Nachwachsende Rohstoffe in der Wikipedia

S - Z, Anhang

PDF erstellt mit Hilfe des OpenSource-Werkzeugs „mwlib“. Für weitere Informationen siehe http://code.pediapress.com/
PDF generated at: Tue, 18 May 2010 08:01:05 UTC

Inhalt

Artikel

Einführung **1**

Vorwort 1

- S - **2**

Sägekettenöl 2

Sägenebenprodukt 3

Schäbe 5

Schafwolle als Dämmstoff 8

Schalöl 10

Schellack 11

Schichtholz 14

Schilfrohr 15

Schilfrohrplatte 20

Schmieröl 22

Schnittholz 29

Schüttdämmstoff 32

Schwarzlauge 33

Schwingen (Faserpflanzen) 34

Seegräser 36

Seide 39

Seidenbau 45

Seidenspinner 48

Seife 51

Sekundärrohstoff 58

Silage 58

Silomais 64

Sisal-Agave 66

Sisalfaser 68

Sojabohne 73

Sojamethylester 82

Sojaöl 85

Sonnenblume 88

Sonnenblumenöl 93

Sorghumhirsen 98
Spanplatte 103
Sperrholz 108
Spritzgießen 109
Stabsperrholz 115
Stärke 116
Stärke als nachwachsender Rohstoff 122
Stärkeblend 126
Stärkepflanze 127
Stärkepolymer 131
Stroh 133
Strohballenbau 137
Strohpellet 139
Substrat (Biogasanlage) 140
Sudangras 145
Sulfatverfahren (Papierherstellung) 148
Sulfitverfahren 150
Superkurzfaser 151
Synthetic Natural Gas 152

- T - **154**

Talg 154
Tallöl 157
Tannen 160
Tannenholz 167
Tannine 170
Technische Textilie 173
Tenside 174
Terpentin 179
Terpentinöl 181
Thermisch modifiziertes Holz 183
Thermoplastische Stärke 186
Tiereinstreu 188
Topinambur 190
Torrefizierung 197
Transportverpackung 198
Triticale 200
Trockenschlempe 203

Trockenvergärung 204
Türinnenverkleidung 206

- U - **209**
Umesterung 209
Umesterungsanlage 210

- V - **213**
Verbundwerkstoff 213
Verfahrenstechnik 215
Vergasen 222
Viskose 224

- W - **227**
Wachs 227
Waldrestholz 230
Waschmittel 231
Waschnussbaum 238
Wasserstoffherstellung 240
Weichweizen 246
Weiden (Botanik) 250
Weidenholz 257
Weiße Biotechnologie 260
Werg 266
Wirrfaser 268
Wolle 268
Wood-Plastic-Composite 271
Wunderbaum 277

- X - **283**
XtL-Kraftstoff 283

- Z - **287**
Zellstoff 287
Zelluloid 292
Zersetzung (Chemie) 294
Zertifizierung (Biomasse) 296
Zertifizierung (Forstwirtschaft) 297
Zucker 302

Zucker als nachwachsender Rohstoff 310
Zuckerpflanze 316
Zuckerrohr 319
Zuckerrübe 326
Zuckerrübenschnitzel 333
Zuckertenside 335

Anhang **339**
Gesamtliste 339

Referenzen
Quellen und Bearbeiter der Artikel 363
Quellen, Lizenzen und Autoren der Bilder 368

Artikellizenzen
Lizenz 375

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.

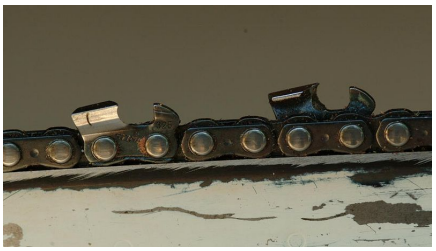
Kontakt

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

- S -

Sägekettenöl

Sägekettenöl, **Sägekettenhaftöl** oder **Kettenöl** dient dazu, die Reibung zwischen Sägekette und Schiene bei Motorkettensägen zu verringern und damit den Verschleiß zu reduzieren. Ferner dient das Öl als Trennmittel, um Anhaftungen von Baumharz und Sägemehl an der Sägekette zu verhindern.



Beim Lauf der Sägekette auf der Schiene entsteht Reibung, die durch Öl verringert wird.

Das Öl wird der Kette von einem gesonderten Tank in der Motorkettensäge aus über eine Ölpumpe zugeführt. Der Antrieb der Ölpumpe erfolgt bei höherwertigen Motorkettensägen nur bei Bewegung der Sägekette, so dass Ölverbrauch im Leerlauf vermieden wird. Ebenfalls bei höherwertigen Motorkettensägen ist die Fördermenge der Ölpumpe einstellbar, so dass die Schmierstoffmenge der verwendeten Schienenlänge, der Holzart, und der Viskosität des verwendeten Öls angepasst werden kann.

Nachfüllen des Tanks für Sägekettenöl

Laut einer Studie des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik zur „Laufzeitstruktur von Motorsägen in der motormanuellen Holzernte“ [1] verbrauchen Motorsägen etwa 0,3 bis 0,4 Liter Sägekettenöl pro Stunde Gesamtlaufzeit.

