ElectroGeorge, Emilia, Enaiviv, Florian Gerlach (Nawaro), FlorianMassinger, Fresen-FCH, Funkysapien, Grenzdebiler, Hadhuey, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikHolke, Jef-Infojef, Jmsanta, Karl Gruber, Les Meloures, Linksfuss, Lucky-luke, Markus Schweiß, Mastad, Mcl70, Meinhard-S, Mons Maenalus, Narvalo, Ossipro, RobertDietz, Roland1952, Rosenzweig, Srbauer, Steelsmith, Tetris L, Thunfischpizza, WikiPimpi, Zahnstein, 52 anonyme Bearbeitungen

Flächenkonkurrenz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71659998 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), QualiStattQuanti, RudolfSimon, Stephan Piotrowski (Nawaro), Århus

Flächenstilllegung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68975893 *Bearbeiter*: 32X, Claudia Destrait (Nawaro), Denis Barthel, Ebersberger, Florian Gerlach (Nawaro), Guffi, Heiner Brookman (Nawaro), Mef.ellingen, Oberfoerster, Thomas Breuer (Nawaro), Uwe W., 6 anonyme Bearbeitungen

Flachsfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59966897 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Atamari, Baumfreund-FFM, Blootwoosch, Boonekamp, Bullenwächter, CedricBLN, ChristophS, Ciciban, Citrus, Denis Barthel, DerHexer, Derwok, DieterFink, Ebcdic, Engelbaet, Ephraim33, Erky, Esterelle, Felix Stember, Florian Gerlach (Nawaro), Griensteidl, HelgeRieder, Herrick, Ikiwaner, Irmgard, Jakob j, Johann Jaritz, Kubrick, LIU, Lieb Link, Madame, Mfauth, Mike Krüger, Mmwiki, Nicolas G., Nina, OecherAlemanne, Olaf Studt, Olei, Phiston, RacoonyRE, Sigune, Suirenn, TRS, Tim Huber (Nawaro), Tönjes, Vargenau, Wikipeder, Wst, YourEyesOnly, ³²P, 43 anonyme Bearbeitungen

Formpressen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59368544 *Bearbeiter*: Achim Raschka, HAL Neuntausend, Nepomucki, Tim Huber (Nawaro), WolfgangS

Furnier *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71183451 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aka, Bjankuloski06de, Boronian, Cepheiden, Conny, Der.Traeumer, Diba, Dontworry, Dpesek, Echoray, Euku, Euphoriceyes, Felix Stember, FritzG, Gunnar Eberlein, HaeB, Hhdw, Holzwurm52, Idler, Iogos82, J.-H. Janßen, Jaydee81, Krokofant, LKD, MIGNON, Martina Kolarek, MatthiasKabel, Matzematik, Mogano, Noddy93, Oberfoerster, Obersachse, Peter200, Philipendula, Pittimann, S1, Schelper, Schniggendiller, Septembermorgen, Sinn, Stefan Kühn, ThomasMielke, Tonk, WAH, Wikidienst, WikipediaMaster, Winki, Wortspieler, YourEyesOnly, Überraschungsbilder, 80 anonyme Bearbeitungen

Furniersperrholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70826490 *Bearbeiter*: 23.144186.42, Achim Raschka (Nawaro), Bierdimpfl, Das Ohr, DiplomBastler, Himuralibima, Hubertl, Huschhusch, MIGNON, Martina Kolarek, Schelper, Seewolf, Tönjes, Wikipedia ce, Xqt, 16 anonyme Bearbeitungen

Ganzpflanzensilage *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72859063 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Chrisfrenzel, Crazybyte, Florian Gerlach (Nawaro), Franz Xaver, Generator, HCQ, JFKCom, Landwirt, OTTO.R.M., Ronald Meinert, Summ, Video2005, WagnerAndreas, Zahnstein, 5 anonyme Bearbeitungen

Gärrest *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60280261 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Chatter, Denis Barthel, Engelbaet, Euphoriceyes, Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Tetris L, Thgoiter, Wiedemann, 2 anonyme Bearbeitungen

Gartenkresse *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66639289 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Angr, BWesten, Bello, Cvf-ps, Der Wolf im Wald, Diba, Franz Xaver, Giocoso, Goldlocki, Hubertl, Martina Steiner, Masaia, Matt314, Meisterkoch, Oracle of Truth, Ot, Oxymoron83, Rainer Zenz, Roo1812, Simplicius, Stefan, Tigerente, Tönjes, Vic Fontaine, WAH, Wimm, Wolfgang1018, ペータ一, 42 anonyme Bearbeitungen

Gärung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69157638 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Anaximander, Ayacop, BKSlink, BMK, Beek100, Bluec, Brudersohn, Centre, Cholo Aleman, ChrisHamburg, CruZer, DTeetz, DaSch, Daniel 1992, DasBee, Density, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, DocMario, Dontworry, Dr.Hasi, Dundak, Engie, Enr-v, Fabelfroh, Fedi, Fjuedes, Flo Sorg, Florian Adler, Florian Gerlach (Nawaro), Gbyte, Hanfbauer, Hannes75, Holman, Howwi, Hydro, J C D, John.constantine, Jom, Juergen Bode, Kku, Krawi, LKD, LeCornichon, Liberal Freemason, Linksfuss, MarianSz, Odin, Onee, Oxyntes, Pendulin, Philg18, Pittimann, Prof. Holzfäller, Regi51, Roland1952, Roo1812, S.K., Semper, Sinn, Steffen 962, Super007, Theatheits, Tksali, Ulrich.fuchs, Unscheinbar, Urizen, Verita, Wangen, Wickey, Wiegels, Wikipartikel, Wikipeditor, Witten, Wkrautter, Yikrazuul, YourEyesOnly, Zaphiro, Zhujik, Århus, 97 anonyme Bearbeitungen

Gebäudeheizung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71768425 *Bearbeiter*: 1-1111, 217, 790, A.Abdel-Rahim, AHZ, APh, Abendstrom, Achim Raschka (Nawaro), Ahellwig, Aka, Allesmüller, AphexTwin, Architekt, Armin P., Astrobeamer, Babel fish, Baumeister, Berlin-Jurist, Bierdimpfl, Bildungsbürger, Björn Bornhöft, Blah, Capaci34, Carl Steinbeißer, Complex, Cschirp, Curvededge, D, Daaavid, Der Hausgeist, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, DiplomBastler, Don Magnifico, EisfeeNRW, El., Emes, Emkaer, Encyclopedist, Entlinkt, Eric Zeppenfeld, ErikDunsing, Ervog, Exil, Fabiane, Fgb, Fire, Florian Gerlach (Nawaro), Flugpuder, Frank08, Franz63, Frosen, Fullhouse, Geierunited, Geist, der stets verneint, Gerbil, Germania, Giftmischer, Gnu1742, Graypi, Grimmi59 rade, Hadhuey, Hafenbar, Havelbaude, Heinte, Hendel8, Herbertweidner, Hermannthomas, Hi.ro, Himuralibima, Howwi, Hubertl, Iggy-x, IqRS, Ireas, Irmgard, JD, Janneman, Jengelh, Jergen, Jivee Blau, JohannWalter, Johnny Controletti, K4ktus, Kickof, Kino, Kku, Klapper, Kookaburra sits in the old gum tree, Korinth, Krawi, LKD, Lahan, Leumar01, Lhoppelhase, Ma-Lik, Markus Schweiß, Matthias Kloas, Mbdortmund, McGee, Mdo, Media lib, Metaxa, Mikano, Millbart, Mistake, Mobello, MontyZuma, MooiP, Muzzilla, My name, N.Breuer, Nb, Nepenthes, Nitpicker, Numbo3, OTTO.R.M., Oberfoerster, Odecon, OecherAlemanne, Oekofreak, OldBo, Olei, Paramecium, PeeCee, Pelz, Pendulin, Perrak, Peter200, Philipendula, Piefke, Pigo, Poc, Prolineserver, Quilbert, Quirin, Ramsch, Rasi57, Rdb, Regi51, Reinhard Kraasch, Rellektrebor, Revvar, Richard Huber, Roest, RolandS, Rollbond, Roo1812, RudolfSimon, S.Didam, S1, SDI2, Schlesinger, Schmafu, Schreibvieh, Schwenn, Scooter, Seewolf, Semper, Septembermorgen, Shadak, Sinn, Skraemer, Stefanobasta, Strehle, Suirenn, Sulfolobus, Superlutzi, TanteRuth, TeesJ, The Invisible, TheReincarnator, Tobi B., Tobnu, Tom md, TomAlt, Totenmontag, Toutíorîx, Trg, Tsor, Tönjes, Umweltschützen, Uwe Gille, W!B:, WAH, Webmaster HA, WiESi, WikipediaMaster, Wkrautter, Wlodzimierz, WortUmBruch, Woscit, Wst, Wunderland, YourEyesOnly, Zaungast, Zinnmann, 316 anonyme Bearbeitungen

Gelatine *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69158468 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aineias, Aleks-ger, Andre Engels, AndreasPraefcke, Androl, Arnis, Asdfj, Auto, BLueFiSH.as, Bierdimpfl, Blaufisch, Brudersohn, Chaddy, Chrisfrenzel, Christianrueger, Cinh, Complex, Crazy-Chemist, Crux, Cvf-ps, DasBee, DavidDerGroße, Denis Barthel, Der Wolf im Wald, Dietzel65, Dinah, Drahreg01, Elwe, Engie, Eschenmoser, Europaeer11, Florian Gerlach (Nawaro), Florian Weber-alt, Geke, Hardenacke, Hardy42, Hubertl, Hystrix, Ies, Informatik, Inkogn!to, Jaellee, Jergen, Jivee Blau, JohannaB, Katharina, Kuebi, Kurt Jansson, LKD, Ledermann, Louis Bafrance, MOW, Martin k, MauriceKA, Meisterkoch, Metoc, Mithdraug, Mons Maenalus, Mustèr, Max, NEUROtiker, Nagy+, Nasenatmer, Nemissimo, Nikkis, Nina, Oge, Ohne Hose, Oliver S.Y., PDD, Pawla, Pc, Pharma Zed, Pilawa, Pit, Primus von Quack, Prof. Holzfäller, Pöt, Robb, RobertLechner, Robodoc, Roo1812, SPS, STBR, Salvor Seldon, Sansculotte, Schreibschaf, Seni, Septembermorgen, Shoot the moon, Solphusion, Sozi, Stefan Kühn, Stern, Symposiarch, Taliopo, TheWolf, Tobias K., Trublu, UW, Uwe Gille, Vigala Veia, Vigilius, Wangen, Wickie1681, Wissen, Wortlaub, Wst, Zahnstein, Zollernalb, 147 anonyme Bearbeitungen

Gemeine Esche *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70068885 *Bearbeiter*: 217 226 0 0, Achim Raschka, Aka, Alchemist-hp, Alexfreu, Andim, Axarches, B.gliwa, BNutzer, Baird's Tapir, Bdk, Björn Bornhöft, Boronian, Bradypus, Bubo bubo, Cactus26, Casianders, Cepheiden, César, Das Ohr, Denis Barthel, DerHexer, Dietzel, Entlinkt, Ferenc, Forstmeister, Franz Xaver, Gancho, Georg Slickers, Gkai, Griensteidl, Hukukçu, Hydro, IKAl, J.-H. Janßen, JFKCom, JKS, JWBE, Jonna, Kku, KpWilke, Kroschka Ru, Kuebi, Lewenstein, LivingShadow, Lotron, Lucarelli, Martin Bahmann, Martin-vogel, Mens agitat molem, Michael w, Mike Krüger, Mike aus dem Bayerwald, Mikue, Mravinszky, Muscari, Nasenbär, Neon02, Neumeiko, Nicoasc, Nipisiquit, Nofnof, Oberfoerster, Paramecium, Pass3456, Peter200, Ppeedddeerr, ProfessorX, Roest, Roo1812, Rufus46, Schnulli00, Seewolf, Sr. F, Stephan Schwarzbold, Suirenn, Tigerente, Tönjes, Vic Fontaine, Vigala Veia, 68 anonyme Bearbeitungen

Gemeine Nachtkerze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67591914 *Bearbeiter*: AF666, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Aka, Aktosch, Aljaz cosini, AndreasPraefcke, Androl, André Salvisberg, Artmond C. Skann, B.gliwa, BS Thurner Hof, Baldhur, Balduin, Ben Ben, Blaumeise, Boronian, Carstor, ChristianBier, Denis Barthel, Der Lange, Don Magnifico, Elya, Ephraim33, Florian Gerlach (Nawaro), Fuzzy, Georg Slickers, Hadhuey, Hanson59, Hedwig in Washington, Hermannthomas, Hubertl, Hydro, Johnny Yen, Kai11, Kelson, Kulac, Löschfix, Michael w, Muscari, Noebse, Normann Z, Omphalos, Onkelkoeln, Paddy, RobertLechner, Rüdiger, Saehrimnir, Schlumpf, Schubbay, Shikeishu, T34, TekkenTec, Thommess, Tigerente, Tippex, Tönjes, Uwe Gille, Vic Fontaine, WStephan, Zawumm, Zeno Gantner, 26 anonyme Bearbeitungen

Gemeiner Lein *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60423302 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aka, Andreas Werle, B.gliwa, BJ Axel, Bdk, Blech, Boonekamp, Carstor, DasBee, Denis Barthel, Entlinkt, Fjoerg, Florian Gerlach (Nawaro), Griensteidl, HelgeRieder, Hermannthomas, Hydro, IKAl, JFKCom, Lordus, Lucarelli, MarkusHagenlocher, Michael Carus (Nawaro), Moguntiner, Muscari, Napa, Neon02, Olaf Studt, Penarc, Pharaoh han, Prof. Holzfäller, Regiomontanus, Sinn, Sol1, Ticketautomat, Tigerente, Vic Fontaine, Wikipeder, Wisg, Wolfgang1018, ペータ一, 12 anonyme Bearbeitungen

Geogitter *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69159176 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Heinte, S.Didam, Secal, Wolfgang1018, 1 anonyme Bearbeitungen

Geotextil *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69005787 *Bearbeiter*: Aka, Birger Fricke, Cactus26, Crux, Der Schober, El., FK1954, Geof, Jo Weber, KM1980, Mailtosap, Popp, ProfessorX, Ralf Roletschek, Roo1812, Secal, Stuffi, Tafkas, Thorsten1, Tohope, Trinitrix, Ureinwohner, 9 anonyme Bearbeitungen

Gestufte Reformierung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60280341 *Bearbeiter*: -jha-, Achim Raschka, Blaufisch, Chemiewikibm, Florian Gerlach (Nawaro), Hati, Kyber, Markus Schweiß, Mion, Richardigel, Srbauer, Tetris L, Thomas, 2 anonyme Bearbeitungen

Getreide *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71490333 *Bearbeiter*: -jha-, 217 ·125 ·121 ·169, 4x5, A.Rhein, Achim Raschka, Aineias, Aka, Amano1, AndreasPraefcke, Auguste2, Avoided, BKSlink, BMK, Bangin, Beek100, Ben-Zin, Besserwisserhochdrei, Björn Bornhöft, Blech, Boonekamp, Boronian, Bouwe Brouwer, Burgkirsch, CVT18, Chb, Chrissie, Complex, Conversion script, Cyrus Grisham, D, Dana DE, Denis Barthel, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Dk, Don Magnifico, Ejfis, Entlinkt, Eric79, Euphoriceyes, Evil-Lyn, Fgb, Fkischko, Flominator, Franz Xaver, Friedrichheinz, Fristu, GPinarello, Griensteidl, Grim.fandango, Guffi, Gustavf, HaLu, Haeber, Hans-Peter Scholz, HansCastorp, Haruspex, He3nry, Head, Hempstar, Hhdw, Hinrich, Howwi, Hubertl, Ilja Lorek, Inkowik32, JEW, Jan Schreiber, Janstr, Jed, Joe Watzmo, Jü, Kleiner Revert, Koerpertraining, Krawi, Kuru, Landwirt, Lars Beck, Lax, Logograph, Low Contrast, MGR, Manecke, Markus Schweiß, MarkusHagenlocher, Martin-vogel, Michail der Trunkene, Mike Krüger, Mikue, Monachus, MsChaos, Muck31, Muscari, Neuroca, Nicolas17, Nicor, Nikkis, Nize, Nobart, Nocturne, Oktobaer, Orci, Paddy, Peter200, Philipd, Philipp Wetzlar, Pittimann, Predator 76, Presse03, RacoonyRE, Ragerespawn, Rainer Lewalter, Rainer Zenz, Rasko, Rdb, Regi51, RehderZMP, Romankawe, Roo1812, S1, STBR, SchallundRauch, Schewek, SchirmerPower, Schnargel, Schuetzm, Sebagatur, Seewolf, Septembermorgen, Shmuel haBalshan, SibFreak, Sinn, Sol1, Solid State, Spritzendorfer, Stefan, Stefan Kühn, Steffen, Stephan Piotrowski (Nawaro), Stern, Suricata, Tambora, Template namespace initialisation script, Tetris L, TheWolf, Timo1974, Tobi B., TobiWanKenobi, Tobnu, Toledo, Traroth, Tsor, Ttbya, Tönjes, Uwe Gille, Vic Fontaine, W!B:, WAH, Wasseralm, Wiegels, WodyS, Wolfgang1018, Wst, Wurgl, YourEyesOnly, Zerohund, Ökologix, 241 anonyme Bearbeitungen

Getreideverbrennung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69083665 *Bearbeiter*: APPER, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Cactus26, Coast path, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Erdbeerquetscher, Feldkurat Katz, Florian Gerlach (Nawaro), FrancescoA, Hao Xi, Heiner Brookman (Nawaro), Karsten Block, Kibert, Kulac, Metroskop, Poupou l'quourouce, Rr2000, Tetris L, Thomas, UW, Wiegels, Wikiroe, 2 anonyme Bearbeitungen

Gewöhnliche Robinie *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69178432 *Bearbeiter*: 9xl, AF666, AHZ, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Aljaz cosini, AndreasBauerle, Atamari, Avoided, Ayacop, BS Thurner Hof, Baddy0815, Björn Bornhöft, Blablapapa, Blaufisch, Calafati, Carbidfischer, Carstor, Chrino, CommonsDelinker, Conny, Coolman2345, Curtis Newton, DaB., DasBee, Demus Wiesbaden, Density, Der.Traeumer, DerHexer, Dobby1397, Ephraim33, Erdbeerquetscher, Euphoriceyes, Factumquintus, Ferenc, Franz Xaver, Geaster, Gerbil, Graubär, Greenhorn, Griensteidl, HALsixsixsix, Hardenacke, He3nry, Howwi, Hydro, Ies, J.-H. Janßen, JFKCom, Jelly, JoJan, Jossi, Jredmond, Jutta234, Kibert, Klapper, Kohl, Leoloewe, Lutz Terheyden, Markus Mueller, Martin Wolfangel, MikePhobos, Mo WNB, Muscari, Nb, Nicolas G., O-fey, Oberfoerster, Peter200, Phil41, Popie, Porridgemaker, QEDquid, Ralf Roletschek, Rdb, RekishiEJ, Rosenzweig, Roterraecher, Rufus46, Ruppert, S1, Sammler05, Schnupf, Scooter, Sebastian V, Semper, Small Axe, Speck-Made, Stefan h, StromBer, Svencb, TP12, Theonly1, Tigerente, Tönjes, Ulfbastel, Umweltschützen, W!B:, Westiandi, Zeno Gantner, 94 anonyme Bearbeitungen