Sägekettenöl kann auf Basis mineralischer Öle oder auf Basis pflanzlicher Öle hergestellt werden. Durch geeignete Additive (Zusatzstoffe) im Sägekettenöl werden das Fließverhalten und die Haftfähigkeit des Öles beeinflusst. Für die Qualität des Sägekettenöls ist es wichtig, dass es sowohl bei hohen als auch tiefen Außentemperaturen ganzjährig eingesetzt werden kann. Eine gute Haftfähigkeit verringert das „Verschleudern“ des Öls auf den Waldboden und damit den Ölverbrauch.

Moderne Sägekettenöle werden in der Regel auf Basis von umweltfreundlichen, biologisch leicht abbaubaren und nicht wassergefährdenden Pflanzenölen (z. B. Raps- oder Olivenöle) hergestellt. Diese Öle werden als "Bio-Kettenöl" vermarktet. Auch der Kontakt solcher Öle mit der menschlichen Haut ist gesundheitlich unbedenklich. Bereits 2003 waren 80% der auf dem Markt befindlichen Sägekettenhaftöle und Sägegatteröle biogenen Ursprungs und stellen damit den einzigen Bereich der Schmierstoffe dar, in dem biogene Schmierstoffe gegenüber mineralischen Schmiermitteln deutlich überwiegen. Die Gesamtmenge des in Deutschland verbrauchten biogenen Sägekettenöls betrug etwa 6.200 Tonnen.[2] Der Marktpreis biogenen Sägekettenöls liegt etwa 15 bis 50 Prozent über dem vergleichbarer Produkte auf mineralischer Basis[3] .

Zusammensetzung

Ein typisches modernes „Bio-Kettenöl“ besteht üblicherweise aus folgenden Komponenten:

- ca. 97% Rapsöl,
- ca. 2% ölgelöster Kautschuk (vorwiegend als Haftverbesserer),
- ca. 1% Acrylcopolymer (zur Erhöhung der Viskosität, also zur Verdickung),
- sowie geringe Mengen Erdöldestillate zur Verringerung der biologischen Selbstzersetzung noch vor dem Ausbringen des Öls.

Nachteilig bei der Verwendung von Sägekettenölen auf pflanzlicher Basis kann der allmähliche biologische Abbau des Öls noch innerhalb der Motorkettensäge sein, der bei längerer Nichtbenutzung der Säge (meist erst nach vielen Monaten) zu einer Verklumpung und Verharzung des Öls führen kann. Aus diesem Grund werden die selten benutzten Motorkettensägen von Rettungsorganisationen oft mit Sägekettenöl auf Basis mineralischer Öle befüllt.

Referenzen

[1] Studie des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik zur „Laufzeitstruktur von Motorsägen in der motormanuellen Holzernte“ (http://www.boku.ac.at/formec/inhalt/pdf/PA Klugmann.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))

[3] Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Themenfeld 4: Menrad, Klaus et al.: „Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen – Markt, makroökonomische Effekte und Verbraucherakzeptanz.“ Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestags, Vorgelegt dem Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), 2006, S.31. (http://www.wz-straubing.de/fachhochschule-weihenstephan/download/endbericht%20tab.pdf&ei=NSUjSKewIaby0QTwxuCqCw&usg=AFQjCNEte1pLtBupObJxeGYED728p3XC6A&sig2=yR37oiDBZD5LadcMDsRWVA)(PDF)

Sägenebenprodukt

Als **Sägenebenprodukte** (SNP) werden in der holzverarbeitenden Industrie alle Holzreste bezeichnet, die beim Einschnitt und der Verarbeitung von Sägerundholz in Sägereien anfallen. Dabei handelt es sich vor allem um Gatter-, Säge- und Hobelspäne. Sie stellen einen wesentlichen Rohstoff für die Holzwerkstoffindustrie bei der Herstellung von Spanplatten und anderen Werkstoffen dar, zudem werden sie bei der Herstellung von Holzpellets und in der Papierherstellung als Rohmaterial verwendet.

Sägespäne

Anfall

Bei der Schnittholzproduktion liegt der Sägeholzanfall bei rund 60% des Hauptprodukts Schnittholz. In Deutschland fällt mehr als die Hälfte der Sägenebenprodukte als Hackschnitzel an, gut ein Drittel besteht aus Sägespänen und Sägemehl, der Rest sind Schwarten und Spreißel[1] . Für Deutschland wird das jährliche Aufkommen von Sägenebenprodukten auf ca. 17,0 Mio. Festmeter[2] geschätzt[3] , in Österreich fielen 2006 rund 9,3 Millionen Festmeter Sägenebenprodukte an[4] .

Verwendung

Holzwerkstoffe: Spanplatten

Die in Deutschland anfallenden Mengen an Sägenebenprodukten werden praktisch komplett genutzt. Der bedeutendste Abnehmer ist die Holzwerkstoffindustrie, die zunehmende Mengen benötigt. Sägenebenprodukte 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%[5] . Die Holzschliff- und Zellstoffindustrie verarbeitet vergleichsweise geringe Mengen, der Bedarf der Energieerzeugung (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 nach Sägenebenprodukten, 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.

Referenzen

[1] Udo Mantau, Holger Weimar, Christian Sörgel: Holzrohstoffbilanz Deutschland, Bestandsaufnahme 2002. Projektvorstellung. (pdf (http://www.bundeswaldinventur.de/media/archive/226.pdf))

[2] 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))

[3] Ina Erhardt, 2008: ressourceneffiziente Rohstoffbereitstellung. Impulsvortrag auf dem Workshop Holzlogistik 2008 (pdf (http://www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de/media/artikel/medien_1/107f6df43ad848a255aaa94bf5457cd9.pdf)

[4] Gertraud Moser (Umweltbundesamt), 2008: Business to business relations in der österreichischen Holzwirtschaft. Umweltbundesamt, Report REP-0165. (pdf (http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0165.pdf))

[5] Torsten Leps (Hochschule Rosenheim), 2009: Holzwerkstoffe – Stand der Technik, Chancen, Entwicklungen und Trends. Vortrag zum C.A.R.M.E.N Forum 30. März 2009 (pdf (http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/foren/forum09/07_Leps.pdf))

Schäbe

Als **Schäben** (Einzahl: die Schäbe[1]) werden die relativ gleichmäßig gebrochenen, holzähnlichen Teilchen bezeichnet, die bei der Erzeugung von Bastfasern, vor allem von Flachs- oder Hanffasern, im maschinellen Prozess der Entholzung (Dekortikation) des Pflanzenstängels anfallen. Sie entstammen der holzigen Kernröhre des Stängels, der von den Fasern umgeben ist. Ihre Länge variiert von unter einem bis zu wenigen Zentimetern. Sie sind ein Neben- oder Kuppelprodukt der Fasererzeugung, das vorwiegend als Tiereinstreu Verwendung findet.

Hanfschäben

Inhaltsstoffe und Eigenschaften

Schäben machen bei Hanf etwa 50 bis 60 Prozent des Stängels aus, bei Flachs ist der Anteil der Schäben mit 45 bis 55 Prozent geringer. Sie sind damit das mengenmäßig umfangreichste Produkt des Faseraufschlusses. Hanfschäben haben eine längliche Form und setzen sich zusammen aus etwa 35 Prozent Zellulose, 18 Prozent Hemizellulose und 21 Prozent Lignin. Proteine, Pektine und Kohlenhydrate sind insgesamt zu etwa 18 Prozent enthalten, der Wassergehalt trockener Hanfschäben liegt bei unter 10 Prozent.

Hanfschäben können bis zum Vierfachen ihres Eigengewichts an Feuchtigkeit aufnehmen und sind leicht kompostierbar. Im Vergleich zu anderen natürlichen Faserstoffen zeichnen sich Schäben durch ein geringes Gewicht, eine hohe Porosität und damit hohe Dämmwirkung sowie eine hohe Elastizität aus.

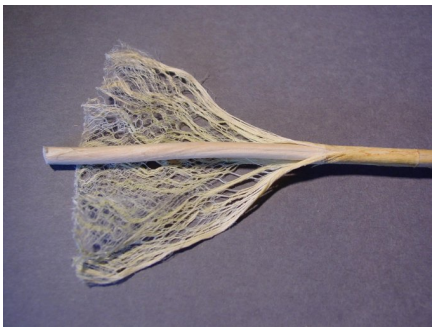
Beim Aufbereitungsprozess fallen bei Hanf fünf Fraktionen bzw. Qualitäten an:

1. Dreißig bis vierzig Prozent gröbere, etwas dunklere Schäben
2. Dreißig bis fünfunddreißig Prozent kleinere, nahezu faserfreie, helle Schäben
3. Zehn bis fünfzehn Prozent sehr kleine Schäben
4. Fünf bis zehn Prozent Staub und Faserreste
5. Fünf bis zehn Prozent Abfall

Hochwertige Schäben sind hell und elfenbeinfarbig. Die Farbe kann sich durch Schimmelbefall und durch eine Überröstung bis ins Dunkelgrau verschieben, womit die Schäben an Wert verlieren.

Gewinnung

→ *Hauptartikel* Faseraufschluss



Hanfstängel; der holzige Kern wird beim Brechen zu Schäben zerkleinert

Schäben fallen bei der Gewinnung von Flachs- und Hanffasern neben Werg und Superkurzfasern bzw. Staub an. In einer Faseraufschlussanlage werden die gerösteten und getrockneten Pflanzenstängel (Stroh) in Fasern und Schäben getrennt. Dieser Aufschluss erfolgt in der Regel rein mechanisch: Der verholzte Innenteil des Strohs wird gebrochen, dabei entstehen die Schäben, die dann in mehreren Prozess-Schritten von den Fasern getrennt werden. Anfall beziehungsweise Gewinnung der Schäben erfolgen unterschiedlich je nach eingesetzter Technologie des Faseraufschlusses. Je höher der Anteil der bei der Faserproduktion anfallenden Schäben, desto geringer ist (bei gleichem Pflanzenmaterial) der Anteil an Schäben im Produkt „Faser“.

Als gereinigtes Produkt stellen Schäben ein marktfähiges Erzeugnis dar, in der Flachs- oder Hanffaser selbst wird dagegen meist ein niedriger Schäbengehalt angestrebt. Bei technischen Kurzfasern, aus denen Vliese, Filze und Verbundwerkstoffe hergestellt werden, können Schäbengehalte von maximal fünf Prozent toleriert werden, erreichbar durch Erzeugung in der sogenannten Wirrfaserlinie. Wird, wie bei Hanffasern für die Zellstoffproduktion, ein Schäbengehalt von bis zu 25 Prozent toleriert, können einfachere Technologien wie die Hammermühlen zum Einsatz kommen.