Glycerin *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69601265 *Bearbeiter*: 3of8, Abu el mot, Achim Raschka, Aka, Alfred Grudszus, ArtMechanic, Asgar, Ayacop, Ben-Zin, Berndt Meyer, Bernhard Wallisch, Bierdimpfl, BigOnkel, Bongo-Bär, Boonekamp, Brisbard, Caramdir, Chemiewikibm, Chintamon, Cholo Aleman, Christoph Müller, Cineolum, Codc, Complex, Conversion script, Crazy-Chemist, Crux, Cvf-ps, D, D.tamm, DWay, Da el, Dein Freund der Baum, Derflohe, Diba, Diwas, Dr matrix, Drdoht, Dundak, EcKo, Edgehold, Einrotsch, Eneldo, Eschenmoser, FK1954, Fabian.Nillius, Fate-Man, Fedi, Felix1979, FerdiBf, Flippo, GDK, Grimmi59 rade, Hadhuey, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Hoffmeier, Hubertl, Ice-Fire, Ich bin es einfach, Inferno 75274, JCS, Jergen, Joh3.16, Jom, Jpp, Kam Solusar, Krawi, Kubi, Kuhlo, Kurt Jansson, LKD, Lars73, Leipnizkeks, Linksfuss, Lumi, MAK, Macador, Martin-vogel, Mathemaster, Matthias M., Matthäus Wander, Max Plenert, Merkosh, Metoc, Mhlusi, Mi.Fe, Micha2564, Mow-Cow, My name, NEUROtiker, Nemissimo, Nikkis, Numbo3, Nyks, OecherAlemanne, Orci, Otets, Owltom, Peter200, Petwoe, Querverplänkler, Reinhard Kraasch, Renekaemmerer, Rho, Rhododendronbusch, Ri st, Roo1812, Schewek, Schomynv, Schusch, Sei Shonagon, SilP, Simon-Martin, Speck-Made, Stefan h, Succu, Sypholux, Thomas, Tilman Berger, Trg, Ukko, Uwe Gille, Van Flamm, Vulture, WAH, Wassermannsschütze, YourEyesOnly, Zaphiro, dialin-145-254-064-069.arcor-ip.net, 227 anonyme Bearbeitungen

Gras *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68604448 *Bearbeiter*: 2micha, ABF, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Alexander.stohr, Andreas 06, Andy king50, Anneke Wolf, Armin P., Avoided, BK-Master, Bangin, Bapho, Barb, Baumfreund-FFM, Björn Bornhöft, Blaufisch, Bonzo*, Bradypus, Böhringer, CdaMVvWgS, Chb, ChrisHamburg, Daniel 1992, Der Wolf im Wald, Der.Traeumer, DerHexer, Die tiefe blaue See, Dpause, Dundak, ElRaki, Engie, FAEP, Fladi, Florian Adler, Franz Xaver, Fullhouse, Gamsbart, Geoguru, Griensteidl, Gronau, HaeB, Hardcore-Mike, Hardenacke, Heidilord, Hey Teacher, Hofres, Intertorsten, Jahn Henne, Jergen, Joeopitz, Johnny Controletti, Joschi90, Jst brd, Julian Herzog, Jutta234, Kaisersoft, Kku, Knopfkind, Krawi, Kubrick, Kurt Jansson, Lzs, Magnummandel, Manecke, Michael w, MichiK, Mnh, Morpheus2309, Morten Haan, Muscari, Nachtgestalt, Naddy, Narog88, Neg, Nicolas G., Olaf Studt, Ot, Overdose, Oxymoron83, PDD, Peng, Peter200, Phil41, Polluks, Q'Alex, QueenKwong, Querverplänkler, Rdb, Re787, Redf0x, Regi51, RobertLechner, Roger McLassus, Romarius, S.lukas, S1, STBR, Schewek, Schnark, Schnulli00, Sinn, Sionnach, Spes Rei, Srittau, Stefan, StefanSchultheis, Storchi, Suirenn, Ticketautomat, Tilman Berger, Tim Huber (Nawaro), Timt, Tönjes, Ulf.johannes, Umweltschützen, Verwaltungsgliederung, WAH, Whispermane, Wikitobia, Wst, YMS, Yacoov, Zirpe, 183 anonyme Bearbeitungen

Grassilage *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65327836 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Denis Barthel, Density, Florian Gerlach (Nawaro), HaSee, Mike Krüger

Grobspanplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70410073 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Andreas Karrer, Bildungsbürger, Club79, Creando, Dansker, Dela, Der Kleber, DiplomBastler, Dirkb, Dkoelle, Dnalor, El., Elg, Flingeflung, Flominator, GNosis, Hadhuey, Jkü, Jlorenz1, Johnny Controletti, Jpp, Liborianer, Löfe, Martina Kolarek, MatthiasKabel, Ole62, Palandur, Peter200, Rabenkind, Rsddrs, Sinn, Tam, Tsor, Vierlagig, Xqt, 49 anonyme Bearbeitungen

Große Brennnessel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=56229812 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aglarech, Aka, Cocoloi, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Eckhart Wörner, El, Ephraim33, Florian Gerlach (Nawaro), Flups, Guandalug, Guisquil, H-stt, Head, Heinz Amberger, Hydro, Jergen, Joern M, Kku, Leichtbau, Matthäus Wander, Migas, Mike Krüger, Muscari, Nephelin, Paddy, Philipd, Rainer Bielefeld, Reinhard Kraasch, Stefan Kühn, Tigerente, Vic Fontaine, W!B:, Wesener, Zerohund, 17 anonyme Bearbeitungen

Grüne Biotechnologie *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67577424 *Bearbeiter*: AMphyto, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, ChrisHamburg, Demonax, Florian Gerlach (Nawaro), Guffi, Hozro, Hydro, Katach, Lambert3, MGR, Mydriatic, Nobart, Olei, PM3, Sabisteb, Schweißer, Stefan64, Trac3R, Triebtäter (2009), 7 anonyme Bearbeitungen

Grünland *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71712446 *Bearbeiter*: Abe Lincoln, Achim Raschka, Aka, Anton, Arno Matthias, Avoided, Briemle, Brummfuss, Conny, Crazybyte, Der Wolf im Wald, Dietzel, Don Magnifico, Ebersberger, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Freedom Wizard, Geaster, Geoguru, Griensteidl, Guffi, Hajotthu, Hapisch, Hewa, Hinrich, Jo Atmon, JuergenL, KOchstudiO, LC, Landwirt, Lychee, Mauerstein, MichaelDiederich, Mijobe, Mike Krüger, Milvus, Mondnein, Nightwish62, Obstler, Onkelkoeln, P0bio, Quasimodogeniti, Rdb, Rufus46, Schubbay, SebastianHelm, Semperor, Septembermorgen, Siehe-auch-Löscher, Squarefoot, Supermartl, TomAlt, Universitätsbuchdrucker, W!B:, WodyS, Wst, XN, Zirpe, Otto, 48 anonyme Bearbeitungen

Grünroggen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59538906 *Bearbeiter*: Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Århus

Gülle *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60459827 *Bearbeiter*: 888344, Achim Raschka (Nawaro), Agabuga, Agadez, Aineias, Aka, Andreas 06, Antonín Slejška, Arcy, Astloch, Avoided, Ben Ben, Bene16, Btr, Bunek, ChrisHamburg, Cointel, Conny, DasBee, DerHexer, Engelbaet, Euku, FK1954, Fingalo, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Fubar, Fullhouse, Funfaker, Gardini, Gnn4711, HPich, Hadhuey, HaeB, Hardenacke, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), HenkvD, Hinrich, Hydro, Isderion, JohnnyB, JuergenL, Juesch, Jón, Krawi, Kursch, Käpten Balu, LA2, LKD, Landwirt, Lennert B, Lokale-infos, Manecke, MarkusHagenlocher, Martin-vogel, Mitch, Nepenthes, NiTeChiLLeR, Numbo3, Ot, Peter200, Pm, Regi51, Reo On, RobertLechner, Schmitty, Seewolf, Sinn, Stefan64, StephanK, Taadma, Tafkas, Temistokles, Timt, Togo, Ulz, Urbanus, Visi-on, Volker Detering, Wielandfritz, Wilhans, Zahnstein, Zornfrucht, Überraschungsbilder, 126 anonyme Bearbeitungen

Hackschnitzel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70137202 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Asafreeman, BJ Axel, BKSlink, Bergfalke2, Blunt., Brummfuss, Bubo bubo, Buckelwaal, Centic, Cepheiden, Daniel 1978, Darsie, Denis Barthel, Dixflips, Feba, Federkiel & Partner GmbH, Florian Gerlach (Nawaro), Fulk2, Gancho, Hadhuey, Heiner Brookman (Nawaro), Hubertl, J.-H. Janßen, Jaellee, Jeldrik, Jiver, KOchstudiO, Leithian, Linksfuss, LittleJoe, Magadan, Mandavi, Mps, Nasenbär, Oberfoerster, Optimike, OttoK, PeeCee, Pendeen, Pittimann, Polarlys, Rainer Lippert, Rasko, Roest, RolandS, Ruppert, S1, Schramme, Skarabeus1, SuTu2007, Superbass, Tb1, Tetris L, Tillwz, Tobnu, Ulrichulrich, Umweltschützen, Verum, W. Edlmeier, WOBE3333, Wall N. Stein, WikipediaMaster, YourEyesOnly, Zahnstein, 62 anonyme Bearbeitungen

Hackschnitzelheizung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71135999 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Afromme, Alfaomega, BaarLun, Diba, Dinah, Eledill, Feba, Florian Gerlach (Nawaro), Hardenacke, Herbertweidner, JuTe CLZ, Kalli R, Matom, Nikkis, Optimike, Pittimann, Ruppert, Schramme, Tetris L, TheWolf, Tibi good, 24 anonyme Bearbeitungen

Hainbuche *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63970551 *Bearbeiter*: ABF, Accipiter, Aglarech, Aka, Aktosch, ArtMechanic, Avoided, AxelHH, Baumfreund-FFM, Berliner Schildkröte, Breeze, Brummfuss, Bubo bubo, Chesk, Conmoto, Conversion script, D, Dancer59, Dietzel, DorisAntony, DrSeehas, EisfeeNRW, Ejfis, Engie, Euphoriceyes, Fabelfroh, Ferenc, Florian Gerlach (Nawaro), FotoFux, Freundlicher, Geaster, Geiserich77, Gerbil, Griensteidl, Hinrich, Hubertl, Hydro, IKAl, Idler, J.-H. Janßen, JFKCom, Jergen, Jodocus, Jonna, Jpp, Kulac, Lebrac, Lordus, Manecke, MarcoBorn, Martin Bahmann, Martin-vogel, Maufi, Media lib, Michael w, Migas, Mike Krüger, Muscari, Naddy, Nasenbär, Neon02, Neu1, Oberfoerster, Oliver s., Osterheck, Pendulin, Peng, Peter200, Qualia, Ralf Roletschek, Regi51, Reinhard Kraasch, Ri st, Rufus46, S1, Sancho Panza, Schewek, Schubbay, Shisha, SibFreak, Sinn, Slomox, Sozi, Suicidefury, TableSitter, Terabyte, Thorbjoern, Tigerente, Tilman Kluge, Tortuosa, Trixium, Vic Fontaine, W!B:, Weneg, Wolfgang1018, Wst, YourEyesOnly, Zaphiro, 97 anonyme Bearbeitungen

Halbzellstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69191631 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Hoiroix, Kungfuman, Leetec

Halmgutartige Biomasse *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67706214 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Andibrunt, Carbidfischer, Leuchtschnabelbeutelschabe, LuiLieschen, PDD, Rallig, Tetris L

Hanf (Art) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60428582 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Buteo, Christian2003, Denis Barthel, DerHexer, Dundak, Eynre, Florian Gerlach (Nawaro), Ghw, Hydro, Jemandanderes, Lambada, Muscari, Nicor, Olaf Studt, Phil41, Regi51, S1, Succu, Tolentino, TomAlt, WolfgangS, 10 anonyme Bearbeitungen

Hanffaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=62507195 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Armin P., Carstor, Denis Barthel, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Goldzahn, Griensteidl, Gumruch, Kajjo, Marcus Cyron, Muscari, N15-PK23-11, Napa, Nicor, Nikkis, Omphalos, Peter200, S1, Schubbay, Wuzur, YourEyesOnly, 5 anonyme Bearbeitungen

Hanfpapier *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69201782 *Bearbeiter*: AHZ, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), N15-PK23-11, Nicor, Schweißer, UKGB, 1 anonyme Bearbeitungen

Hanftextilie *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=62507169 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Armin P., Marcus Cyron, Mike Krüger, N15-PK23-11, Napa

Harte Faserplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60013897 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro)

Harz (Material) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73280481 *Bearbeiter*: 3268zauber, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Aka, Allesmüller, Amodorrado, Avron, Awilms, Bennibenni, Bierdimpfl, Cethegus, ChristophDemmer, Ciciban, Cippen, Ckeen, Codc, Cproesser, Darev, Darkone, Das Ohr, Decius, Dein Freund der Baum, Der Lange, Der fahrer, Diba, Dick Tracy, Doc Taxon, Don Magnifico, Drahreg01, Drahtloser, Entlinkt, Ephraim33, Eschenmoser, Felixkamer, Florian Gerlach (Nawaro), FotoFux, Gulp, Hafenbar, Hajotthu, Hibodikus, Hoffmeier, Iridos, J.-H. Janßen, JFKCom, Jaques, KMJ, Kku, Krischan111, Kölscher Pitter, Lomion, Mailtosap, Man77, Martin Bahmann, Meph666, Milibethjida, Mr. Dolk, Nephelin, Niteshift, Nonanet, Norbirt, Oberfoerster, Omit, PM3, Papilio, Petwoe, Piflaser, PunktKommaStrich, Ra'ike, Regi51, Roland.chem, Roo1812, Rufus46, Salino01, Schewek, Servus, Silenus, Sinn, Staro1, Thomas, Tönjes, Uwe Gille, Vietinghoff, Vilkapi, W!B:, W.J.Pilsak, Wst, Zgh, Zumbo, 60 anonyme Bearbeitungen

Hauptbaumart *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=39943286 *Bearbeiter*: Oberfoerster

Hechel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70825228 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Engelbaet, Flominator, Griensteidl, Jofes, Skyrider, Stephan Piotrowski (Nawaro), Ulfbastel, UlrichJ, 5 anonyme Bearbeitungen

Heilpflanze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71181587 *Bearbeiter*: 25, Abzt, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Addicted, Aglarech, Aka, Andante, AnjaK, B.gliwa, BS Thurner Hof, Bartiebert, Bdk, Bera, BerndH, Björn Bornhöft, Blaufisch, Blootwoosch, Blueword, Btr, CGuder, CSOFT, Cactus26, Carstor, Chemiewikibm, Cherubino, Christian2003, Claus Ableiter, Conny, Convallaria, Cvf-ps, Daniel 1992, Denis Barthel, Density, Diba, Don Magnifico, ECeDee, Emes, Epic, Eynre, Fixlink, Frickelfreund, Gaston76, Gcapol, Gewa13, Gleiberg, Greenhorn, Griensteidl, Harko, Haruspex, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Hermannthomas, Hoffmeier, Hubertl, Hydro, Hyssopus, Irmgard, Juesch, KaPe, Kku, Lagaly de, Lehrer Lämpel, Lingulidas, LivingShadow, Lonesome-cowgirl, Lupussy, M mb, Magnummandel, MarkusHagenlocher, Martinl, Maschu007, Matt1971, Miiich, Mms, Mnh, Moros, Mschlindwein, Muscari, Nici2012, Nina, Oberfoerster, Obersachse, PeeCee, Penarc, PhJ, Philipendula, Primus von Quack, Rainer Zenz, Rax, Regi51, Robodoc, Rubinstein, S1, Semper, Silberchen, Sinn, Sputnik, Stephan Piotrowski (Nawaro), Suerborn, Terabyte, Thommess, Tobi B., Touch.and.go, Triam Butda, Unscheinbar, Uoeia, Urbanus, Uwelochstampfer, V.R.S., Validom, W!B:, Wiegels, Willi1966, Wst, Xlboy, Yeahx3, YourEyesOnly, Zep, Zundelfrieder, °, 150 anonyme Bearbeitungen

Heizwert *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73100012 *Bearbeiter*: 1-1111, Abrev, Aka, Alureiter, Andim, Anhi, Anton, BMK, Bergdohle, BeziehungsWeise, Bingbaum, Buxul, Cabfdb, Charis, Chrisfrenzel, Conny, Cäsium137, Die silberlocke, DiplomBastler, Dk9sj, DocTrax, Drdoht, Erud, Frank Murmann, Gandalf, Georg Slickers, GordonFreeman, Gunnar.Kaestle, Hadhuey, Heinte, Heraklied, Ing. Schröder Walter, JD, Jbergner, Jivee Blau, Johnny Controletti, Jotzt, Juesch, Jutta234, KarstenG, Kino, Kirsch, Kku, Knusperj, Kurt Jansson, Leumar01, Maqqusz, Markus Schweiß, MichaelDiederich, Mikue, Mtthsme, Niteshift, Oberfoerster, PM3, Paddy, Pemu, Peter200, Philipendula, Pittimann, Polli75, Priwo, Prolineserver, Rjh, Robbatt, Rufus46, Sch, Septembermorgen, Sinn, SiriusB, Soebe, Stefan Kühn, Stefan64, Stepa, Suirenn, TGS, Tetris L, TheWolf, Thomas, Ticketautomat, Timo Müller, Tsor, Tyrannosaurus, U Zingel, Valentin Funk, VanGore, Verita, W!B:, WAH, Wen222, WikipediaMaster, Winfried Mueller, Wolfgang1018, Zaltvyksle, Zaoul, 139 anonyme Bearbeitungen

Hemicellulose *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71643456 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Andrsvoss, Ayacop, BMK, Burgkirsch, Crazybyte, Heiner Brookman (Nawaro), Ikiwaner, Linksfuss, Matthias M., NEUROtiker, Nina, Ppeedddeerr, Rax, S.K., 6 anonyme Bearbeitungen