Anwendungen

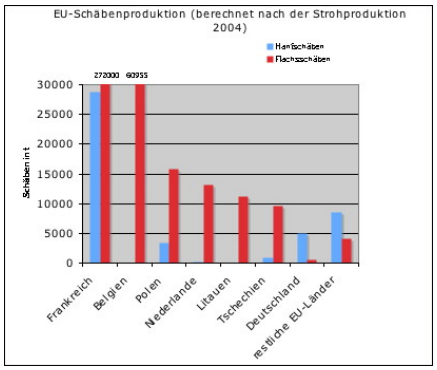
Historisch wurden Schäben vor allem als Brennstoff und für die Span- bzw. Leichtbauplattenproduktion eingesetzt. Heute werden gereinigte und entstaubte Hanf- und Flachsschäben wegen ihres hohen Wasseraufnahmevermögens und ihrer Kompostierbarkeit vor allem in der Tierhaltung verwendet. Größere Schäben werden meist als Pferdeeinstreu genutzt, während kleinere, helle Schäben in der Kleintierhaltung eingesetzt werden. Sehr kleine Schäben finden in der Geflügelzucht und - nach Pelletierung - als Katzeneinstreu Verwendung. Als faserreiches Streckmittel in Tierfutter werden die stark cellulosehaltigen Faserreste und Stäube genutzt. Die Abfälle werden als organische Dünger verwendet oder zu Briketts gepresst und verbrannt.

Auch als Füllstoff, geringwertiger Zellstoff, Bio-Brennstoff oder in Bau- und Dämmstoffen werden Hanfschäben eingesetzt. In Spanplatten sind Schäben wegen ihres geringen Gewichts von Vorteil - die Dichte von Schäbenplatten liegt mit 300 bis 340 Kilogramm pro Kubikmeter unter der Hälfte einer handelsüblichen Holzspanplatte. Mischungen von Schäben mit Bitumen und Kork sind seit 1957 als Schüttdämmung für Fußböden auf dem Markt - die durch die hohe Elastizität der Schäben bedingte gute Trittschalldämmung begünstigt diese Anwendung. Weitere Verwendungen im Bausektor sind als Zuschlagstoff in Lehm und Kalk sowie in Hanfschäben-Steinen. Vorbehandelte Schäben können als Ersatzstoff für Torf in Blumenerde dienen.

Im Jahr 2006 wurden 70 Prozent der in Europa produzierten Hanfschäben als Einstreu für Tiere verwendet, rund 87% davon gingen an Pferdehalter. Geringere Bedeutung hatten Anwendungen im Bausektor mit 16% und die Verbrennung zur Energiegewinnung mit 8%. Während 4% der Schäben als Hilfsmittel im Gartenbau eingesetzt wurden, machte der wachsende Markt der Werkstoffplatten erst 1% des Absatzes aus. Flachsschäben haben ähnliche Absatzmärkte wie Hanfschäben. Schäben aus der Flachsverarbeitung in den europäischen Hauptverarbeitungsländern Frankreich und Belgien gehen allerdings in großen Mengen in die Spanplattenindustrie und werden nur zu geringeren Anteilen als Tiereinstreu genutzt.[2]

Wirtschaftliche Bedeutung, Marktentwicklung

Je nach Pflanzenart und Aufschlussverfasern sind Schäben ein ökonomisch untergeordnetes Nebenprodukte oder ein dem Hauptprodukt Naturfaser wirtschaftlich gleichrangiges Koppelprodukt der Hanf- und Flachsfaserherstellung. Gelten bei der Erzeugung hochwertiger Flachs-Langfasern Schäben ebenso wie Kurzfasern als Nebenprodukte, die zusammen eine vergleichsweise geringe Wertschöpfung erbringen müssen, sind Hanfschäben in der verbreiteten Wirrfaserlinie ein dem Hauptprodukt Hanffaser ökonomisch etwa gleichwertiges Kuppelprodukt. Sie haben pro Gewichtseinheit etwa den halben Wert von Hanf-Kurzfasern, fallen aber etwa in doppelter Menge an.



Schäbenproduktion (Flachs und Hanf) in der EU[2]

Im Jahr 2004 fielen in der Europäischen Union (EU) etwa 370.000 Tonnen Flachsschäben und rund 45.000 Tonnen Hanfschäben an. Entsprechend der Bedeutung der Hanf- und Flachsverarbeitung sind Frankreich und Belgien in der EU die Haupt-Produktionsländer von Flachsschäben, bei Hanfschäben folgt Deutschland mit großem Abstand hinter Frankreich.[2]

Energiebedarf

Der benötigte Primärenergieeinsatz bei der Erzeugung von Hanfschäben wird mit rund 2,5 Megajoule pro Kilogramm Schäben angegeben, dabei erfolgt die anteilige Anrechnung des Energieverbrauchs für die Produktion von Faser und Schäben entsprechend des Marktwertes der Produkte. Rund zwei Drittel des Energieeinsatzes entfällt dabei auf den Hanfanbau (Düngung und Maschineneinsatz).

Belege

Einzelnachweise

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

[1] Duden: Die deutsche Rechtschreibung. 24. Auflage, Duden-Verlag, 2006. ISBN 3-411-04014-9

[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, S. 42 (ohne ISBN)

Literatur

- nova-Institut (Hrsg.): *Das kleine Hanf-Lexikon*. Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; S. 63-64, ISBN 3-89533-271-2
- 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 Download (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_315gf_band_26_komplet_100.pdf)

Schafwolle als Dämmstoff

Schafwolle	
Herkunft	
Rohstoffe	Schafwolle
Primärenergieverbrauch (Herstellung)	70-80 kWh/m^3
Materialeigenschaften	
Wärmeleitzahl λ	0,040
Spezifische Wärmekapazität c	1300 J/(kg × K)
Rohdichte ρ	20-25 kg/m^3
Dampfdiffusionswiderstand μ	1-2
Brandschutzklasse	B2
Einsatz	
Einsatzbereiche	zwischen Sparren/ konstruktiven Hölzern; Hohlräume, Rohrleitungen, Fugen; Trittschalldämmung
Materialkosten	ca. 75-100 €/m^2 für U-Wert=0,2 W/m^2K

Schafwolle kann - neben der bekannten Verwendung für Textilien - auch als Naturdämmstoff verwendet werden. Seit langem schon wird sie in dieser Funktion z. B. in Neuseeland eingesetzt, hat sich jedoch mittlerweile auch im deutschsprachigen Raum etabliert, wenngleich ihr Marktanteil hier unter 0,5 % liegt. Sie weist eine spezielle Kombination baulicher Eigenschaften auf, die ihr Einsatzgebiet als Dämmstoff auf Sonderfälle begrenzen.

Herstellung

Zur Herstellung von Dämmstoffen wird derzeit im deutschsprachigen Raum ausschließlich europäische und bevorzugt regional anfallende Schafwolle gebraucht [1] , sie werden aus Schafschurwolle in Form von Matten oder Stopfwolle hergestellt. Nach der ersten Aufbereitung durch Waschen, Entfetten und pH-Wert-Neutralisierung wird die Wolle im Feinöffner vermischt und von Fremdstoffen gereinigt. Abschließend wird sie kardiert, das dabei entstandene Vlies kreuzweise übereinander gelegt, in der Vernadelmaschine mechanisch vernadelt und anschließend

zurechtgeschnitten. Schnittabfälle werden recycelt. [2]

In Neuseeland werden während der Produktion zur Stützung des Gewebes Polyesterfasern beigemischt, unter rein ökologischen Gesichtspunkten ist dies jedoch eine nachteilige Praxis. [3]

Da Schafwolle anfällig ist gegen den Befall durch Kleidermotten, muss sie zum Schutz vor diesen behandelt werden. Zum einen kann dies durch Natriumborat geschehen, das zugleich den Vorteil besitzt, flammhemmend zu wirken. Da diese sich jedoch nach einigen Jahren aus dem Material verlieren, wird es heutzutage mit Naturkautschuk an die Wolle fixiert. Aufgrund der Kategorisierung von Boraten als reproduktionstoxisch wird mittlerweile von der Verwendung jedoch abgegangen [1] . Als Alternative besteht die - heute verbreiterte - Möglichkeit, die Wolle vor der Auslieferung mit Sulcofuron zu behandeln (Handelsname Mitin FF). Andere Optionen sind der Gebrauch von Harnstoffderivaten oder Zirkonsalz [3] . [2]

Technische Eigenschaften

Schafwolle weist einen WLG-Wert von 040 auf, ähnlich wie Holzfaser, Zellulose, Steinwolle oder auch Polystyrol. Mit einer Wärmekapazität von 1300 J/(kg × K) speichert es Wärme gut [4] . Der Dampfdiffusionswiderstand ist mit 1 bis 2 vergleichsweise gering. Es wird in die Baustoffklasse B2 bzw. E eingestuft, ist also normal entflammbar [3] , die Entzündungstemperatur liegt zwischen 580 und 600 °C, flammhemmend wirkt der hohe Stickstoffgehalt[2] .[5]

Ungewöhnlich ist die schadstoffsanierende Wirkung von Schafwolle als Dämmstoff. Schafwolle stellt aufgrund ihrer Herkunft und Faserstruktur ein Medium zum Abbau von Formaldehyd und ein effizientes Sorbens zur langfristigen Bindung von zahlreichen weiteren Aldehyden sowie weiteren schädlichen Stoffen wie z.B. Toluol aus der Raumluft dar. [6] , [7]

Schafwolle ist außerordentlich elastisch und bricht erst bei über 20.000 mal Knicken. Sie kann sehr viel Feuchtigkeit aufnehmen und reduziert ihre dämmenden Eigenschaften erst bei einem Wasseranteil von mehr als 16 Gewichtsprozent[2] .