Heu *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71726555 *Bearbeiter*: 132-180, Achim Raschka (Nawaro), Aktions, Aspius, AxelHH, BJ Axel, Bartleby08, BjKa, Boris23, Briemle, ChristophDemmer, Church of emacs, Clemensfranz, Cointel, Crazybyte, DerHexer, Diba, Don Magnifico, Dr. phil. Brauer, Elchjagd, Ephraim33, ExIP, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Fristu, Gatm, Gerd Taddicken, Gereon K., Gnoerz, Guisquil, Herrick, Hgrobe, Hinrich, Horsefreund, Hutschi, Ilja Lorek, Johann Jaritz, Kadereit, Karl-Henner, Kookaburra, Landwirt, LosHawlos, Lucyin, Max Plenert, Mijobe, Norman, Oberfoerster, Odin, Ozelotenor, Pixelfire, Pomona, Priwo, Rainer Lippert, Ramessos, Rdb, Roo1812, Rupicaprus, Saperaud, SpaceJ, Speck-Made, Summ, Thomas Springer, W!B:, WodyS, Wst, Zenit, Zwoenitzer, 39 anonyme Bearbeitungen

Hirse *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71651471 *Bearbeiter*: 1000, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Andy king50, BMK, Ben-Zin, Bertramz, Bildermaker, Blaubahn, Boris Küchemann, Burgkirsch, Catrin, Chrislb, Ciciban, Conversion script, Cyrus Grisham, D, DF, DorisAntony, Elya, Etagenklo, Euphoriceyes, Eynre, Florian Gerlach (Nawaro), Franz Xaver, Giocoso, Griensteidl, Grummthater, Gucki, Hardenacke, IKAl, Irmgard, Ithunn, Itu, Jed, Johnny Yen, Kormophyt, Markus Schweiß, MarkusHagenlocher, MarsmanRom, Martin-vogel, Mike Krüger, Mmmkay, Monachus, NEUROtiker, Naddy, Nightwish62, Olaf Studt, Ot, PS-2507, Pittimann, Pjacobi, Reinhard Kraasch, Rohi, Ronzo, Roo1812, STBR, Sarcelles, Schewek, Schubbay, Slomox, Sol1, Stefanos, Steffen, Tsui, UW, Vic Fontaine, Webkid, Wolfgang1018, WortUmBruch, YourEyesOnly, Zeno Gantner, €pa, 78 anonyme Bearbeitungen

Holz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67873954 *Bearbeiter*: 1-1111, 24-online, A0QToF, ABF, AN, APPER, Aaaah, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Ahellwig, Aka, Andre Riemann, Anton, Arno Matthias, Averse, Avoided, BKSlink, BLueFiSH.as, Baumst, Bernburgerin, Bierdimpfl, Birger Fricke, Björn Bornhöft, Blaue Orchidee, Blumenfischer, Boronian, Brya, Buteo, Carbenium, Carl Steinbeißer, Carstor, Centic, Christian gigge, Christopher, Citellus, Ckeen, Claus Ableiter, CommonsDelinker, Complex, ConstantinSander, Crux, Curtis Newton, Cvf-ps, DWay, Daaavid, Darklord11, Das Ohr, DasBee, Delian, Dellex, DerHexer, Die tiefe blaue See, DiplomBastler, Dnalor, Don Magnifico, Donny, E-Zwerg, Ed.dunkel, El Dirko, El., Engie, Entlinkt, ErikDunsing, Ernst Heim, FEXX, Faymer, Fcadonau, Florian Adler, Fornax, ForrestFunk, Forrester, Frankrae, G.Piezinger, GNosis, Gebu, Gelöscht Windhoek, Georg Slickers, Geos, Gerbil, Gerhard Elsner, Gh, Glenn, Gnarr, Griensteidl, Groteheide, Gumbel, HaSee, Hadhuey, HaeB, Hajumal, Hansjörg, Hasimaus, Hasli, Heimli1978, Heinte, Hermannthomas, Historiograf, Holzmiete, Holzweg, Hubertl, HugoRune, Hydro, IKAl, Idler, Ies, Inkowik32, Iogos82, Ireas, J.-H. Janßen, Jacktd, Jergen, Jlorenz1, Johnny Controletti, JonValkenberg, Jvano, KaiKemmann, Kivi, Kku, KnightMove, Knueller, Kohl, Krawi, Krje, Kubrick, Kuhlo, Kurt Jansson, LKD, Lautringer Atsche, Lax, LittleJoe, Liuthalas, LivingShadow, Lleldorin, Lowenthusio, Lumber Jack, Lumber Jack Stone, MD, Magnummandel, Mailtosap, Mandavi, Manecke, Manuel Heinemann, Markus Schweiß, MarkusHagenlocher, Martin-vogel, Max Plenert, Media lib, Mindless, Mnh, Mo4jolo, Modul, Morki, Moros, Mr.back, Mschubert, Mätes, NFI, Nassauer27, Nicolas G., Nikkis, Norro, Nyks, Oberfoerster, Okatjerute, Olaf Studt, Ole, Oliver s., Ot, P UdK, Paedy, Peasmaker, Pendulin, Peter200, Peymanpi, PhJ, Piffpoffer, Pittimann, Prof. Holzfäller, Proper Education, Quikquak, Rainer Lippert, Ralf Roletschek, Regi51, Reisserei, Revvar, RobertLechner, Roest, Rolf Zeller, Romanm, Roo1812, Rotkäppchen, Rufus46, S1, S4uri3r, STBR, Saperaud, Scherge, Schrauber5, Schwalbe, Sebs, Sechmet, Seewolf, Semper, Septembermorgen, Seqouiadenodron, Sicherlich, Sigune, Sinn, Smial, Smilelight, Smurf, Sol1, Staro1, Stefan, Stefan Kühn, Stefan h, Steve44, Supermartl, Taadma, Tafkas, Tetris L, TheWolf, Thogo, Thorbjoern, Thoss, Tinz, Tmtriumph, Tobi B., Tobias Bergemann, Tokikake, TomAlt, Topfklao, Tram fan, Triops, Tsor, Tucano, Tönjes, Udo Schuldt, Ulfbastel, Umweltschützen, Ussschrotti, VanGore, VerwaisterArtikel, Vinci, Viste, Voyager, W!B:, W.alter, WAH, WHell, Wasserseele, WikipediaMaster, Wilhans, Wkrautter, Wladmeister, Wolfgang1018, Wst, Www.gruebbel.de, Yiik, YourEyesOnly, Zahnstein, Zaungast, Zesa, Zoph, Zundelfrieder, 388 anonyme Bearbeitungen

Holzart *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65040375 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Gruß Tom, Hadhuey, My 2 ct, Oberfoerster, Renekaemmerer, Roest, W!B:

Holzaufschluss *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68930721 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Denis Barthel, Heiner Brookman (Nawaro), Thorbjoern

Holzbau *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71056806 *Bearbeiter*: 20percent, A.Rhein, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Arch-m, Armin P., B.Beginn, Bammsi, Bertll, Bärenfaller, ChrisHamburg, Club79, Complex, ConstantinSander, Cybog, DasBee, DerHexer, Dr.Marbuse, Euphoriceyes, Fab, Fintan, Florian Gerlach (Nawaro), HCKOESTER, HV, Hafenbar, Heiner Brookman (Nawaro), Hubertl, Hydro, Jergen, Mailtosap, Mätes, Oberfoerster, Parakletes, Petflo2000, ProfessorX, Proholz, Ramsau, ReclaM, Saibo, Stefan Kühn, Stullkowski, Störfix, TomAlt, TomK32, Ulrich.fuchs, Ussschrotti, Vasil', W!B:, Www.gruebbel.de, 72 anonyme Bearbeitungen

Holzextrusion *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60163542 *Bearbeiter*: Aka, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Linksfuss

Holzfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71889574 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Emdee, Martina Kolarek, Norbirt, Pendeen, RolandS, Schwalbe, Xocolatl, 1 anonyme Bearbeitungen

Holzfaserdämmplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60023931 *Bearbeiter*: Aconcagua, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Drstefanschneider, Florian Gerlach (Nawaro), High Contrast, JWBE, Milchpott, Mto75, RolandS, Solid State, Thorbjoern, Vux, YourEyesOnly, 11 anonyme Bearbeitungen

Holzfehler *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60048827 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aka, Andy king50, BS Thurner Hof, Blumenfischer, Carstor, Cecil, Claus Ableiter, Cäsium137, D, Das Ohr, DasBee, ErikDunsing, Florian Gerlach (Nawaro), Fujnky, Heinte, Iwoelbern, Jodo, Kku, Mailtosap, Moerser-1802, Mätes, Oberfoerster, Ot, Otterchen, Peter200, Pinuscembra, Pitz, Presse03, Regi51, Speifensender, StromBer, Succu, TobiAs2, W!B:, Weede, YourEyesOnly, 54 anonyme Bearbeitungen

Holzgas *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73413933 *Bearbeiter*: 1-1111, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Blaufisch, Brudersohn, ChrisHamburg, Chrisfrenzel, Complex, Echtner, Ejfis, Geos, Gerfriedc, H005, Holzgaser, Hydro, Jbergner, Jmsanta, K4ktus, KaHe, Karl Gruber, Kino, Krawi, Leumar01, Media lib, Mo4jolo, Oberfoerster, Onkelkoeln, Patchy, Pentachlorphenol, Pfalzfrank, Primus von Quack, Reinhard Kraasch, RexNL, Richard Z, Schmendrik881, Sirdon, Stefanbcn, Tetris L, Thomas, Tobi B., Uwe W., VanGore, WikiMax, Wikissohn, Wolfgang H., Zahnstein, Zaungast, Zickzack, ŠJů, 41 anonyme Bearbeitungen

Holzheizung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72672681 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Arkina, Avoided, Bernhart83, Blah, Bukk, Demus Wiesbaden, DerHexer, Diba, FabiBerg, Florian Gerlach (Nawaro), Fubar, Giftmischer, Greenhorn, H-P, Hadhuey, Heiner Brookman (Nawaro), High Contrast, Hubertl, IqRS, Joschun, KaiBorgeest, Kirsch, Knechtgarten, Krokofant, Manecke, Manfred.baumgaertner, Mauli66, Millbart, Onkel Dittmeyer, Ordnung, Pascal.tilgner, Pigo, Ponte, Reissdorf, Riverwind, S.Didam, Schramme, Sebs, Semper, Smial, Stl, Strehle, Svenboatbuilder, Tetris L, The Invisible, ThomasBettler, Tilla, Tobi B., TomAlt, Usien, VanGore, W!B:, Wiki-vr, WikipediaMaster, YourEyesOnly, Zahnstein, 76 anonyme Bearbeitungen

Holzkohle *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67876035 *Bearbeiter*: ADK, Achim Raschka (Nawaro), Allesmüller, Amontillado, Andy E, Ar291, Armin P., Asb, BarbecueMaster, Bdk, Bene100, Bera, Bernhard Wallisch, Birger Fricke, Blaufisch, Chrisbenz, Conny, DWay, Daniel Markovics, DasBee, Der Hammer, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, DieAlraune, DieKraft, Ecki, Engie, Ephraim33, EvaK, Florian Gerlach (Nawaro), Foxxi59, Grand-Duc, Gulp, HAH, HaeB, Hardenacke, Head, Hei ber, Hermannthomas, Hubertl, Hydro, Inssurance, J.-H. Janßen, JCS, Johnny Controletti, Kettenfangbolzen, Krawi, Krokofant, LKD, Linksfuss, M.Birklein, Magnummandel, Mangomix, Martin-vogel, My name, NaHSO4, Ninjamask, Oberfoerster, PM3, PeeCee, Peng, Perrak, Philipendula, Pittimann, Q'Alex, Regi51, Roest, Schewek, Smilelight, Spes Rei, Techniker, Tetris L, The O o, Trg, Ulrich.fuchs, Umweltschützen, Video2005, Wolfgang1018, Wst, Yak, YourEyesOnly, Zahnstein, 95 anonyme Bearbeitungen

Holzmehl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65140905 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Florian Gerlach (Nawaro), Framhein, Linksfuss, 1 anonyme Bearbeitungen

Holzmerkmal *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60701624 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Mike Krüger, Oberfoerster, Olaf Studt, Sprachpfleger, Stahlfresser

Holzmobilisierung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68734216 *Bearbeiter*: Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Dyll, Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Indiförster, J.-H. Janßen, JamesP, Kulac, L.M. Morgenroth, Oberfoerster, Ruppert, Thomas Breuer (Nawaro), Torminalis, Vond, Wassilissa

Holzmodifikation *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70532748 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, CatMan61, ConstantinSander, Florian Gerlach (Nawaro), Martina Kolarek, Mike Krüger, RobertLechner, Rotkaeppchen68, 2 anonyme Bearbeitungen

Holzpellet *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68352705 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), AchimP, Albert Ludwig, Augiasstallputzer, AxelHH, BMK, Baumfreund-FFM, Boris23, Captaingrog, Christian.mayr, Cristof, Dalamma, Elvis untot, Farino, Florian Gerlach (Nawaro), Forstmeister, Grimmi59 rade, HaSee, HackerzNET, Hadhuey, Heiner Brookman (Nawaro), Hubertl, Hydro, Itzekocke, Joseppe, Jutta234, Kiker99, Kuru, KönigAlex, La Corona, Longo, MarkusHagenlocher, Martin Bahmann, Mattfiechter, Mh26, Mog83, Motiko98, Nasenbär, Omnikron, Ot, Perrak, Rsddrs, Sebastian Proske (Nawaro), Seewolf, Siehe-auch-Löscher, Skarabeus1, StefanHuglfing, Stefanbcn, Stoak, Tetris L, Tilman123, Tom md, Tsor, VanGore, W!B:, WAH, Wismann, Zahnstein, 62 anonyme Bearbeitungen

Holzspan *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65768988 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro)

Holzspanwerkstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70397965 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Atomblume, Chantre, Conny, Das Ohr, DiplomBastler, Dnalor, Eiku, Florian Gerlach (Nawaro), Griensteidl, H-P, Hadhuey, JAZ, Jed, Karl Bednarik, Kku, Mailtosap, Martina Kolarek, Napa, ReiKi, Robodoc, Roterraecher, Saibo, Shidata, Torsten Bergt, Traut, Tsor, 17 anonyme Bearbeitungen

Holzstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69191306 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Amiradibi, Bergfalke2, Biggerj1, Boonekamp, Chilly85, Florian Gerlach (Nawaro), Gerckma, HUSuess, Heiner Brookman (Nawaro), Johnny Yen, Konsti, MIBBI, Muck31, PDD, Rufus46, S.K., Thomas S., Two1zero, 5 anonyme Bearbeitungen

Holztafelbau *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72004376 *Bearbeiter*: (127.0.0.1), Bauigel70, BerndH, Club79, Don Magnifico, Fintan, Hafenbar, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikHolke, Jailbird, LKD, Mailtosap, Mettauge, Nb, Saibo, Siehe-auch-Löscher, SymTec ltd., Thorbjoern, TomAlt, Video2005, 17 anonyme Bearbeitungen

Holztechnik *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71183550 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Club79, Doso, Felix Stember, Flip666, Gingolo, Harry8, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), Hubertl, Hubsing, Hydro, JRG, Ordnung, Parakletes, Pelz, Peter200, Pittimann, Roest, Rs newhouse, Schwalbe, Seewolf, Semper, Striecker, Sulfolobus, TheWolf, Ussschrotti, Xario, Xqt, Zahnstein, 72 anonyme Bearbeitungen

Holztrocknung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60045552 *Bearbeiter*: Aka, BKSlink, ConstantinSander, Der erste Zeuge, Eichelberg, Florian Gerlach (Nawaro), Karl-Friedrich Lenz, Nikkis, Pietsen, Thavron, TheK, 2 anonyme Bearbeitungen

Holzverzuckerung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63788197 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Sooonnniii

Holzwerkstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71486686 *Bearbeiter*: -colt-, 32X, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, BKSlink, Bernhard Wallisch, Birger Fricke, Clinki, Club79, ConstantinSander, Crux, Das Ohr, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, DiplomBastler, Dnalor, Dumbid, Engeser, Engie, Entlinkt, Euphoriceyes, Galahad®, Gastone, Gsiroland, H-P, Hadhuey, He3nry, Head, Himuralibima, Hozro, Ikiwaner, Jahobr, Jbergner, Joost, Jpp, Justsail, Karl Bednarik, MIGNON, Makowski, Manecke, Martina Kolarek, Mediarion, Michael.walter, Mike Krüger, Nicolas G., Nikkis, OecherAlemanne, Olei, Pelz, Perrak, Pittimann, Proholz, Regi51, RolandS, Romwriter, Roterraecher, Rotkaeppchen68, S1, Saibo, Schekinov Alexey Victorovich, Schwalbe, Seewolf, Siehe-auch-Löscher, Sinn, SirJective, Small Axe, Tobisch, TorPedo, WAH, Wikipedia ce, YourEyesOnly, 92 anonyme Bearbeitungen

Holzwirtschaft *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71142297 *Bearbeiter*: 790, Avoided, Bassaar, ChrisHamburg, Complex, Conny, ConstantinSander, De728631, Diba, Engelbaet, Flozela, Flynx, Gratisaktie, Hadhuey, HaeB, Heiner Brookman (Nawaro), Holzmarkt, Leyo, MFM, Manjel, Nelendil, Oberfoerster, Parakletes, Robert Stingl, RobertLechner, Trinitrix, Wladmeister, WodyS, Ökologix, 19 anonyme Bearbeitungen

Holzwolle *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65439469 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Dem Zwickelbert sei Frau, FocalPoint, Für eine Gerechte Welt!, Joschi90, Lax, Mef.ellingen, Nils, P. Birken, Priwo, RolandIllig, Roo1812, Treeman, WikipediaMaster, 11 anonyme Bearbeitungen

Holzwolle-Leichtbauplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64838101 *Bearbeiter*: Denis Barthel (WMDE), Florian Gerlach (Nawaro), Heinte, Label5, Obersachse, Rufus46, 3 anonyme Bearbeitungen

Hydraulikflüssigkeit *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71090447 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Bukk, Christian Specht, Cidor, DerHexer, Ebcdic, Gilliamjf, Gpeterek, Hadhuey, Hydrauliköl, JCS, Jahobr, Karlkrieger, LabFox, OttoK, Roland1952, Saluk, Septembermorgen, Staro1, WikipediaMaster, Xqt, 28 anonyme Bearbeitungen

Hydriertes Pflanzenöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66320931 *Bearbeiter*: A.Fiebig, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Andim, Linksfuss

Iberischer Drachenkopf *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=60700967 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Denis Barthel, Euphoriceyes, Florian Gerlach (Nawaro), Leithian, Mike Krüger, Muscari, 2 anonyme Bearbeitungen

Industrieholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67873864 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Mike Krüger

Industriepflanze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70529472 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Bernard Ladenthin, Bwag, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Stephan Piotrowski (Nawaro), Wiki surfer bcr, Wolf32at

Industrierestholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65865111 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Florian Gerlach (Nawaro), Juesch, Rallig, Tetris L

Jatropha *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70707674 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Alfons64, AwOc, Benacola, Blablapapa, Buteo, Da flow, Denis Barthel, Density, Der Rabe Ralf, Dietzel, Doc uhu, Don Magnifico, Florian Gerlach (Nawaro), Gsälzbär, Howwi, Hydro, Ies, Ixitixel, JFKCom, Jutta234, M.L, Martin H., Martin-vogel, Megatherium, Michael w, Nipisiquit, Olaf Studt, PeeCee, Rongoku, Thorbjoern, 37 anonyme Bearbeitungen

Jute *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73343118 *Bearbeiter*: 1000, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, AlMare, Anaqonda, Aruck, Ben Ben, Berndt Meyer, Denis Barthel, Don Magnifico, Edith Wahr, Florian Gerlach (Nawaro), Iogos82, Johannes-eva, LKD, Martina Kolarek, Nipisiquit, Olaf Studt, Semper, Stephan Piotrowski (Nawaro), Tsor, Uwe1959, Wesener, Willglov, Wowbagger!, Xquenda, Yak, 22 anonyme Bearbeitungen

Kaltpressung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=62450051 *Bearbeiter*: Alletto, Andy king50, BeeKaaEll, Der Leo, Florian Gerlach (Nawaro), Günter Barten (Nawaro), Oliver S.Y., RobertLechner, Succu, 3 anonyme Bearbeitungen

Kartoffel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70464105 *Bearbeiter*: $am, 3268zauber, 4tilden, AF666, AHZ, Acf, Achim Jäger, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aconcagua, Adromel, Afb, Aglarech, Aka, AlMare, Alphatango, Anajemstaht, Andrsvoss, Anfield6road, Angr, Apth, Arup, Atamari, Augiasstallputzer, AxelHH, Ayacop, BJ Axel, BK-Master, BLueFiSH.as, BMK, Babelfisch42, Baird's Tapir, Balû, BambooBeast, Bananen Willi, Bassaar, Bdk, Ben-Zin, Benatrevqre, Berger, Berlin-Jurist, Berliner Schildkröte, Bernhard55, Berthold Werner, Beton, BeziehungsWeise, Birger Fricke, BjoernDE, Björn Bornhöft, Blah, Blar, Blaue Orchidee, Blaufisch, Blech, Bodenseemann, Bonatus, Boonekamp, Bpfitzer, Breeze, Bremser, Brian67, Buecherfresser, Buteo, C-M, C.Wesner, CFT, CMEW, CTHOE, CaTi0604, Caeschfloh, Camul, Carstor, Chaddy, Cherubino, Cholo Aleman, ChrisHamburg, Chrisfrenzel, ChristianBier, Christianju, Ckeen, Clemensfranz, Complex, Crazybyte, Cymothoa exigua, D, DanielMrakic, Darina, Darkone, DasBee, Dein Freund der Baum, Denis Barthel, Der Wolf im Wald, Der.Traeumer, DerHexer, Derbrain, Diba, Die Winterreise, Die zuckerschnute, Dietzel65, Dinah, Dishayloo, Dodo von den Bergen, Dominic Z., Don Magnifico, DonRolfo, Dr. E. Scherer, Duczmal, Dundak, Durango, E.male, E7, EK Drops, Ebcdic, Eckhart Wörner, El., ElRaki, ElTom, Elchjagd, Elmschrat, Elveoflight, Emes, Emmanuel3000, Empro2, Emu, Engeser, Englandfan, Enslin, Entejens, ErikDunsing, Eriksven, Erzbischof, Factumquintus, Falense, Feba, Felix Stember, Firefox13, Flominator, Florian Adler, Flups, Frank Schulenburg, Franz Xaver, Fullhouse, Fusselwurm,

G-Michel-Hürth, GNosis, Georg-Johann, Geos, Gerald.deppe, GerryAusWolfurt, Giocoso, Glg, Gloeglm, Gnu1742, Goldlocki, Gorgo, Grabenstedt, Griensteidl, Gspieles, Gum'Mib'Aer, H-79.de, HAL Neuntausend, HaSee, HaeB, Haeber, Hans-Jürgen Hübner, Hardenacke, Haselmaus12, Hauke Hille, He3nry, Heihei, HelgeRieder, Henniava, Hermannthomas, Herr Klugbeisser, Herrick, Hewa, Hi-Lo, Hinrich, Holger I., Howwi, Hubertl, Hutschi, Hydro, Hystrix, Härtöpfel1, Härtöpfel2, Ichmichi, Ilja Lorek, Imperator, Ing. Schröder Walter, Isis2000, Ixitixel, JARU, Jahn Henne, Jailbird, Jamcelsus, Janpol, Jdiemer, Jens Liebenau, Jens1968, JensBaitinger, Jergen, Jivee Blau, Jmsanta, JohannWalter, John, Jordi, JotW, JuergenL, Juesch, Jwnabd, Jörg Knappen, Kaisersoft, Kam Solusar, Karanar, Karl-Henner, Katharina, Kersti Nebelsiek, Kickof, Kivi, Kku, Kluibi, Knallexus, KnightMove, Knollikoch, Koch-Matzi, Koerpertraining, Korinth, Kranenburger, Krawi, Krtek76, Kubrick, Kuhlo, Kuifje, Kulac, Kurt Jansson, Kwer Wolf, Käffchen77, König-der-Hasen, Lajsikonik, Landwirt, Leipnizkeks, Lencer, Leoloewe, Logograph, LostAndSafe, LuisDeLirio, Lunk, Lyzzy, Löschfix, M mb, M.L, MFM, Macunaima, Magnummandel, Magnus, Manutius, Marc Gabriel Schmid, Marcus Cyron, Mariano-J, Marius77, MarkusHagenlocher, Martin Bahmann, Martin-vogel, Matthäus Wander, Maxl, Maynard, Mdangers, Media lib, Meister-Lampe, Meistermuellerde, Melancholie, Metaxa, Mhoennig, Michael Linnenbach, Migas, Mijobe, MikeOFr77, Mikue, Minna, Mnh, Mo4jolo, Mogelzahn, Mr. B.B.C., MsChaos, Mumucow, Muscari, Mw9, Mws.richter, Nb, Necrophorus, Nephiliskos, Nerd, Nguyễn Hoàng Dương, Nicfisch, Nicolas G., Nicor, Nightporter, Niwi, Numbo3, Nurgut, Nuva, Nyks, Ocrho, Oheite, Olei, Oliver S.Y., Oliver s., Onee, Onetwo, Orci, Otto67at, Pelz, Pendulin, Pepre, Perrak, Peter Flachsbauer, Peter und Klaus, Peter200, Pfalzfrank, Phil41, Philipendula, Pill, Pinof, Pittimann, Pkn, Pm, Pohli, Poldistanistan, Powerbiker1, Purodha, Ra'ike, Ranthoron, Ranunculus, Raymond, Rdb, Regiomontanus, RehderZMP, Renekaemmerer, Ri st, Robb, RobertLechner, Roberta F., Roeschti, Roland2, Rolf Maria Rexhausen, Roo1812, Rosenzweig, Roter Dieter, Ruppert, S.kapfer, S1, SPS, STBR, Samsara, Saxo, Scherben, Schewek, Schlesinger, Schlumpf, Schlurcher, Schmeicks, Schubbay, Schurdl, Scooter, Seewolf, Sei Shonagon, Semper, Senfmann2, Sennah78, Sewaldo, Shiyaki, Shoot the moon, Sicherlich, Sigune, Silean, Sinn, Sir, Sol1, Solid State, Sommerkom, Soumi, Southpark, Spuk968, Srbauer, St.Krekeler, StYxXx, Stefan Kühn, Stefan Wolff, Stephan Piotrowski (Nawaro), Stephanbim, SuMMon.KuLT, Subversiv-action, Sulfolobus, Superbass, Suricata, TAFKACOS, TRoX, Tannenhaus, Teamtrip, Temistokles, Template namespace initialisation script, The weaver, TheWolf, Thomas S., Thommess, Thorbjoern, ThorstenSommer, TigerDriver, Tigerente, Tilmann, Timer, Timo Roller, Tinz, Tlustulimu, Tobi B., Tobias Bergemann, TobiasEgg, Tobnu, Toffel, Torwartfehler, Trilix, Trugbild, Tröte, Tsor, Tvjunky, Tönjes, Túrelio, Ucc, Ulanwp, Ulrich.fuchs, Unscheinbar, Uwe Gille, Uwe W., Uwelochstampfer, Valentine, Vic Fontaine, W-alter, WAH, WKr, WaltR, Wesener, Westiandi, Wikifreund, Wkrautter, Wmeinhart, WodyS, Wolfgang H., Wolfgang1018, Wrongfilter, Wst, Xellos, Yanestra, Yoless, Youandme, YourEyesOnly, Zaungast, Zeno Gantner, Zikke, Zipferlak, Zollernalb, 712 anonyme Bearbeitungen

Karton (Werkstoff) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70707336 *Bearbeiter*: $am, 3268zauber, 4tilden, AF666, AHZ, Acf, Achim Jäger, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aconcagua, Adromel, Afb, Aglarech, Aka, AlMare, Alphatango, Anajemstaht, Andrsvoss, Anfield6road, Angr, Apth, Arup, Atamari, Augiasstallputzer, AxelHH, Ayacop, BJ Axel, BK-Master, BLueFiSH.as, BMK, Babelfisch42, Baird's Tapir, Balû, BambooBeast, Bananen Willi, Bassaar, Bdk, Ben-Zin, Benatrevqre, Berger, Berlin-Jurist, Berliner Schildkröte, Bernhard55, Berthold Werner, Beton, BeziehungsWeise, Birger Fricke, BjoernDE, Björn Bornhöft, Blah, Blar, Blaue Orchidee, Blaufisch, Blech, Bodenseemann, Bonatus, Boonekamp, Bpfitzer, Breeze, Bremser, Brian67, Buecherfresser, Buteo, C-M, C.Wesner, CFT, CMEW, CTHOE, CaTi0604, Caeschfloh, Camul, Carstor, Chaddy, Cherubino, Cholo Aleman, ChrisHamburg, Chrisfrenzel, ChristianBier, Christianju, Ckeen, Clemensfranz, Complex, Crazybyte, Cymothoa exigua, D, DanielMrakic, Darina, Darkone, DasBee, Dein Freund der Baum, Denis Barthel, Der Wolf im Wald, Der.Traeumer, DerHexer, Derbrain, Diba, Die Winterreise, Die zuckerschnute, Dietzel65, Dinah, Dishayloo, Dodo von den Bergen, Dominic Z., Don Magnifico, DonRolfo, Dr. E. Scherer, Duczmal, Dundak, Durango, E.male, E7, EK Drops, Ebcdic, Eckhart Wörner, El., ElRaki, ElTom, Elchjagd, Elmschrat, Elveoflight, Emes, Emmanuel3000, Empro2, Emu, Engeser, Englandfan, Enslin, Entejens, ErikDunsing, Eriksven, Erzbischof, Factumquintus, Falense, Feba, Felix Stember, Firefox13, Flominator, Florian Adler, Flups, Frank Schulenburg, Franz Xaver, Fullhouse, Fusselwurm, G-Michel-Hürth, GNosis, Georg-Johann, Geos, Gerald.deppe, GerryAusWolfurt, Giocoso, Glg, Gloeglm, Gnu1742, Goldlocki, Gorgo, Grabenstedt, Griensteidl, Gspieles, Gum'Mib'Aer, H-79.de, HAL Neuntausend, HaSee, HaeB, Haeber, Hans-Jürgen Hübner, Hardenacke, Haselmaus12, Hauke Hille, He3nry, Heihei, HelgeRieder, Henniava, Hermannthomas, Herr Klugbeisser, Herrick, Hewa, Hi-Lo, Hinrich, Holger I., Howwi, Hubertl, Hutschi, Hydro, Hystrix, Härtöpfel1, Härtöpfel2, Ichmichi, Ilja Lorek, Imperator, Ing. Schröder Walter, Isis2000, Ixitixel, JARU, Jahn Henne, Jailbird, Jamcelsus, Janpol, Jdiemer, Jens Liebenau, Jens1968, JensBaitinger, Jergen, Jivee Blau, Jmsanta, JohannWalter, John, Jordi, JotW, JuergenL, Juesch, Jwnabd, Jörg Knappen, Kaisersoft, Kam Solusar, Karanar, Karl-Henner, Katharina, Kersti Nebelsiek, Kickof, Kivi, Kku, Kluibi, Knallexus, KnightMove, Knollikoch, Koch-Matzi, Koerpertraining, Korinth, Kranenburger, Krawi, Krtek76, Kubrick, Kuhlo, Kuifje, Kulac, Kurt Jansson, Kwer Wolf, Käffchen77, König-der-Hasen, Lajsikonik, Landwirt, Leipnizkeks, Lencer, Leoloewe, Logograph, LostAndSafe, LuisDeLirio, Lunk, Lyzzy, Löschfix, M mb, M.L, MFM, Macunaima, Magnummandel, Magnus, Manutius, Marc Gabriel Schmid, Marcus Cyron, Mariano-J, Marius77, MarkusHagenlocher, Martin Bahmann, Martin-vogel, Matthäus Wander, Maxl, Maynard, Mdangers, Media lib, Meister-Lampe, Meistermuellerde, Melancholie, Metaxa, Mhoennig, Michael Linnenbach, Migas, Mijobe, MikeOFr77, Mikue, Minna, Mnh, Mo4jolo, Mogelzahn, Mr. B.B.C., MsChaos, Mumucow, Muscari, Mw9, Mws.richter, Nb, Necrophorus, Nephiliskos, Nerd, Nguyễn Hoàng Dương, Nicfisch, Nicolas G., Nicor, Nightporter, Niwi, Numbo3, Nurgut, Nuva, Nyks, Ocrho, Oheite, Olei, Oliver S.Y., Oliver s., Onee, Onetwo, Orci, Otto67at, Pelz, Pendulin, Pepre, Perrak, Peter Flachsbauer, Peter und Klaus, Peter200, Pfalzfrank, Phil41, Philipendula, Pill, Pinof, Pittimann, Pkn, Pm, Pohli, Poldistanistan, Powerbiker1, Purodha, Ra'ike, Ranthoron, Ranunculus, Raymond, Rdb, Regiomontanus, RehderZMP, Renekaemmerer, Ri st, Robb, RobertLechner, Roberta F., Roeschti, Roland2, Rolf Maria Rexhausen, Roo1812, Rosenzweig, Roter Dieter, Ruppert, S.kapfer, S1, SPS, STBR, Samsara, Saxo, Scherben, Schewek, Schlesinger, Schlumpf, Schlurcher, Schmeicks, Schubbay, Schurdl, Scooter, Seewolf, Sei Shonagon, Semper, Senfmann2, Sennah78, Sewaldo, Shiyaki, Shoot the moon, Sicherlich, Sigune, Silean, Sinn, Sir, Sol1, Solid State, Sommerkom, Soumi, Southpark, Spuk968, Srbauer, St.Krekeler, StYxXx, Stefan Kühn, Stefan Wolff, Stephan Piotrowski (Nawaro), Stephanbim, SuMMon.KuLT, Subversiv-action, Sulfolobus, Superbass, Suricata, TAFKACOS, TRoX, Tannenhaus, Teamtrip, Temistokles, Template namespace initialisation script, The weaver, TheWolf, Thomas S., Thommess, Thorbjoern, ThorstenSommer, TigerDriver, Tigerente, Tilmann, Timer, Timo Roller, Tinz, Tlustulimu, Tobi B., Tobias Bergemann, TobiasEgg, Tobnu, Toffel, Torwartfehler, Trilix, Trugbild, Tröte, Tsor, Tvjunky, Tönjes, Túrelio, Ucc, Ulanwp, Ulrich.fuchs, Unscheinbar, Uwe Gille, Uwe W., Uwelochstampfer, Valentine, Vic Fontaine, W-alter, WAH, WKr, WaltR, Wesener, Westiandi, Wikifreund, Wkrautter, Wmeinhart, WodyS, Wolfgang H., Wolfgang1018, Wrongfilter, Wst, Xellos, Yanestra, Yoless, Youandme, YourEyesOnly, Zaungast, Zeno Gantner, Zikke, Zipferlak, Zollernalb, 712 anonyme Bearbeitungen

Kasein *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71307639 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Andy king50, Ayacop, Boltea, Booth, Crazy-Chemist, Don Magnifico, Ein halboffener Duschvorhang, ElRaki, Elwe, Europa1, Frank C. Müller, Gancho, Grey Geezer, Hannes Röst, Hubertl, Ilja Lorek, Lyzzy, MAK, Marshallhero, Nina, Oliver S.Y., PDD, Pancreas, Peter200, Phil41, Pietlav, Pikett, Rauenstein, Rjh, RobertLechner, Rohi, Rotkaeppchen68, Sinn, Stefan Kühn, Symposiarch, Tauwasser, Thiesi, Trueblood, W!B:, Wikipartikel, Wst, Xqt, Zerohund, Zeuke, 50 anonyme Bearbeitungen

Kaseinfarbe *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69160427 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), BjKa, Chemiewikibm, Don Magnifico, ErikDunsing, Flip666, GDK, Gerd Fahrenhorst, Grottenolm, H13alino, Hardcoreraveman, HarryDo, Howwi, Kausel, Lampshade, Martinl, Orci, Roo1812, Rufus46, Tauwasser, The-Digit, Thomas S., W!B:, Wiegels, Wolfgang H., Zerohund, 8 anonyme Bearbeitungen

Kautschukbaum *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71181865 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, BWesten, Boronian, Bubo bubo, C-M, Carstor, Complex, DorisAntony, Elrond, Ephraim33, Felix Stember, Gary Dee, HH58, Heiner Brookman (Nawaro), Horst74, Ixitixel, J.-H. Janßen, KaPe, Kookaburra, Lofor, Martin-vogel, Mef.ellingen, Michael w, Mike Krüger, Muscari, Olaf Studt, Parvus77, Phil41, Profsamba, Rjh, Sr. F, Stephan Piotrowski (Nawaro), T.woelk, Tigerente, Ureinwohner, Vic Fontaine, Wesener, Wst, 17 anonyme Bearbeitungen

Kenaf *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66588925 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Andromedus, Ben Ben, Bleep, Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Griensteidl, Koerpertraining, McB, Mike Krüger, Phil41, Stephan Piotrowski (Nawaro), Tim Huber (Nawaro), 2 anonyme Bearbeitungen