Einsatzbereiche

Schafwolle ist beim Hausbau sowohl in den Bereichen Dach, Wände, Decke und Außenfassade einsetzbar. Daneben ist es besonders geeignet für die Dämmung technischer Anlagen wie Kühl-, Klima- und Lüftungsanlagen. Bei ersteren dienst sie insbesondere der Wärmedämmung, bei den letzteren der Schalldämmung. Aufgrund der Faserflexibilität eignet sie sich auch für die Dämmung bei bewegten oder regelmäßig belasteten Teilen. Für die Perimeterdämmung ist Schafwolle jedoch ebenso wie die anderen Naturdämmstoffe ungeeignet.[2]

Marktbedeutung

Zwar hat sich Schafwolle in Deutschland als Wärmedämmstoff etabliert, der Marktanteil im Dämmstoffmarkt liegt jedoch bei weniger als 0,5 %. Aufgrund der speziellen Kombination baulicher Eigenschaften, die ihr Einsatzgebiet als Dämmstoff auf Sonderfälle begrenzen und der Konkurrenz durch den Gebrauch als Rohstoff für Textilien wird der Marktanteil aller Voraussicht nach auch in Zukunft kaum 1 % übersteigen [3] . Im Marktsegment der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen hat sie einen Marktanteil von 4 % [8] . Mit Materialkosten von rund 75-100 €/m^2 bei einem Wärmedurchgangskoeffizient von 0,2 W/m^2K ist Schafwolle zudem teurer als herkömmliche Dämmstoffe oder Naturdämmstoffe mit gleicher Dämmwirkung[5] .

Referenzen

[1] Eintrag *Schafwolle-Dämmstoffe* in: WECOBIS – Ökologisches Baustoffinformationssystem beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Online (http://wecobis.iai.fzk.de/cms/content/site/wecobis/lang/de/Schafwolle-Daemmstoffe), Zugriff am 14. Februar 2009

[2] Jörg Brandhorst, Josef Spritzendorfer, Kai Gildhorn, Markus Hemp: *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.), 2009, S. 30 ff., PDF Online (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_317-brosch_daemmstoffe2009.pdf)

[3] W. Eicke-Hennig: *Dämmstoffe aus Altpapier oder Naturfasern – (k)eine Alternative?* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3-8167-6916-0, S. 16–30

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

[5] Ingo Gabriel und Heinz Ladener (Hrsg.), 2008: Vom Altbau zum Niedrigenergie- und Passivhaus. Ökobuch-Verlag. S. 74-75, ISBN 9783936896329

[6] Robert Sweredjuk, Gabriele Wortmann, Gerd Zwiener, Fritz Doppelmayer: *Schafwolle als reaktives Sorbens für Luftschadstoffe im Innenraum – Teil 1 Aldehyde*, Studie des Deutschen Wollforschungsinstituts an der Universität Aachen, PDF Online (http://www.oebag.de/downloads/files/down_70.pdf)

[7] Stefan Thomé: *Untersuchungen zur Sorption von Innenraum-Luftschadstoffen durch Wolle*, Dissertation, 2006, PDF Online (http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus/volltexte/2006/1553/pdf/Thome_Stefan.pdf)

[8] 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

Schalöl

Als **Schalöl** werden Öle bezeichnet, die bei der Einschalung im Betonbau verwendet werden. Sie dienen dazu, Beton und Schalungsholz voneinander zu trennen. Ähnliche Stoffe nutzt man in der Metallgießerei als Formtrennmittel beim Druckgießen zur Trennung von Metall und Gussform.

Schalöle sind meist mineralische Öle, Öle auf biogener Basis werden seltener produziert und genutzt. Auf deutschen Baustellen sowie bei der Herstellung von Betonfertigteilen werden jährlich etwa 25.000 t Schalöle verbraucht. Mit 2.500 t machen biogene Schmiermittel daran einen Anteil von 8 bis 10 % aus. Aufgrund der Forderung nach umweltgerechten und biologisch abbaubaren Ölen kann sich dieser Anteil in Zukunft allerdings noch deutlich erhöhen.

Literatur

- Volker Lenz, Michael Weber: *Schmier- und Verfahrensstoffe*. In: Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow 2006; Seiten 239–261 (PDF-Download [1])

Referenzen

[1] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_254marktstudie_2006.pdf

Schellack

Schellack, **Tafellack**, **Plattlack** oder **Lacca in tabulis** ist eine harzige Substanz, die aus Gummilack gewonnen wird. Gummilack selbst wird aus Ausscheidungen der Lackschildlaus *Kerria lacca* (Pflanzenläuse, Familie Kerridae) nach ihrem Saugen an manchen Pflanzen gewonnen.

Der Begriff „Schellack“ ist dabei abgeleitet vom Niederländischen *Schellak*, zu *Schel*, „Schuppe“[1] .

Schellack

Gewinnung

Hauptsächlich in Süd- und Südostasien und hier speziell in Indien und Thailand wurde früher Schellack in großen Mengen gewonnen. Die Jahresproduktion belief sich auf etwa 50.000 Tonnen. Um ein Kilogramm Schellack zu ernten, benötigt man rund 300.000 Lackschildläuse.

Auf Bäumen wie Pappelfeigen lebende Lackschildläuse ernähren sich von den Pflanzensäften dieser Bäume. Sie stechen den Baum an, nehmen seinen Saft auf und scheiden die harzartigen Substanzen desselben wieder aus, die dann die Laus umschließen. Die jungen Läuse entwickeln sich geschützt in dieser Harzblase und bohren sich nach einiger Zeit durch das Harz. Diese Harzabscheidung ist das Ausgangsprodukt für die Schellackgewinnung.

Die harzig umkrusteten Zweige werden abgeschnitten, gesammelt und das Harz vom Holz getrennt. Der Rohstoff wird gemahlen und gewaschen und in der Sonne getrocknet.

Nach Meyers Konversations-Lexikon von 1888 wurde der Schell-Lack (damals noch so geschrieben) in Indien gewonnen, indem der rohe oder durch Auswaschen mit Wasser vom Farbstoff befreite Gummilack in Säcken auf etwa 140 °C erhitzt wurde und das abfließende Harz auf Bananenblättern oder Tonröhren in einer dünnen Schicht erstarrte.

Der Schellack kam in kleinen, dünnen, eckigen, tafelartigen Bruchstückchen, aber auch in Form von Kuchen (Kuchenlack) oder Klumpen (Klumpenlack) in den Handel. Eine weitere Form waren meist runde, einige Linien dicke, wenig durchscheinende, braunrote, sehr glatte Tafeln von reiner Masse (Blut-, Knopfschellack).

Schellack kann gebleicht werden, indem man ihn in Sodalösung löst, mit Chlorkalk gemischt dem direkten Sonnenlicht aussetzt, durch Salzsäure fällt und gut auswäscht.

Eigenschaften

Das rein natürliche Granulat ist biologisch abbaubar und physiologisch unbedenklich. Durch verschiedene Verarbeitungsverfahren lässt sich die Helligkeit der Farbe des Lackes variieren. Für besondere Anwendungen wird außerdem der natürliche Wachsgehalt von 3 % bis 5 % fast vollständig herausgefiltert.

Schellack ist in der Kälte und bei Zimmertemperatur sehr spröde und brüchig, ziemlich hart, geruch- und geschmacklos. Er schmilzt beim Erhitzen und verbreitet bei höherer Temperatur einen angenehmen Geruch. Er brennt mit hell leuchtender Flamme. Schellack ist unlöslich in Wasser, quillt aber bei Kontakt mit Wasser und ist daher nicht wasserfest. Er ist löslich in Ethanol (bis auf das beigemengte Wachs), Borax, Ammoniak und Alkali-Carbonaten und in einer Mischung von 1 Teil Wasser und 10 Teilen Aceton, jedoch nicht in wässrigen Säuren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Moleküle des Harzes Carbonsäuren enthalten, die in basischen Lösungen zu Ionen deprotoniert werden. Das vorher unpolare und hydrophobe organische Molekül wird dadurch

polar genug, um von Wasser gelöst zu werden.

Schellack ist je nach Sorte farblos, gelb bis bernsteinfarbig und nimmt beim Kneten und Ausziehen einen seidenartigen Glanz an.

Verwendung

Frühere Verwendungen

Schellackplatte der Deutschen Grammophon-Aktiengesellschaft: *Der Harem auf Reisen* von Rudolf Nelson mit dem Tanz-Orchester Godwin.

- Siegellack
- Firnis
- Politur (farbloser Schellack für weiße Hölzer)
- Kitt
- Lenkerbandversiegelung (auf textilen Bändern an Fahrradlenkern)
- Schleifsteine
- Leim-Surrogat in der Hutfabrikation
- mit Schellack wurde Glasseide an Christbaumschmuck aus geblasenem Glas angeklebt (Quelle: Coburger Weihnachtsmuseum)
- in Borax aufgelöster Schellack (Wasserfirnis) wurde als unzerstörbare Tinte benutzt
- Schellack wurde – die heutigen Kunststoffe waren noch nicht erfunden – bei der Herstellung (Oberflächenversiegelung) von Phonographen-Walzen (von 1905 bis ca. 1925) und Schallplatten (von 1895 bis ca. 1961) verwendet, letztere sind auch heute noch im Sprachgebrauch bekannt als Schellackplatten.

Heutige Verwendungen

Schellack ist in zahlreichen Anwendungen eine natürliche Alternative zu synthetischen Harzen. In vielen Bereichen hat er sich bis heute behauptet oder sogar Anteile zurückgewonnen. In der Farben- und Lackindustrie werden jährlich über 5 000 t Farben auf Schellackbasis produziert.[2] Hervorzuheben ist außerdem die Unbedenklichkeit in Nahrungsmitteln und Pharmazeutika.

- Möbelpflege – bei der Restaurierung von Antik-Möbeln. Hierzu muss allerdings folgendes bemerkt werden: Da die Schellackpolitur erst nach 1800 eine weitere Verbreitung erfuhr, ist es nicht authentisch, Barockmöbel – oder gar noch ältere – bei der Restaurierung mit einer Schellackoberfläche zu versehen, in das Holz dieser Möbelstücke wird ein spezielles Wachs eingerieben, das dann auspoliert wird. Die Restaurierung von Biedermeier-, Gründerzeit-, und Jugendstil-Möbeln sowie von Phonographen- und Grammophon-Gehäusen einschließlich Holzradios bis zum Zweiten Weltkrieg mit Schellack ist dagegen grundsätzlich richtig. Bei den Möbeln des Art Déco wurde dann allerdings – sozusagen als Vorreiterrolle – bereits mit Kunstharz-Lacken gearbeitet.
- Im Lebensmittelbereich mit der Kennzeichnung E 904 – beispielsweise zusammen mit Carnaubawachs als Überzugsmittel für Schokoladendragées oder Nahrungsergänzungsmittel, als Überzugsmittel für dunkle Schokolade oder von Kaugummidragees.
- Als magensaftresistentes Überzugsmittel für Medikamente zur verzögerten Freisetzung oder zur Freisetzung im Darm[3]
- Zur Lackherstellung im Musikinstrumentenbau, speziell Geigen- und Zupfinstrumentenbau
- Bestandteil gelber bengalischer Lichter