Kiefern *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67871015 *Bearbeiter*: 32X, AHZ, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Ahoerstemeier, Aka, Allesmüller, Andreas Karrer, Anton, BLueFiSH.as, BS Thurner Hof, BWesten, Baqu11, Bhuck, Blaue Orchidee, Bubo bubo, CSOFT, Cactus26, Chotaire, ChrisHamburg, Christian List, Dani, Denis Barthel, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Dietzel, Don Quichote, Dr. Meierhofer, Dundak, EPei, Euphoriceyes, Evi, Factumquintus, Franz Xaver, Gancho, Geaster, Georg Slickers, Geos, Grabenstedt, Griensteidl, Heinte, Heinz Amberger, Henning Ihmels, Hinrich, IOOI, InDepth, Inu, JFKCom, JKS, Jelee, Jergen, Jonathan Hornung, Jordi, Jpp, Jörg Knappen, Kam Solusar, Karl Gruber, Karl-Henner, Kubrick, LKD, Liuthalas, Lotron, Lupinoid, MAK, MPF-UK, Magnus, Mahlum, MarianSz, Martin-vogel, Massimo Macconi, Matthias M., Matthäus Wander, Matzematik, Mbc, Michael Fiegle, Michael w, Microsome, Mike Krüger, Mirco72, Mnh, Mo4jolo, Mps, Muscari, Napa, Nasenbär, Nicolas17, Nikai, Nikkis, Nina, Nockel12, Nolispanmo, O!, Oke, Okrumnow, Olaf Studt, Olei, Ot, Paddy, Pelz, Pendulin, PetHer, Peter200, Phil41, Philipendula, PsychoPiglet, Querverplänkler, RLJ, Ranveig, Regi51, Ri st, Robb, Roo1812, S1, STBR, Schewek, Scooter, SibFreak, Siebenundzwanzig, Sinn, Sionnach, Spacebirdy, Stacharczyk, Susanne und Stefanie, TSD, Terabyte, Thire, Tigerente, Tkarcher, Tomi, Tresckow, Tönjes, Vic Fontaine, Werner.tr, Wilhans, X-Weinzar, YourEyesOnly, Zarbi, Zaungast, 164 anonyme Bearbeitungen

Kleister *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72533673 *Bearbeiter*: AHZ, Alf1958, Blaubahn, Blutgretchen, Complex, Diba, Elian, Euronaut, Frank C. Müller, Henkel Klebstoffe, Ireas, Kataniza, Kku, Klartext, Krokofant, Langsamkommenlassen, LivingShadow, Martina Kolarek, PassePorte, Philister, Ralf Roletschek, Red Rooster, Rotkaeppchen68, Summ, Tischlampe, Tobias Bergemann, Tsor, Uwe Gille, W!B:, Wolfgang1018, Zahnstein, 25 anonyme Bearbeitungen

Kokosfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=61957928 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Apusapus, Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Kuru, LiQuidator, RobertLechner, StromBer, Tim Huber (Nawaro), 1 anonyme Bearbeitungen

Kokosöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66083911 *Bearbeiter*: Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Trilo, Wolfgang1018, 6 anonyme Bearbeitungen

Kokospalme *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69161013 *Bearbeiter*: 25, 4tilden, APPER, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Aineias, Aka, Amphibium, Andy king50, Ayacop, Bahar101, Ben Ben, BlaueKatze, Boonekamp, Braunfruchtbär, Bufi, CdaMVvWgS, Cholo Aleman, Chrigo, Contessa, Crux, D135-1r43, Da, DaB., Dealerofsalvation, Decius, Denis Barthel, DerHexer, Dietzel, Dinah, Don Magnifico, Drahreg01, Dundak, Ede1, Ejfis, El, Ephraim33, Farid, Feuerrabe, Florian Gerlach (Nawaro), Fomafix, Fragwürdig, Franz Xaver, Frente, Frits, Fusselwurm, Gancho, Gerald.deppe, Gnu1742, GoldenHawk82, Griensteidl, HaSee, Hdamm, Hgrobe, Hibodikus, Holgerjan, Hotcoconut, Howwi, Hubertl, Hydragyrum, Hydro, Ilja Lorek, Invisigoth67, Ixitixel, JCS, JFKCom, Janneman, Janwo, Jivee Blau, Jmsanta, Jodocus, Kibert, Kickof, King Milka, KnightMove, Krankman, Kuru, L.m.k, LKD, Lambdacore, LiQuidator, Liberal Freemason, Lurxl, Lustiger seth, Lysathor, MBq, Marcus Cyron, Martin-vogel, Marvin 101, Media lib, Mike Krüger, Minutemen, Mnh, MrPalpatine, Muscari, Musicman, NEUROtiker, Necrophorus, Netzrack.N, Neumeiko, Nicor, Nize, NoCultureIcons, Numbo3, Olaf Studt, Olei, Oliver S.Y., Ot, Paddy, Penta, Peter200, Pteron, Qno, RA-Punzel72, Rektsreibr,

Remi, RokerHRO, Roterraecher, Schubbay, Sciurus, Seewolf, Sinn, Solid State, Stedaho, SteffenMP, StromBer, Thorbjoern, Tigerente, Timo Beil, Tinz, Tobi B., Tomheine, Trg, Trilo, Tsui, Tönjes, Ulrich.fuchs, Ulz, Update, Vic Fontaine, WAH, Wasabi, WikiPimpi, Wolfgang H., Xqt, YourEyesOnly, 196 anonyme Bearbeitungen

Kollagen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71654419 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Androl, Andy king50, Ayacop, Bierdimpfl, Biologos, Bsz27, C.Löser, CommonsDelinker, Dietzel65, Doc Taxon, Doudo, Dpossner, Dr.Gordon, Drahreg01, Fristu, Hati, HenrikHolke, Jacerel, Jesurock, Joe-rgb, Kipferl, Kreusch, Kris Kaiser, Kristjan, Kuebi, Käffchen, Leichtbau, Leider, Matt1971, Media lib, Mike Krüger, Mitoribo, Mnh, Mrpurple, Necrosausage, Peter200, Phil41, Pkn, Plattmaster, Prof. Holzfäller, Quintero, Robodoc, Roland.chem, Schewek, Smeyen, Sulai, Thiesi, ThomasPusch, Triebtäter, Uwe Gille, Van Flamm, WeißNix, Wiggum, Wst, Zaxxon, 41 anonyme Bearbeitungen

Kolophonium *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68863786 *Bearbeiter*: 0, Achim Raschka (Nawaro), Alexander Gamauf, Amano1, Auto, Avron, Ayacop, Bassaar, Buckie, Carstor, ChristophDemmer, ClemiMD, DB1BMN, Dnalor, DonSnyder, FK1954, Giftmischer, Hede2000, Hoffmeier, Inte, Ius, Jo'i, Keefhartley, Logograph, Luke skywalker, Max Plenert, Maxliebscher, MdE, Michail, Mnh, Mo Ping, Nsaa, Oberfoerster, Onkelkoeln, Parakletes, Parvus77, Peter200, Pjt56, Priwo, Quark48, Ray1977, Rhododendronbusch, Robert Kropf, RobertLechner, Rotkaeppchen68, Sba, Suirenn, THWZ, Tekki, The Invisible, Trudylan, Tönjes, UW, Uecke, Ulfbastel, W. Edlmeier, WielandT, Wst, Zbisasimone, 82 anonyme Bearbeitungen

Kompostierung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71652676 *Bearbeiter*: ++gardenfriend++, 1000, A-4-E, Acf, Achim Raschka, Ahellwig, Aineias, Bdk, Blumenfischer, Blumister, Braeburn, Chrisfrenzel, ChristophDemmer, Conny, Crux, Dealerofsalvation, Derril, Don Magnifico, Drahtloser, Druffeler, Elwe, Elya, Engelbaet, Entlinkt, ErikDunsing, Eub, Euphoriceyes, Euripides, FMoeckel, Firefox13, Flaschenhals4, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Fmrauch, Fritz Händel, Frog23, Hagen Graebner, Hampejs, Hanns-ulrich, Heinte, Hokanomono, Hubertl, Ilja Lorek, Inkowik32, Jan Kleinhans, Johnny Controletti, Klabauter, Knautsch, Korinth, Kristjan, Krokofant, LarsVegasMUC, Leyo, Logograph, Margit Brause, Markus Steiner, Micha L. Rieser, Mlor, Moros, Moschitz, Mussklprozz, Nerd, Nikkis, Nolispanmo, Nuuk, Olag, Onliner, OttoK, Peter200, Pill, Pit, Pittimann, Plattmaster, R.Schuster, Radschläger, Rdb, Reinhard Kraasch, Robert Weemeyer, S.Didam, SchallundRauch, Schewek, Schreckens, Schweikhardt, Scooter, Shui-Ta, Siehe-auch-Löscher, Sioux, Slimcase, Soebe, Spielblau, Sumpf, Tetris L, Trg, W!B:, WikiJourney, WinfriedSchneider, Wurly-hh, YourEyesOnly, Zahnstein, Ziromar333, Zumbo, 141 anonyme Bearbeitungen

Korb-Weide *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59762775 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Blaufisch, Chrischan, Christoph Leeb, Conversion script, Eggi, Florian Gerlach (Nawaro), Fristu, HaSee, Head, Howwi, Hubertl, Hydro, Ixitixel, JFKCom, Liuthalas, MarianSz, Matthias.Wolf, Mike Krüger, Muscari, Necrophorus, Neon02, Ot, Paddy, Peterwilhelm, Simmsen, Suirenn, Tigerente, Trixium, YourEyesOnly, 17 anonyme Bearbeitungen

Kork *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69178418 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), AlexR, Arpinum, BMK, BesondereUmstaende, Boronian, Chemiewikibm, Cvf-ps, DennisK, Diba, Engeser, Felix Stember, Florian Gerlach (Nawaro), Glühwein, Grabenstedt, J.-H. Janßen, Jan Homann, JensBaitinger, Kju, Leshonai, Magnummandel, Nasenbär, Oberfoerster, Prjaeger, Roo1812, Rotkaeppchen68, Schweiger, Stuffi, Supermartl, TomAlt, Tsui, 30 anonyme Bearbeitungen

Korkeiche *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63896580 *Bearbeiter*: AHZ, Achim Raschka (Nawaro), Ahoerstemeier, Aka, BMK, Blaufisch, Bubo bubo, Cactus26, Chrischan, Claus Ableiter, DerSchnüffler, Dschwen, ElRaki, Entlinkt, Felix Stember, Fice, Florian Gerlach (Nawaro), Geaster, Gerbil, Gesichts;-)kontrolle, HaeB, Hausmaus, Hendrik J., Hgrobe, Hydro, IKAl, Igelball, J.-H. Janßen, Jordi, LLN, Leparachutist, LiQuidator, Lumbar, MaikJ, Michael w, Mike Krüger, Muns, Muscari, Müscha, Necrophorus, Nightflyer, Oberfoerster, Olag, Olei, Paddy, Peter Littmann, Roest, S1, Sozi, Srtxg, Succu, Tigerente, Tsui, Unbequem, Volvoc, Vux, Zangala, 33 anonyme Bearbeitungen

Kraft-Wärme-Kopplung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70541775 *Bearbeiter*: Agnes Menz, Anneke Wolf, Avoided, B.KWK, BHKW-Consult, BLueFiSH.as, Biezl, Bremerjunge, Brummfuss, Btr, Captaingrog, ChristianErtl, ChristophDemmer, Complex, DerHexer, Diba, Dirk33, Don Magnifico, Energietechnik, Engie, Entlinkt, ErikDunsing, Fester franz, FishScientist, Florian Gerlach (Nawaro), Frank-m, Gbeckmann, Gleiberg, Gohnarch, Gunnar.Kaestle, Gutmensch, Hadhuey, HaeB, Heiner Brookman (Nawaro), Herbertweidner, Howwi, HsT, Ja.santosferreira, Jefo, Jergen, Jkbw, Jorge28, Jory, Juesch, K4ktus, KWK-Info, Keiden, Kickof, KingLion, Kino, Kirsch, Krawi, Kwerdenker, Käpten Balu, La Corona, LennartBolks, Leo Barton, Leumar01, MFM, Mandavi, Markus Schweiß, Marzahn, Matzematik, MauriceKA, Mazbln, Mecker, Milchpott, Mion, Mnmngb, MovGP0, Norro, Ocrho, Ot, PD70, Peter200, Pill, Pittimann, Rainer Lippert, Richarddd, Rueter, Horst, Schmitty, SeveQ, Siehe-auch-Löscher, Spartanischer Esel, Srbauer, Staro1, Stefan Kühn, Suirenn, Tetris L, Thomas, Traut, Viola sonans, W!B:, WAH, Wiegels, Willhelm-Enchelmaier, Yashiro Nanakase, YourEyesOnly, 113 anonyme Bearbeitungen

Kraftstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64554233 *Bearbeiter*: -jha-, 1-1111, 112BKS, 888344, Abn Ibi Dschugali, Achim Raschka (Nawaro), Adi86, Aka, Aleksander Kr, Allesmüller, Andre Engels, Aseufert, Avoided, Avron, BJ Axel, Ben-Zin, Bernd vdB, Burts, Charis, Christian2003, Christoph-Erdmann Pfeiler, Ckeen, Complex, Conversion script, CosmoKramer, Dachris, Denis Barthel (WMDE), DerHexer, Diba, Dr.cueppers, Eckhardboles, Euphoriceyes, Felix Stember, Fgb, Filzstift, Florian Gerlach (Nawaro), Froggy, GGraf, Gadacz, Gunnar1m, Günter Barten (Nawaro), H005, Hadhuey, Hans Koberger, Harry20, Heinte, Herbertweidner, Herrick, Hubersn, Hydro, JOE, Jbergner, JensVonZobel, Karl Gruber, Karl-Heinz Tetzlaff, Krawi, Kubi, Leckse, Leumar01, Lupo Curtius, Löschfix, Mhlusi, Mo4jolo, Moguntiner, Motorschaden, NEUROtiker, Nicolas G., Nicor, Niteshift, Numbo3, Odin, Olei, P UdK, Q'Alex, Quistnix, Ralf Pfeifer, Regi51, Rjh, Roest, RokerHRO, Sansculotte, Saperaud, Schusch, Sinn, Soebe, St.Krekeler, Succu, Tetris L, ThomasZorn, Tobnu, Tsor, Tönjes, W!B:, WAH, Wiegels, Wikifreund, Wikinger08, Wst, Xeper, YourEyesOnly, Zahnstein, Zundelfrieder, 154 anonyme Bearbeitungen

Krambe *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63548994 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Biming, Blaufisch, Boronian, Carstor, Curtis Newton, Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Frank Schulenburg, Ghw, Griensteidl, IKAl, Ixitixel, Knoerz, Lley, Lucarelli, MFM, Mike Krüger, Muns, Murx Pickwick, Muscari, Olaf Studt, Regenschirmwetter, Septembermorgen, Steevie, Thomas Schultz, 10 anonyme Bearbeitungen

Kunstharzpressholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70460407 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Mike Krüger

Kunststoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68114275 *Bearbeiter*: A.Rhein, AHZ, ASM, Abu el mot, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Allesmüller, Arcturus, Armin P., ArminBerlin, Avk, AwOc, Axel1963, BSI, Bahnmoeller, Bapho, Berlin-Jurist, Bgqhrsnog, Bináris, BirgitLachner, Bitsandbytes, Blech, BookMark, Bsmuc64, Bücherwürmlein, C.Löser, CCR5delta32, Capaci34, Carol.Christiansen, Carolin, Cepheiden, Chemiewikibm, Chemiker, Chrisfrenzel, ChristophDemmer, Claus Ableiter, Clemfix, Crux, Cvf-ps, DTeetz, Daboss, Darsie, Dellex, Density, Der.Traeumer, Devil m25, Diba, Don Magnifico, Doppelchef, DoriWi, Doudo, Dr.Bischoff, Dr.cueppers, Drdoht, Dschen, El., Elian, Engelbaet, Ephraim33, Eric76, ErikDunsing, Ervauen, Euku, Euphoriceyes, FAEP, Felix Stember, Firebat, FlinxInFlux, Florian Gerlach (Nawaro), Frank C. Müller, Freudissimo, Fullhouse, Gardini, Garnix, GattoVerde, Geierunited, Gerbil, Gnu1742, Goreb, Greudin, Greuer, Grey Geezer, Gulp, Gurt, Gussstahl, Hadhuey, HaeB, Hans Koberger, Hansele, Harry20, Hedwig Storch, Hendrik J., Herberter007, Herzi Pinki, Hozro, Hubertl, Huey, Hystrix, Icek, James Bond 007, Javier Spezie Sevilla, Jcornelius, Jlukasw, Jmsanta, JoBa2282, Juesch, Jutta234, KM1980, Karl-Henner, Khklefisch, Kku, Klever, Krawi, Kubrick, Kuebi, Kunststofffüchse, LKD, Lawa, Laza, Leyo, Logograph, Lotusblüte, LovelyActress, Lutz Terheyden, Löschfix, MD, MaBo, Mario8877, Martin-vogel, Martinl, Masti, Matzematik, Maximus76, Merlissimo, Michail, Mikano, Mikue, Minutemen, MlwEc9JTnv, Mnh, Mr LF, My name, Mydalon, NEUROtiker, Nabenhauer, Nerd, Nick B., Nicor, Nolispanmo, Norbert.H, OA, OecherAlemanne, Okatjerute, Olaf Studt, Orci, Ost38, Ot, Parang, Penguin, Peter Steinberg, Peter200, Philosph, Phrood, Plastikvernichter, Pm, Polarlys, Ra'ike, Ralf Roletschek, Ranwie, Rcsu, Rdb, RedPiranha, Reddy, Regi51, Reinhard Kraasch, ReneOFD, RoB, Robodoc, RokerHRO, Roland.chem, Roland1952, Roo1812, RoswithaC, Ru-go, Rydell, S1, STBR, Saibo, Sansculotte, Schachtelsatz, SchaubM, Schwalbe, Septembermorgen, SibFreak, Soundray, Speedy-OA, Spitzl, Stefan Horn, Stefan Klumpp, Stefan Kühn, Steffen Schneider, StephanKetz, Stuffi, T.a.k., TKlemens, Talos, Terabyte, Thiesi, To old, Trapezunt, UW, Ulz, Unscheinbar, Ussschrotti, Uwe Gille, Varina, Vigala Veia, Viki, WAH, Weede, Wiegels, Wikibär, WikipediaMaster, Wissen, Wolfgang1018, Wolfy, Wst, Yahp, YourEyesOnly, Zahnstein, 301 anonyme Bearbeitungen

Kunststofffolie *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73335005 *Bearbeiter*: 24-online, Abe Lincoln, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, ChristophDemmer, DerHexer, Don Magnifico, Doudo, FK1954, Flominator, Gereon Stein, Gersve, HV, J.Ammon, Karsten11, Kmvar, Martinkugler, Mikue, Möchtegern, Nepenthes, Nicor, Pm, Quickfix, Rainer Zenz, Roterraecher, Schwalbe, Steffen85, Stuffi, Sun--point, Thomas S., Timcn, Tirkon, 2 anonyme Bearbeitungen

Kuppelproduktion *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69384788 *Bearbeiter*: Abrev, BMK, Bahnemann, ChristophDemmer, Die Niere, Dirkb, Don Magnifico, Florian Gerlach (Nawaro), Grap, Gunnar.kaestle, Jbergner, KuR, Linksfuss, Niteshift, Renekaemmerer, Surferskieur, Tyrannosaurus, WikipediaMaster, 11 anonyme Bearbeitungen

Kurzfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63975407 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Mike Krüger, WolfgangS

Kurzumtriebsplantage *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71610934 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Axarches, Blaufisch, Brummfuss, CommonsDelinker, Engelbaet, Ephraim33, Florian Gerlach (Nawaro), Frosty79, Heiner Brookman (Nawaro), Indiförster, Jbergner, Jkü, La Corona, Milenavaleska, Nasenbär, Neitram, Oberfoerster, Pendeen, PhChAK, Ppeedddeerr, RokerHRO, RudolfSimon, Stephan Piotrowski (Nawaro), Succu, Tetris L, Wiegels, Zipferlak, 6 anonyme Bearbeitungen

Quellen, Lizenzen und Autoren der Bilder

Datei:Reseda luteola habitat.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Reseda_luteola_habitat.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Lycaon

Datei:Illustration Carthamus tinctorius0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Carthamus_tinctorius0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Augiasstallputzer, Quadell

Bild:Safflower.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Safflower.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Ayacop, Franz Xaver, Ies, Paulatz, Quadell

Datei:Färber Hundskamille Anthemis tinctoria.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Färber_Hundskamille_Anthemis_tinctoria.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Aka, Darkone, Quadell

Datei:Rubia tinctorum flowers.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rubia_tinctorum_flowers.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Carstor

Bild:Ruberythric acid.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ruberythric_acid.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ayacop

Bild:Koeh-123.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-123.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

File:Indigofera tinctoria1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Indigofera_tinctoria1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Quadell

Datei:Indigo skeletal.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Indigo_skeletal.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

File:Isatis tinctoria Sturm28.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Isatis_tinctoria_Sturm28.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Johann Georg Sturm (Painter: Jacob Sturm)

Datei:Koeh-123.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-123.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Faerberwaid.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Faerberwaid.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Leipnizkeks

Image:Waidstein Sömmerda.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Waidstein_Sömmerda.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Michael Sander

Datei:Kunstfaserproduzenten.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kunstfaserproduzenten.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Original uploader was Sentry at de.wikipedia

Datei:Hanfstengel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hanfstengel.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: http://cs.wikipedia.org/wiki/Wikipedista:Ryj

Datei:Cannabis sativa.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cannabis_sativa.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: BLueFiSH.as, D-Kuru, Greatpatton, Hiuppo, Timeshifter, WayneRay, 8 anonyme Bearbeitungen

Datei:A Baumwolle Kapsel offen1.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:A_Baumwolle_Kapsel_offen1.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Begonia

Datei:SisalFarmDrying.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SisalFarmDrying.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: WRI Staff

Datei:GreenwichMarketClothes bordercropped.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:GreenwichMarketClothes_bordercropped.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Neep

Bild:Türinnenverkleidung Hanf-PP nova.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Türinnenverkleidung_Hanf-PP_nova.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Datei:Linen_cloth.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Linen_cloth.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Rumun999, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Illustration_Cannabis_sativa0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Cannabis_sativa0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Augiasstallputzer

Datei:STEICO flex Natural Wood Fibre Insulation.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:STEICO_flex_Natural_Wood_Fibre_Insulation.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: thingermejig

Datei:MDF Sample.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MDF_Sample.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Vaderluck at en.wikipedia

Datei:Faserstoffe.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Faserstoffe.svg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Chrkl

Bild:Faserverbund-spannungsuebertragung-zug.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Faserverbund-spannungsuebertragung-zug.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Florian.Arnd

Bild:Faserverbund-spannungsuebertragung-druck.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Faserverbund-spannungsuebertragung-druck.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Florian.Arnd

Bild:Vakuum-Injektion.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vakuum-Injektion.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Beleghil, Buzztiger, Svencb

Bild:Vakuum-Injektion-fertig.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vakuum-Injektion-fertig.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Beleghil, Buzztiger, Svencb

File:2009-02-20 Fermenters at LoneRider Brewery.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:2009-02-20_Fermenters_at_LoneRider_Brewery.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Specious

Datei:Production of cheese 2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Production_of_cheese_2.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: MatthiasKabel, Wst

Datei:Joghurt.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Joghurt.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Rainer Zenz, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Ethanol plant cropped.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ethanol_plant_cropped.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Steven Vaughn

File:Ladbergen Biogasanlage.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ladbergen_Biogasanlage.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Francis Flinch

File:Jninternational4.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Jninternational4.jpg *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: User:Peter grotzinger

Datei:Octan-1-ol Skelett.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Octan-1-ol_Skelett.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Image:Fatty alcohol - generic.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fatty_alcohol_-_generic.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Edgar181

Datei:Biodiesel.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Biodiesel.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Shizhao

Datei:Bequer-B100-SOJA-SOYBEAM.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bequer-B100-SOJA-SOYBEAM.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Leandro Maranghetti Lourenço

Datei:Transesterification FAME.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Transesterification_FAME.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Ertua

Datei:Soybus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Soybus.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Kneiphof, Marek Banach, Shizhao, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:GemeineFichte.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:GemeineFichte.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Heinz Seehagel (= HaSee)

Datei:Koeh-105.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-105.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Nadelnfichtenrp.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nadelnfichtenrp.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Anton

Datei:Picea abies cone.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Picea_abies_cone.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Nova

Datei:Silberwald.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silberwald.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:ArtMechanic

Datei:Fichte Holz.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fichte_Holz.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Das Ohr, Skipjack

Datei:Picea pungens branch.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Picea_pungens_branch.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: USDA-NRCS PLANTS Database / Herman, D.E. et al. 1996. North Dakota tree handbook. USDA NRCS ND State Soil Conservation Committee; NDSU Extension and Western Area Power Admin., Bismarck, ND.

Datei:Picea_mariana_cones.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Picea_mariana_cones.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:MPF

Datei:Wood picea abies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wood_picea_abies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Achim Raschka

Datei:PinusSylvestris&PiceaAbies-comparingWood.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PinusSylvestris&PiceaAbies-comparingWood.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Torbjörn Axelson

Datei:Fichte_Leimholz_2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fichte_Leimholz_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Fichte Schichtholz 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fichte_Schichtholz_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Image:Oilpalm malaysia.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oilpalm_malaysia.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Pizzaboy1

Bild:Gruenbrache.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gruenbrache.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Bild:Flaechenstillegung_in_Deutschland.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flaechenstillegung_in_Deutschland.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Thomas Breuer (Nawaro)

Datei:Vlasvezels.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vlasvezels.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Foroa, Kreta

Datei:Verarbeitung der Flachsfaser.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Verarbeitung_der_Flachsfaser.svg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Jakob j

Datei:Keutschach Sankt Nikolai Brechlgrube 09022007 15.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Keutschach_Sankt_Nikolai_Brechlgrube_09022007_15.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Johann Jaritz

Datei:Furnierstapel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnierstapel.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: MatthiasKabel at de.wikipedia

Bild:Furnier_birke_geschaelt.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnier_birke_geschaelt.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Denniss, MatthiasKabel

Datei:Furnier_messerbirke.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnier_messerbirke.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Denniss, MatthiasKabel, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Furnierbild_gestuerzt.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnierbild_gestuerzt.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Luigi Chiesa

Datei:Furnierbild_gelegt.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnierbild_gelegt.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Luigi Chiesa

Datei:Furnierbild_kopfgestuerzt.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnierbild_kopfgestuerzt.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Luigi Chiesa

Datei:Furnierdecke.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnierdecke.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Denniss, MatthiasKabel

Datei:Birke Multiplex.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Birke_Multiplex.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Lutzeputz

Datei:Neuhaus oste biogasanlage 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Neuhaus_oste_biogasanlage_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Ra Boe

Datei:Gartenkresse.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gartenkresse.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Baisemain, Factumquintus, Nillerdk, Nova, Quadell, Rainer Zenz, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Lepidium sativum.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Lepidium_sativum.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Manuel Anastácio, Quadell, Zscout370

Bild:Lepidium sativum vdg.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Lepidium_sativum_vdg.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Ayacop, Quadell, Vdegroot

Image:Fermenting.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fermenting.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: SilkTork on enwiki

Datei:Warmwasserheizung.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Warmwasserheizung.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Geierunited

Datei:Zerstäuberdüse Oelbrenner FA Steinen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zerstäuberdüse_Oelbrenner_FA_Steinen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: btr

Datei:Pellets hand.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pellets_hand.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Tom Bruton

File:Acumulador dinámico.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Acumulador_dinámico.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Txo

File:Oil heater.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oil_heater.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: 日陰猫Joga

Datei:Pelletkessel_in_Wohnhaus.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pelletkessel_in_Wohnhaus.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Bild:Absperrventil_für_Heizungs-Rücklauf.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Absperrventil_für_Heizungs-Rücklauf.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Richard Huber

Datei:Gelatine.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gelatine.png *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Danielle dk

Datei:Sülzkotelett.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sülzkotelett.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Rainer Zenz at de.wikipedia

Datei:Kapsel beredningsform.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kapsel_beredningsform.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Ola Rönnerup

Datei:Kleinbildfilm 01 KMJ.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kleinbildfilm_01_KMJ.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was KMJ at de.wikipedia

Datei:Fraxinus excelsior 002.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fraxinus_excelsior_002.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Willow

Datei:Fraxinus-excelsior-09-01-2008-170.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fraxinus-excelsior-09-01-2008-170.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Botaurus

Datei:Fraxinus-excelsior-male-leaves.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fraxinus-excelsior-male-leaves.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Xaver, MPF, Quadell, Siebrand, Sten

Datei:Ash flower.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ash_flower.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: user:donarreiskoffer

Datei:IKAl 090920 Esche Früchte.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:IKAl_090920_Esche_Früchte.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:IKAl

Datei:IKAl090906 Esche Keimling.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:IKAl090906_Esche_Keimling.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:IKAl

Datei:IKAl 090906 Distribution Fraxinus excelsior.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:IKAl_090906_Distribution_Fraxinus_excelsior.png *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:IKAl

Datei:Cicadella viridis01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cicadella_viridis01.jpg *Lizenz*: Attribution *Bearbeiter*: Alphax, Jeffdelonge, Kulac, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:AM 738 4to Yggdrasill.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:AM_738_4to_Yggdrasill.png *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: ALE!, Bloodofox, Dsmdgold, EugeneZelenko, Gryffindor, Holt, Jorunn, S.babylonica, Sigo, VIGNERON, Wolfmann, Wst, Überraschungsbilder

Datei:Esche gemeine Holz.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Esche_gemeine_Holz.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Das Ohr, Quadell, Skipjack

Datei:Illustration_Oenothera_biennis0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Oenothera_biennis0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Rtc

Bild:Oenothera biennis Rosette.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oenothera_biennis_Rosette.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:noebse

Bild:Nachtkerze mit Samenständen und Blüten.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nachtkerze_mit_Samenständen_und_Blüten.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:noebse

Bild:Macroglossum stellatarum01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Macroglossum_stellatarum01.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: ALE!, ComputerHotline, Deadstar, Franz Xaver, Gildemax, Jeffdelonge, Olei, Prince Kassad, 1 anonyme Bearbeitungen

Bild:Oenothera biennis 20050825 945.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oenothera_biennis_20050825_945.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Georg Slickers

Bild:Nachtkerze-Samenstand_0099.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nachtkerze-Samenstand_0099.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Rüdiger

Bild:Middelste teunis bloem R0011876.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Middelste_teunis_bloem_R0011876.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: TeunSpaans

Datei:Gemeiner_flachs.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gemeiner_flachs.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: 4d44 at de.wikipedia

Datei:Stem-histology-cross-section-tag.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stem-histology-cross-section-tag.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Emmanuel.boutet

Datei:Vlas witbloeiend (Linum usitatissimum).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vlas_witbloeiend_(Linum_usitatissimum).jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Rasbak

Datei:Linum usitatissimum (linseed).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Linum_usitatissimum_(linseed).jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rasbak

Datei:Grand-Reng JPG01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grand-Reng_JPG01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: user: Jean-Pol GRANDMONT

Datei:Lein reif.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Lein_reif.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Factumquintus, Foroa, Ies, Maksim

Datei:Vlasvezels (1).JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vlasvezels_(1).JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Foroa, Kreta

Datei:Geotextil.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Geotextil.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Michael Wolf

Datei:Geotextile-GSI.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Geotextile-GSI.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Marilyn475

Datei:Geofunctioncollage-clean.PNG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Geofunctioncollage-clean.PNG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Grahams Child modified by Eurico Zimbres

File:Geotextil-01-by-RalfR.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Geotextil-01-by-RalfR.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Ralf Roletschek

File:Geotextil-02-by-RalfR.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Geotextil-02-by-RalfR.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Ralf Roletschek

Datei:Various grains.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Various_grains.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Anna reg, Dodo, Rainer Zenz, Thuresson, Yuval Madar

Datei:Getreide.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Getreide.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Hämbörger, MPF, Richard New Forest, Steffen, Timo1974, 1 anonyme Bearbeitungen

File:Wheat Tomsk.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wheat_Tomsk.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Afonin

Datei:Wheat in sack.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wheat_in_sack.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ikiwaner, JackyR, Jurema Oliveira, Queryzo, Ranveig, 1 anonyme Bearbeitungen

File:Barleyfield.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Barleyfield.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: michael

Datei:MeschedeKlauseGetreidefeld.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MeschedeKlauseGetreidefeld.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Nize

Datei:Weltproduktion Mais, Reis, Weizen 1990-2008.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Weltproduktion_Mais,_Reis,_Weizen_1990-2008.png *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:BMK

Bild:Flag of the People's Republic of China.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_the_People's_Republic_of_China.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Denelson83, User:SKopp, User:Shizhao, User:Zscout370

Bild:Flag of Ukraine.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Ukraine.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Jon Harald Søby, User:Zscout370

Datei:Flag of the United States.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_the_United_States.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Dbenbenn, User:Indolences, User:Jacobolus, User:Technion, User:Zscout370

Datei:Flag of Germany.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Germany.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Pumbaa80

Bild:Flag of India.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_India.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp

Bild:Flag of Bangladesh.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Bangladesh.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp

Datei:Flag of Russia.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Russia.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: AndriusG, Davepape, Dmitry Strotsev, Drieskamp, Enbéká, Fred J, Gleb Borisov, Herbythyme, Homo lupus, Kiensvay, Klemen Kocjancic, Kwj2772, Mattes, Maximaximax, Miyokan, Nightstallion, Ondřej Žváček, Pianist, Pumbaa80, Putnik, R-41, Radziun, Rainman, Reisio, Rfc1394, Rkt2312, Rocket000, Sasa Stefanovic, SeNeKa, SkyBon, Srtxg, Stianbh, Wikiborg, Winterheart, Zscout370, Zyido, ОйЛ, 34 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Vietnam.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Vietnam.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: user:Lưu Ly

Bild:Flag of Brazil.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Brazil.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Brazilian Government

Bild:Flag of Argentina.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Argentina.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Dbenbenn

Bild:Flag of Indonesia.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Indonesia.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Gabbe, User:SKopp

Bild:Flag of Mexico.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Mexico.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:AlexCovarrubias, User:Zscout370

Bild:Flag of France.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_France.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp

Bild:Flag of Pakistan.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Pakistan.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Abaezriv, AnonMoos, Badseed, Dbenbenn, Fry1989, Gabbe, Himasaram, Homo lupus, Juiced lemon, Klemen Kocjancic, Mattes, Neq00, Pumbaa80, Rfc1394, Srtxg, ThomasPusch, Túrelio, Zscout370, 7 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Canada.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Canada.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:E Pluribus Anthony, User:Mzajac

Datei:Flag of Austria.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Austria.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp

Bild:Flag of Switzerland within 2to3.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Switzerland_within_2to3.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Burts

Datei:Siloreinigung1500x800.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Siloreinigung1500x800.png *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Packard.eight

Bild:GetreideheizungFeuerungsanlage.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:GetreideheizungFeuerungsanlage.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Pentenrieder

Bild:Ffm riederwald iselinstrasse mit schild.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ffm_riederwald_iselinstrasse_mit_schild.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: User:Southgeist

Bild:GetreideheizungHaferasche.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:GetreideheizungHaferasche.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Pentenrieder

Bild:GetreideheizungFeuer.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:GetreideheizungFeuer.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Pentenrieder

Bild:Wheat_scab.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wheat_scab.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Million Moments, PDH

Datei:Robina9146.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robina9146.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Pollinator at en.wikipedia

Datei:Robinia pseudacadia (Cortex).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robinia_pseudacadia_(Cortex).jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Atamari

Datei:Robinia pseudoacacia flower.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robinia_pseudoacacia_flower.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Pmalkowski

Datei:Robinia pseudacacia seeds.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robinia_pseudacacia_seeds.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Alno, Bogdan, Butko, MPF, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Flower of locust tree.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flower_of_locust_tree.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Shizhao

Datei:Robinia-pseudoacacia.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robinia-pseudoacacia.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Siebrand, Sten, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:Robiniecombi.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robiniecombi.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Ulfbastel

Datei:Esneux AR7aJPG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Esneux_AR7aJPG.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: user: Jean-Pol GRANDMONT

Datei:Robinia pseudoacacia Umbraculifera JPG1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Robinia_pseudoacacia_Umbraculifera_JPG1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: user: Jean-Pol GRANDMONT

Datei:Phyllonorycter.robiniella.6877.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Phyllonorycter.robiniella.6877.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Olei, Rocket000, Stan Shebs

Datei:Glycerin Skelett.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Glycerin_Skelett.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Stearin.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stearin.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Edgar181

Datei:Gras aus Käferperspektive.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gras_aus_Käferperspektive.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Morpheus2309

Datei:Grasfläche.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grasfläche.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 Germany *Bearbeiter*: Benutzer:Bangin, Benutzer:Bangin/Bewertung

Datei:Grass dsc08672-nevit.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grass_dsc08672-nevit.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Nevit Dilmen

Datei:Tropfen_auf_Gras.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tropfen_auf_Gras.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: User:Fenn Darr

Datei:Grass.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grass.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Tobias Geberth

Datei:Grass covered house in Iceland 1972.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grass_covered_house_in_Iceland_1972.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: J 1982, Jeffqyzt, Roger McLassus, TommyBee, Wikipeder, Überraschungsbilder

Datei:JohnDeereSilage.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:JohnDeereSilage.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Böhringer

Bild:OSB_production.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:OSB_production.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Bapho, MatthiasKabel, 1 anonyme Bearbeitungen

Image:LSFosb05.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LSFosb05.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Steelman

Datei:OSB-Platte.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:OSB-Platte.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: C. Sander. Original uploader was ConstantinSander at de.wikipedia

Datei:Brennnessel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Brennnessel.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Xaver, Hydro, Mbc, Simplicius

Datei:Urtica-dioica(Blueten).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Urtica-dioica(Blueten).jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Migas

Datei:Urtica dioica stinging hair.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Urtica_dioica_stinging_hair.jpg *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: User:BYJP

Datei:Urtica dioica large stand.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Urtica_dioica_large_stand.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Denis Barthel

Bild:Bioreaktor quer2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bioreaktor_quer2.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Eva Decker

Datei:Wiesenlandschaft_Schwarzwald.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wiesenlandschaft_Schwarzwald.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Briemle, Umherirrender

Datei:XN_Muensterland.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:XN_Muensterland.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:XN

Datei:Wiesenbrache_mit_Kratzdistel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wiesenbrache_mit_Kratzdistel.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 Germany *Bearbeiter*: Briemle

Datei:W-GL_mit_Kräutern_2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:W-GL_mit_Kräutern_2.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 Germany *Bearbeiter*: Briemle

Datei:Frischwiese bunt1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Frischwiese_bunt1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 Germany *Bearbeiter*: Briemle, Diba, Small Axe, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:Nasswiese_mit_Knabenkräutern1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nasswiese_mit_Knabenkräutern1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 Germany *Bearbeiter*: Briemle, Ixitixel, Leipnizkeks, Überraschungsbilder

Datei:Illustration_Secale_cereale0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Secale_cereale0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Donarreiskoffer, KOchstudiO, Mdd, Olve Utne, Rtc, Sarang, TwoWings

Bild:Sleufkouterbemester gleufjes.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sleufkouterbemester_gleufjes.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rasbak

Bild:Guellesilo.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Guellesilo.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Volker Detering

Bild:Sleufkouterbemester.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sleufkouterbemester.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rasbak

Bild:Zodebemester.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zodebemester.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rasbak

Datei:Holzhackschnitzel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzhackschnitzel.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Bild:Tree shredder 14m07.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tree_shredder_14m07.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ma-Lik, Snowmanradio, Tetris L

Bild:Graf-heizwert-je-kg.gif *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Graf-heizwert-je-kg.gif *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:Ruehrrad.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ruehrrad.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Bild:Hargassner.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hargassner.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Bild:Ruehrrad.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ruehrrad.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Bild:Brennraum.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Brennraum.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Datei:Illustration Carpinus betulus 1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Carpinus_betulus_1.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: ArtMechanic

Bild:Herchies JPG09.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Herchies_JPG09.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: user: Jean-Pol GRANDMONT

Bild:Carpinus betulus - Hunsrück 001.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Carpinus_betulus_-_Hunsrück_001.jpg *Lizenz*: Attribution *Bearbeiter*: Willow

Bild:Haagbeuk dubbelgezaagd blad Carpinus betulus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Haagbeuk_dubbelgezaagd_blad_Carpinus_betulus.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Rasbak

Bild:Hainbuche.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hainbuche.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:ArtMechanic

Bild:HainbucheRinde.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:HainbucheRinde.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Tortuosa

Bild:Reinhardswald Hainbuchen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Reinhardswald_Hainbuchen.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Lebrac

Bild:Carpinus betulus1 cross beentree.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Carpinus_betulus1_cross_beentree.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Beentree

File:Cellulose strand.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cellulose_strand.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Laghi.l

Datei:Lignin structure.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Lignin_structure.svg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Hystrix, JWBE, Karol007

Datei:Strohräder.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Strohräder.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Arj, Bdk, Frank C. Müller, Kdm85, Sven-steffen arndt, Wst

Datei:Koeh-026.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-026.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Bild:Hennepvezel Cannabis sativa fibre.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hennepvezel_Cannabis_sativa_fibre.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: D-Kuru, Rasbak, Tamorlan

Bild:Hanfstengel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hanfstengel.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: http://cs.wikipedia.org/wiki/Wikipedista:Ryj

Bild:Hempharvesting2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hempharvesting2.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Original uploader was Lossenelin at en.wikipedia

Bild:Cannabis sativa.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cannabis_sativa.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: BLueFiSH.as, D-Kuru, Greatpatton, Hiuppo, Timeshifter, WayneRay, 8 anonyme Bearbeitungen

Bild:Hemp-rope.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hemp-rope.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: Travis Isaacs from Grapevine, TX, USA

Image:Hanfdaemmstoff CG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hanfdaemmstoff_CG.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Image:Hemp-sack,asabukuro,japan.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hemp-sack,asabukuro,japan.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: katorisi

Image:B-Säule PP-NF CG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:B-Säule_PP-NF_CG.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Image:Handschuhfach PP-NF CG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Handschuhfach_PP-NF_CG.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Bild:Hemp shives.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hemp_shives.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Bild:Hemp-sack,asabukuro,japan.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hemp-sack,asabukuro,japan.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: katorisi

Bild:Hanfdaemmstoff CG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hanfdaemmstoff_CG.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Datei:Harz-1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Harz-1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Maksim, WayneRay, Überraschungsbilder

Datei:Resin with insect (aka).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Resin_with_insect_(aka).jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: user:Aka

Datei:pecher.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pecher.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ernst Schagl Original uploader was Petwoe at de.wikipedia

Bild:Noe hechel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Noe_hechel.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Flominator

Datei:09-12-14 Hanfverarbeitung Hecheln.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:09-12-14_Hanfverarbeitung_Hecheln.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Stephan Piotrowski (Nawaro)

Datei:Salvia spec LC0058.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salvia_spec_LC0058.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:LC-de

Bild:Medicinal herbs garden hospital.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Medicinal_herbs_garden_hospital.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Mattes

File:Abtei Murbach Klostergarten.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abtei_Murbach_Klostergarten.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Benutzer:Alex_Anlicker

Datei:ChineseMedicine-HK.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:ChineseMedicine-HK.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: mailer_diablo

Datei:Digitalis purpurea LC0101.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Digitalis_purpurea_LC0101.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: User:LC-de

Datei:Hypericum perforatum i01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hypericum_perforatum_i01.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Prof. Dr. Thomé, Otto Wilhelm

Datei:Beinwell.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Beinwell.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:noebse

Datei:Acetylsalicylsäure2.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Acetylsalicylsäure2.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Schema pflanzliche Zellwand.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schema_pflanzliche_Zellwand.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:LadyofHats, User:Matthias M.

Datei:DL-Xylose.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:DL-Xylose.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:DL-Arabinose.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:DL-Arabinose.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Xylan.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Xylan.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

Datei:Furfural.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furfural.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Furan.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furan.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Heufuhr_im_Engadin_um_1900.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heufuhr_im_Engadin_um_1900.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Alexandrin, Flominator, G.dallorto, Joadl, Kersti Nebelsiek, Stefan-Xp, Wst

Datei:HeuRindernahrung.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:HeuRindernahrung.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Ramessos

Datei:Bauernfamilie_um_1900_saarland_klein.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bauernfamilie_um_1900_saarland_klein.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Roger_Zenner

Datei:Heuen um 1942.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heuen_um_1942.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: AKA MBG, Alexandrin, Bohème, Darapti, Flominator, Frank C. Müller, G.dallorto, Joadl, Wst, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei: Heuwenden.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heuwenden.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Hans Kadereit, Benutzer:Kadereit

Datei:Leiterwagen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Leiterwagen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Hutschi, Kersti Nebelsiek, Kneiphof, Wst, Xenophon

Datei:Heuernte_01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heuernte_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Johann Jaritz

Datei:Heuhaufen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heuhaufen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Hutschi

Datei:Heurechen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heurechen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:Grasmahd_mit_Sense.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grasmahd_mit_Sense.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Alexandrin, Hutschi, Wst, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Krätzen vor 1914.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Krätzen_vor_1914.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Flominator

Bild:Illustration Panicum miliaceum0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Panicum_miliaceum0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Donarreiskoffer, Rtc

Bild:Coix lacryma-jobi inflorescence.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coix_lacryma-jobi_inflorescence.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ayacop, Keisotyo, Quadell

Bild:Hirsekoerner.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hirsekoerner.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Elya

Datei:Sorghum_bicolor_(Moench).JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorghum_bicolor_(Moench).JPG *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: [Daniel Georg Döhne]

Datei:Verschiedene_holzarten.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Verschiedene_holzarten.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Luigi Chiesa, Maksim, Skipjack

Datei:holz_querschnitt.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holz_querschnitt.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Factumquintus, Ies, Maksim, Skipjack, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Fichtenholz.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fichtenholz.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:ConstantinSander

Datei:EicheQuerschnitt.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:EicheQuerschnitt.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:ConstantinSander

Datei:BuchenholzTangential.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:BuchenholzTangential.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Constantin Sander. Original uploader was ConstantinSander at de.wikipedia

Datei:FicusSycomorus.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:FicusSycomorus.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Constantin Sander. Original uploader was ConstantinSander at de.wikipedia

Datei:Kiefer Holz.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kiefer_Holz.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Das Ohr, MPF, Ranveig, Skipjack

Datei:Kirschbaum Holz.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kirschbaum_Holz.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Das Ohr, Skipjack

Datei:Palisander,Santos Holz.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Palisander,Santos_Holz.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Philipp Zinger

Datei:Holzhaus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzhaus.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: C. Sander. Original uploader was ConstantinSander at de.wikipedia

Datei:Jahrtausendturm.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Jahrtausendturm.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Hadhuey at de.wikipedia

Datei:Sender gliwice.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sender_gliwice.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Arachne, Jonny84, Julo, LUCPOL, Lestath, Palnatoke, Pojdulos, Ronaldino, WO2, Zonk43

Datei:aufgerichtetesholz.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Aufgerichtetesholz.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Topfklao (Christoph Neumüller) at de.wikipedia

Datei:Sulfitfabriken_Köpmanholmen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sulfitfabriken_Köpmanholmen.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Original uploader was Cucumber at sv.wikipedia

Bild:Holzbruecke_essing.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzbruecke_essing.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Udm

Datei:Kehlbalkendach mit liegendem Stuhl 1200px.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kehlbalkendach_mit_liegendem_Stuhl_1200px.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Mätes II.

Bild:Pile-dwelling museum Unteruhldingen (aka).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pile-dwelling_museum_Unteruhldingen_(aka).jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: user:Aka

File:Eschwege Raiffeisenhaus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Eschwege_Raiffeisenhaus.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:DorisAntony

Datei:Holzhaus Esmarchstraße 3 (schräg aus 1. OG).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzhaus_Esmarchstraße_3_(schräg_aus_1._OG).jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Standardizer

Datei:STEICO_flex_Natural_Wood_Fibre_Insulation.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:STEICO_flex_Natural_Wood_Fibre_Insulation.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: thingermejig

Bild:Holzkrümmung.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzkrümmung.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Abholzigkeit.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abholzigkeit.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Drehwuchs.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Drehwuchs.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Gabelwuchs.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gabelwuchs.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:ExzenterBaumwuchs.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:ExzenterBaumwuchs.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:StromBer

Bild:Exzentrischer Wuchs.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Exzentrischer_Wuchs.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Spannrückigkeit.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Spannrückigkeit.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Ästigkeit.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ästigkeit.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Maserknolle-Gronig-2006-07-16-02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Maserknolle-Gronig-2006-07-16-02.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Speifensender

Bild:Maserwuchs.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Maserwuchs.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:KernfaeuleDetail.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:KernfaeuleDetail.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:StromBer

Bild:Kernfäule.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kernfäule.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Holzfarbigkeit.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzfarbigkeit.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Blitzrinne.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Blitzrinne.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Fujnky

Bild:Blitzrinne.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Blitzrinne.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Presse03

Datei:Holzvergaser.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzvergaser.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Patrick Huebgen

Datei:Noerdlingen Eisenbahnmuseum 1659.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Noerdlingen_Eisenbahnmuseum_1659.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Flominator

Datei:Adler Diplomat 3 GS mit Holzgasgenerator-hinten rechts.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Adler_Diplomat_3_GS_mit_Holzgasgenerator-hinten_rechts.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Mattes

Datei:Bundesarchiv Bild 183-V00670A, Berlin, Auto mit Holzgasantrieb.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bundesarchiv_Bild_183-V00670A,_Berlin,_Auto_mit_Holzgasantrieb.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: 32X, MB-one, S.Didam, Srittau, ŠJů

Datei:Bundesarchiv Bild 183-V00670, Berlin, Pkw mit Holzgasantrieb.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bundesarchiv_Bild_183-V00670,_Berlin,_Pkw_mit_Holzgasantrieb.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: 32X, MB-one, S.Didam, Srittau, ŠJů

Datei:Fotothek df pk 0000300 026.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fotothek_df_pk_0000300_026.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Pibwl

Datei:1937 Chevrolet HS 157 D Lastbil KRX897.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:1937_Chevrolet_HS_157_D_Lastbil_KRX897.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Lars-Göran Lindgren Sweden

File:Karjalohjaja häkäpönttö 2.4.2010 003.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Karjalohjaja_häkäpönttö_2.4.2010_003.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Abc10

Datei:BtL-Verfahrensschema.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:BtL-Verfahrensschema.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Datei:Wasserführender Holzvergaserkofen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wasserführender_Holzvergaserkofen.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

File:Holzofen Burgschänke Burg Klammstein Gasteinertal.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzofen_Burgschänke_Burg_Klammstein_Gasteinertal.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Usien

Datei:Hargassner.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hargassner.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Datei:Brennraum.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Brennraum.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Datei:AB_Schwh_HolzH.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:AB_Schwh_HolzH.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:KaiBorgeest

Datei:Charcoal.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Charcoal.jpg *Lizenz*: Attribution *Bearbeiter*: Arnomane, Bender235, EvaK, Fred J, Head, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Charbon de bois rouge.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Charbon_de_bois_rouge.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: User:Romary

Datei:Holzverkohlung.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzverkohlung.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Flominator, Maksim

Datei:Köhlerei Sosa.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Köhlerei_Sosa.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Original uploader was Acf at de.wikipedia

Datei:Heligan charcoalkiln.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heligan_charcoalkiln.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: 32X, EvaK, Innenrevision

Datei:Binchotan (charcoal).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Binchotan_(charcoal).jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Kkkdc

Datei:Maserknolle-Gronig-2006-07-16-02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Maserknolle-Gronig-2006-07-16-02.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Speifensender

Bild:TJ harvesteri.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:TJ_harvesteri.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ausxan, Dédélembrouille, Geofrog, G@iffen, Ies, Joonasl

File:Grafenstein Skarbin Prosenitza Waldweg 0404102007 72.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grafenstein_Skarbin_Prosenitza_Waldweg_0404102007_72.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Johann Jaritz

Bild:Thermoholz.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Thermoholz.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Michel Weidner

Datei:Akoya 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Akoya_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Pellets_hand.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pellets_hand.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Tom Bruton

Datei:Ringmatrize BMK.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ringmatrize_BMK.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Original uploader was BMK at de.wikipedia

File:PelletTruckOnBoardScale.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PelletTruckOnBoardScale.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: User:Vesta

Bild:DIN-Logo.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:DIN-Logo.svg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: unbekannt. Original uploader was Afrank99 at de.wikipedia. Later version(s) were uploaded by Schnelliboy at de.wikipedia.

Datei:Trociny 7534.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Trociny_7534.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Przykuta

File:Sawdust waste from mill.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sawdust_waste_from_mill.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Fir0002, Ies, LX, P199

Image:particleboard.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particleboard.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: D-Kuru, Tamorlan, Wiher, 2 anonyme Bearbeitungen

Bild:Pressspan.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pressspan.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Reinhard Kirchner

Datei:Particle board close up-vertical-f22 Δ0100.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_close_up-vertical-f22_Δ0100.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: D-Kuru

Bild:Holzschleifer_klein_web.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzschleifer_klein_web.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Die zuckerschnute

Datei:Holzschleifer1.gif *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzschleifer1.gif *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Die zuckerschnuteOriginal uploader was Die zuckerschnute at de.wikipedia Later version(s) were uploaded by Stw at de.wikipedia.

Datei:Wirkpaarungen im Refiner.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wirkpaarungen_im_Refiner.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Biezl

Datei:Holzständerwand.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Holzständerwand.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Beejay, TomAlt, W!B:, 1 anonyme Bearbeitungen

Bild:duebelaufrecht.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Duebelaufrecht.jpg *Lizenz*: GNU General Public License *Bearbeiter*: doso

Datei:Pila_tarczowa_RB.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pila_tarczowa_RB.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Radomil

Datei:Graf-heizwert-je-kg.gif *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Graf-heizwert-je-kg.gif *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Bild:Birch plywood.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Birch_plywood.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Bystander

Datei:Fichte_Schichtholz_2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fichte_Schichtholz_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Fichte Leimholz 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fichte_Leimholz_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Sperrholz Linoleumbeschichtet 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sperrholz_Linoleumbeschichtet_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Sandwichplatte Polystyrol 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sandwichplatte_Polystyrol_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:OSB MDF-Deck 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:OSB_MDF-Deck_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Spanplatte Zement 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Spanplatte_Zement_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Profilblock.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Profilblock.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Laser guided cutting of wood in woodmill.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Laser_guided_cutting_of_wood_in_woodmill.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Fir0002, Glenn, LX, P199

Bild:Fotothek_df_n-27_0000078_Papierfabrik.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fotothek_df_n-27_0000078_Papierfabrik.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: TFCforever

File:Palha de madeira2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Palha_de_madeira2.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Darwinius, Julix

Bild:Mh zweiwegebagger.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mh_zweiwegebagger.jpeg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: LosHawlos

Datei:Perunapelto Nakkila.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Perunapelto_Nakkila.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kallerna

Bild:Cannabis Sativa Querschnitt.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cannabis_Sativa_Querschnitt.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Fenrisulfir

File:Industriepflanzen Meyer 1888.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Industriepflanzen_Meyer_1888.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Stephan Piotrowski (Nawaro)

Datei:Raps01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Raps01.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Bodoklecksel

Datei:Raps2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Raps2.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Ayacop, BMK, Dodo, Wst

Bild:Schwarten.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schwarten.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:Rindenmulch016.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rindenmulch016.JPG *Lizenz*: GNU General Public License *Bearbeiter*: User:Apostoloff

Datei:Jatropha integerrima 1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Jatropha_integerrima_1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: Caesius, Damouns, FlickreviewR

Bild:J curcas seed ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:J_curcas_seed_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Bild:Jatropha cathartica1 ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Jatropha_cathartica1_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Bild:J glandulifera ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:J_glandulifera_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Bild:J gossypiifolia2 ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:J_gossypiifolia2_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Bild:J macrantha ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:J_macrantha_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Bild:J podagrica ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:J_podagrica_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Bild:J variifolia ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:J_variifolia_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Image:Tessuto iuta.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tessuto_iuta.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: User:Luigi Chiesa

Datei:Potato flowers.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Potato_flowers.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: EugeneZelenko, Quadell, 3 anonyme Bearbeitungen

Datei:solanum toberosum ex Strasburger 1900.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Solanum_toberosum_ex_Strasburger_1900.png *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: E. Strasburger

Datei:Potato fruits.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Potato_fruits.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Original uploader was MidgleyDJ at en.wikipedia

Datei:Aardappel blad Solanum tuberosum.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Aardappel_blad_Solanum_tuberosum.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Quadell, Rasbak

Datei:Doré (Solanum tuberosum).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Doré_(Solanum_tuberosum).jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rasbak

Datei:Solanum tuberosum 02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Solanum_tuberosum_02.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: KENPEI

Datei:SolanumTuberosumYoungTuber.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SolanumTuberosumYoungTuber.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Denis Barthel

Datei:Potato blossom.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Potato_blossom.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: EugeneZelenko, Quadell

Datei:Prokudin-Gorskii-39.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Prokudin-Gorskii-39.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Sergei Mikhailovich Prokudin-Gorskii, digital rendering for the Library of Congress by Walter Frankhauser / WalterStudio

Datei:Bundesarchiv Bild 183-L0412-0300, LPG Blönsdorf, Kartoffelernte.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bundesarchiv_Bild_183-L0412-0300,_LPG_Blönsdorf,_Kartoffelernte.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Link, Hubert

Datei:KartoffelnWelt.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:KartoffelnWelt.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Rosenzweig, St.Krekeler, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Tractors in Potato Field.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tractors_in_Potato_Field.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: Bdk, HenkvD, Nikola Smolenski, Pauk, Ranveig, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:Gut Böckel Kartoffelfeld.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gut_Böckel_Kartoffelfeld.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:TUBS

Datei:Chuno-01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chuno-01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Haylli

Datei:Potato harvest and farmers Dieng.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Potato_harvest_and_farmers_Dieng.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.1 *Bearbeiter*: User:Midori

Datei:Kartoffel Atlanta.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kartoffel_Atlanta.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:3268zauber

Datei:Potato beetle larvae.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Potato_beetle_larvae.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: ComputerHotline, MPF, Quadell, Ranveig, Xvazquez

Datei:Kartoffeln-falsch_gelagert.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kartoffeln-falsch_gelagert.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Powerbiker1

Datei:Various types of potatoes for sale.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Various_types_of_potatoes_for_sale.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Fir0002, Nikola Smolenski

Datei:Deutsches Kartoffelmuseum 02.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Deutsches_Kartoffelmuseum_02.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Immanuel Giel

Datei:Corrugated Cardboard.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Corrugated_Cardboard.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Richard Wheeler (Zephyris)

Datei:Caseinaufbereitung.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Caseinaufbereitung.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: User:Rauenstein

Datei:Rubber_tree_leaves.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rubber_tree_leaves.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: AxelBoldt, Gveret Tered, Lofor

Datei:Rubber_tree_plantation.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rubber_tree_plantation.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: AxelBoldt, Gveret Tered, Lofor, MPF, Paddy, Ranveig, Wst

Datei:Koeh-071.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-071.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Hevea semillas2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hevea_semillas2.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: CarolSpears, Ies, Luis Fernández García, Tamorlan

Datei:Latex_dripping.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Latex_dripping.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: w:User:AxelBoldtAxelBoldt

Datei:Hibiscus cannabinus0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hibiscus_cannabinus0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Lycaon, MPF

Bild:Flag of Thailand.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Thailand.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Andy Dingley, Betacommand, Chaddy, Emerentia, Gabbe, Gurch, Homo lupus, Juiced lemon, Klemen Kocjancic, Mattes, Neq00, Paul 012, Rugby471, TOR, Teetaweepo, Zscout370, 22 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Cuba.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Cuba.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: see below

Bild:Flag of Cambodia.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Cambodia.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Nightstallion

Datei:Kenaf-Fasern 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kenaf-Fasern_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Illustration Pinus sylvestris0 new.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Pinus_sylvestris0_new.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: floranet

Datei:Zapfen_von_Pinus_halepensis_mugo_und_pinea.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zapfen_von_Pinus_halepensis_mugo_und_pinea.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was TSD at de.wikipedia

Datei:Nadelnkieferp.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nadelnkieferp.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Anton

Datei:Stamm.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stamm.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thomas Steiner

Bild:Pinus ponderosa cones.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pinus_ponderosa_cones.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:MPF

Bild:Pitch pine.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pitch_pine.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Mipani

Bild:Pinus brutia(02).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pinus_brutia(02).jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: JoJan

Bild:Crw 1691-web.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Crw_1691-web.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Rick Sidwell

Bild:Bristlecone Pines USA Ca.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bristlecone_Pines_USA_Ca.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Oke

Bild:Schirmföhre.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schirmföhre.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Karl Gruber at de.wikipedia

Bild:Kiefer gegen Himmel.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kiefer_gegen_Himmel.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Noebse, O!

Bild:Latschenkiefer.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Latschenkiefer.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Werner.tr

Bild:Tapetenkleister.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tapetenkleister.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ralf Roletschek Marcela. Original uploader was Ralf Roletschek at de.wikipedia

Bild:Vliestapetenkleister.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vliestapetenkleister.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Henkel Klebstoffe

Bild:Srilanka coconut fibre.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Srilanka_coconut_fibre.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Ayacop, Bgag, Eugene van der Pijll, Infrogmation, Krankman, MPF, Mattes, Melchoir

Datei:Coconut fibre rope.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut_fibre_rope.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: StromBer

Datei:Coconut-butter.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut-butter.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Friman

Datei:Eiskonfekt.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Eiskonfekt.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: User:Lyzzy

Datei:Starr_031209-0059_Cocos_nucifera.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Starr_031209-0059_Cocos_nucifera.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: Forest & Kim Starr

Datei:Coconuttree.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconuttree.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Eugene van der Pijll, Joolz, MPF, Marcin Klapczynski, Ruestz

Datei:Koeh-188.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-188.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Cocos nucifera7.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cocos_nucifera7.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Eugene van der Pijll

Datei:Coconut004.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut004.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Da at de.wikipedia

Datei:Gelugu (coconut wood) in Klaten, Java.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gelugu_(coconut_wood)_in_Klaten,_Java.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Meursault2004

Datei:Kokosnuss.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kokosnuss.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Denniss, Head, Lychee, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Cocos nucifera3.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cocos_nucifera3.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Eugene van der Pijll

Datei:Koh Phangan Kokospalmen 8.2001.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koh_Phangan_Kokospalmen_8.2001.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Tsui

Datei:Koeh-187.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-187.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Cocco-nut_hg.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cocco-nut_hg.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Hgrobe

Datei:Fruchtstand Kokospalme.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fruchtstand_Kokospalme.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Denniss, Rhaessner

Datei:Coconut_harvest.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut_harvest.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Original uploader was Mstroeck at en.wikipedia

Datei:Coconut8020.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut8020.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Claus Ableiter, Tomia

Datei:Coconut drink.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut_drink.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Original uploader was Benjaminong at en.wikipedia Later versions were uploaded by Ravedave at en.wikipedia.

Datei:srilanka_coconut_fibre.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Srilanka_coconut_fibre.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Ayacop, Bgag, Eugene van der Pijll, Infrogmation, Krankman, MPF, Mattes, Melchoir

Datei:coconut_art2_06.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coconut_art2_06.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Mattes, Nize

Datei:Collagentriplehelix.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Collagentriplehelix.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Conscious, Limojoe, Polimerek, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Rosin_.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rosin_.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:FK1954

Datei:Hazard_X.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hazard_X.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: BLueFiSH.as, Herbythyme, Leyo, MarianSigler, Matthias M., Phrood, W!B:, 4 anonyme Bearbeitungen

Datei:Kolophonium Loeten.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kolophonium_Loeten.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: MdE

File:Rosins.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rosins.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Just plain Bill

Datei:Havekompostbunke.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Havekompostbunke.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: FredB, Ies, Malene, Marshman, Pmlineditor, Snowmanradio, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:NRCSIA99567.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:NRCSIA99567.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Lynn Betts

Bild:CompostBinTube wb.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:CompostBinTube_wb.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Bdk, FredB, Ies, JackyR, Lascorz

Datei:Mulch film Bio-Flex biodegraded.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mulch_film_Bio-Flex_biodegraded.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Illustration Salix viminalis0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Salix_viminalis0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Augiasstallputzer, Guérin Nicolas

Bild:Salix-viminalis.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix-viminalis.JPG *Lizenz*: Attribution *Bearbeiter*: Dcoetzee, Guérin Nicolas, Siebrand, Sten

Bild:Salix viminalis 002.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_viminalis_002.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Willow

Bild:Salix viminalis 006.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_viminalis_006.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Willow

Bild:Korbmacher.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Korbmacher.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: User:Steschke

Bild:Heimat-Museum-Hetlingen-Fassreifen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Heimat-Museum-Hetlingen-Fassreifen.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Huhu Uet

Datei:Korkeiche_Andalusien2004.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Korkeiche_Andalusien2004.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Tsui

Datei:Kork_200fach.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kork_200fach.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jan Homann

File:Plenty of Corks 001.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Plenty_of_Corks_001.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Dave Minogue

Datei:Kork 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kork_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:Kork-Fußbett 2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kork-Fußbett_2009.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:elya

Datei:quercus_suber_algarve.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Quercus_suber_algarve.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Hgrobe

Datei:Koeh-254.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-254.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Bild:Cork oak trunk section.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cork_oak_trunk_section.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Plantsurfer

Bild:Quercus suber Blatt.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Quercus_suber_Blatt.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:IKAl

Bild:Quercus fg04.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Quercus_fg04.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Dysmachus

Bild:Quercus suber g4.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Quercus_suber_g4.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Giancarlodessi

Datei:Quercus suber Area.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Quercus_suber_Area.png *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:IKAl

Datei:Linces12.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Linces12.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: (c)"Programa de Conservación Ex-situ del Lince Ibérico www.lynxexsitu.es"

Datei:Amanita caesarea.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Amanita_caesarea.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Archenzo

Datei:IC Caterpillar1.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:IC_Caterpillar1.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:IronChris

Datei:Quercus_suber_corc.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Quercus_suber_corc.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Erik Warmelink, Lumbar

Datei:Champagne cork.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Champagne_cork.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Julo

Bild:RMZ.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:RMZ.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Brian Boru, Erri4a

Bild:€2 commemorative coin Portugal 2007.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:€2_commemorative_coin_Portugal_2007.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Batataxpto69, Euroman3, Euromunter, Guimis, Man vyi, Purodha, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Berlin HKW Mitte.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Berlin_HKW_Mitte.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Axel.Mauruszat, BLueFiSH.as, Majorly, Unify

Datei:KWK Prinzip und T-s-Dia.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:KWK_Prinzip_und_T-s-Dia.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Volker Sperlich

Datei:Mannheim-B36.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mannheim-B36.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Alkab, Frank-m, Geofrog, Ies, Ingolfson, Luigi Chiesa, MB-one, Ronaldino, Snommoc, WikipediaMaster, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Crambe abyssinica0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Crambe_abyssinica0.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Quadell

Bild:Crambe Oil.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Crambe_Oil.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Necrophorus

Bild:Crambe abyssinica1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Crambe_abyssinica1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Quadell

Datei:Syndiotactic polypropene.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Syndiotactic_polypropene.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Ilmari Karonen

Datei:9-5 cine film.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:9-5_cine_film.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Calvero, Responsible?, Velela

Datei:Naturbernstein beleuchtet.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Naturbernstein_beleuchtet.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Fotografiert von Otto Buchegger in der Bernsteinwerkstatt von Ute Dambrowski in Tübingen. Original uploader was Max Sorglos at de.wikipedia

Datei:Ve301w.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ve301w.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: 1-1111, Cjp24, Cottbus, Dubaj, Pieter Kuiper, Sv1xv, Sven-steffen arndt

Datei:Plastiktueten.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Plastiktueten.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Bionet, Gveret Tered, Muriel Gottrop, Pfctdayelise, Ranveig, Tawbabolve

Datei:Tretboote.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tretboote.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: user:Hendrike

Datei:Gummisnoddar.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gummisnoddar.jpeg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yjg

Datei:BMW H2R IAA 2005.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:BMW_H2R_IAA_2005.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Ygrek

Datei:Ticona.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ticona.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Original uploader was Metroskop at de.wikipedia

Datei:nylon.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nylon.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Superplus at de.wikipedia

Datei:Amidbildung.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Amidbildung.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Polyurethan.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Polyurethan.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Cjp24, Denniss, GattoVerde, GeorgHH

Datei:UV-geschaedigtes kunststoffgehaeuse.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:UV-geschaedigtes_kunststoffgehaeuse.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Axel1963. Original uploader was Axel1963 at de.wikipedia

Datei:Ultramarinepigment.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ultramarinepigment.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Calvero, Liftarn, Man vyi, WikipediaMaster

Datei:Netz Weintrauben.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Netz_Weintrauben.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Hedwig Storch

Datei:Inside the mold.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Inside_the_mold.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: User Obplastics on en.wikipedia

Datei:Sprudelkasten fcm.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sprudelkasten_fcm.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Frank C. Müller

Datei:Mint box polypropylene lid.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mint_box_polypropylene_lid.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Frank C. Müller, Polyparadigm, Zureks

Datei:Plastic tubing.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Plastic_tubing.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Paul Goyette

Datei:Styrofoam.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Styrofoam.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Acdx

Datei:Urethane sponge1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Urethane_sponge1.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Pieria(Uploader and Photographer)

Datei:Wasserflasche.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wasserflasche.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Kirschblut. Original uploader was Kirschblut at de.wikipedia. Later version(s) were uploaded by Hydro at de.wikipedia.

Datei:Kevlar chemical structure.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kevlar_chemical_structure.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Cjp24, Edgar181, Knutux, Lateiner, Mbvanleeuwen, Rmhermen

Datei:PLA-Kugelschreiber NatureWorks CG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PLA-Kugelschreiber_NatureWorks_CG.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Datei:Waste Bag made of PLA-Blend Bio-Flex.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Waste_Bag_made_of_PLA-Blend_Bio-Flex.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Recycling truck, China.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Recycling_truck,_China.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Daduzi

Datei:Mulch Film made of PLA-Blend Bio-Flex.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mulch_Film_made_of_PLA-Blend_Bio-Flex.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Blow film PLA-Blend Bio-Flex.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Blow_film_PLA-Blend_Bio-Flex.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Kurzumtriebskultur_Pappel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kurzumtriebskultur_Pappel.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Nasenbär. Original uploader was Nasenbär at de.wikipedia

Datei:TCR récolteuse profil p.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:TCR_récolteuse_profil_p.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Lamiot

Bild:Coppice_stool2.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coppice_stool2.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Ies, MPF, Naturenet

Datei:Phratora vulgatissima schadbild.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Phratora_vulgatissima_schadbild.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:Energieholzernter2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Energieholzernter2.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:Schnecke.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schnecke.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Thorsten Schramm www.thorsten-schramm.de. Original uploader was Schramme at de.wikipedia

Lizenz

Wichtiger Hinweis zu den Lizenzen

Die nachfolgenden Lizenzen bezieht sich auf den Artikeltext. Im Artikel gezeigte Bilder und Grafiken können unter einer anderen Lizenz stehen sowie von Autoren erstellt worden sein, die nicht in der Autorenliste erscheinen. Durch eine noch vorhandene technische Einschränkung werden die Lizenzinformationen für Bilder und Grafiken daher nicht angezeigt. An der Behebung dieser Einschränkung wird gearbeitet.
Das PDF ist daher nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine Weiterverbreitung kann eine Urheberrechtsverletzung bedeuten.

Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported - Deed

Diese "Commons Deed" ist lediglich eine vereinfachte Zusammenfassung des rechtsverbindlichen Lizenzvertrages (http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen_Commons_Attribution-ShareAlike_3.0_Unported) in allgemeinverständlicher Sprache.
Sie dürfen:

- das Werk bzw. den Inhalt **vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen**
- **Abwandlungen und Bearbeitungen** des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen

Zu den folgenden Bedingungen:

- **Namensnennung —** Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
- **Weitergabe unter gleichen Bedingungen —** Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch, vergleichbar oder kompatibel sind.

Wobei gilt:

- **Verzichtserklärung —** Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die ausdrückliche Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.
- **Sonstige Rechte —** Die Lizenz hat keinerlei Einfluss auf die folgenden Rechte:
  - Die gesetzlichen Schranken des Urheberrechts und sonstigen Befugnisse zur privaten Nutzung;
  - Das Urheberpersönlichkeitsrecht des Rechteinhabers;
  - Rechte anderer Personen, entweder am Lizenzgegenstand selber oder bezüglich seiner Verwendung, zum Beispiel Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen.
- **Hinweis —** Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten. Am einfachsten ist es, an entsprechender Stelle einen Link auf http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de einzubinden.

Haftungsbeschränkung
Die „Commons Deed" ist kein Lizenzvertrag. Sie ist lediglich ein Referenztext, der den zugrundeliegenden Lizenzvertrag übersichtlich und in allgemeinverständlicher Sprache aber auch stark vereinfacht wiedergibt. Die Deed selbst entfaltet keine juristische Wirkung und erscheint im eigentlichen Lizenzvertrag nicht.

GNU Free Documentation License

Version 1.2, November 2002

> Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.
>
> 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA
>
> Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies
>
> of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.
This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.
We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.
A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.
A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.
The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.
The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.
A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".
Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.
The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.
A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.
The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.
You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.
If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.
If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.
It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- **A.** Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- **B.** List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- **C.** State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- **D.** Preserve all the copyright notices of the Document.
- **E.** Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- **F.** Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- **G.** Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- **H.** Include an unaltered copy of this License.
- **I.** Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- **J.** Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- **K.** For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- **L.** Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- **M.** Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- **N.** Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- **O.** Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.
You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.
You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.
The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.
The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.
You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.
If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.
If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See http://www.gnu.org/copyleft/.
Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

> Copyright (c) YEAR YOUR NAME.
>
> Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document
>
> under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2
>
> or any later version published by the Free Software Foundation;
>
> with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.
>
> A copy of the license is included in the section entitled
>
> "GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

> with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the
>
> Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.
If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.