- Als elektrischer Isolatorlack auf Wicklungen und als Kitt, der das Glühlampenglas mit dem Metallgewinde verbindet
- Trennmittel und Imprägnierung für Gipsformen
- Befestigung von Ankersteinen und Ellipse bei tragbaren mechanischen Uhren
- Befestigung von Fäden – (wird erwärmt) in kleinen Kapseln bei der Herstellung von Perlenketten
- Zugelassenes Vergällungsmittel für die unvollständige Vergällung von Ethanol durch die Bundesmonopolverwaltung für Branntwein
- In der Naturkosmetik als Bestandteil von Haarspray.
- Als Klebemittel in Zigaretten, siehe Tabakzusatzstoff
- Zur Herstellung von Funktionslöffeln in der Zahntechnik.

Schellack bietet sich als abbaubarer Ersatz für erdölhaltige Lacke in der Holzverarbeitung an und ist dementsprechend als Streichlack oder als Politur im Handel erhältlich. Er ist gesundheitlich in der Verarbeitung und im Gebrauch nicht gefährlich. Der Einsatz als Politur ist arbeitsaufwendig, als Streichlack lässt er sich dagegen wie andere Lacke verarbeiten.

Siehe auch

- Akaroidharz (Erdschellack)
- Kolophonium

Weblinks

- Video: Anmischen und Verarbeiten von Schellack [4] Restauratoren zeigen, wie Schellack gemischt und auf Möbeloberflächen aufpoliert wird.

Referenzen

[1] Wissen.de: Schellack (http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/woerterbuecher/index,page=3465504.html)
[2] VdL 2003 (http://www.lackindustrie.de)
[3] N Pearnchon, A Dashebsky, J Siepmann, R Bodmeier - STP pharma sciences, 2003: Shellac used as coating material for solid pharmaceutical dosage forms: understanding the effects of formulation and processing variables
[4] http://www.doit-tv.de/index.php?option=com_content&Itemid=1043&id=6329&task=view

Schichtholz

Als **Schichtholz** wird in der Forstwirtschaft Rohholz bezeichnet, welches nicht einzelstammweise vermessen, sondern nach Raummetern verkauft wird. Dazu wird es meist in Längen von 1 oder 2, seltener auch 3 Metern geschnitten und schichtweise in sogenannten Stößen aufgerichtet. Diese Holzstöße erhalten beim Aufsetzen ein Höhenübermaß von mindestens 3 %. [1]

Ein Meter langes Buchen-Brennschichtholz am Waldweg

Der Vorteil beim Verkauf als Schichtholz liegt darin, dass nicht jeder Stamm einzeln vermessen werden muss. Hierdurch können die Holzerntekosten gesenkt werden. In der Regel handelt es sich beim Schichtholz um minderwertige Sortimente wie Industrieholz oder Brennholz.

Für den Verkauf wird in der Regel die „Gesetzliche Handelsklassensortierung für Rohholz“ (Forst-HKS) genutzt. Hiernach wird Schichtholz nach dem Durchmesser mit Rinde am schwächeren Ende in folgende Klassen eingeteilt: [2]

Klasse		Durchmesser mit Rinde
S 1	Rundlinge	3 bis 6 cm
S 2	Rundlinge	7 bis 13 cm
S 2.1	Rundlinge	7 bis 9 cm
S 2.2	Rundlinge	10 bis 13 cm
S 3	Rundlinge sowie Spaltstücke daraus	14 cm und mehr
S 3.1	Rundlinge sowie Spaltstücke daraus	14 bis 19 cm
S 3.1	Rundlinge sowie Spaltstücke daraus	20 cm und mehr

Bei Schichtholz ohne Rinde vermindern sich die genannten Durchmesser um 1 cm. Die Unterteilung der Klassen S 2 und S 3 in Unterklassen kann entfallen.

Der Handel nach diesen Richtlinien ist nicht Pflicht, aber dient der Vereinheitlichung des Marktes. Bei besonderen Verwendungszwecken kann es hilfreich sein, hiervon abzuweichen.

Referenzen

[1] Richtlinie 68/89/EWG des Rates vom 23. Januar 1968 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Sortierung von Rohholz (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31968L0089:DE:HTML)

[2] Handelsklassensortierung für Rohholz (Forst-HKS) (http://www.wald-online-bw.de/fileadmin/lfv_pdf/gesetze__verordnungen/hks.pdf)

Schilfrohr

Schilfrohr
Phragmites australis an der Küste des Dänholms
Systematik
Unterabteilung: Bedecktsamer (Magnoliophyta)
Klasse: Einkeimblättrige (Liliopsida)
Ordnung: Süßgrasartige (Poales)
Familie: Süßgräser (Poaceae)
Gattung: Schilfrohre (*Phragmites*)
Art: Schilfrohr
Wissenschaftlicher Name
Phragmites australis
(Cav.) Trin. ex Steud.

Das **Schilfrohr** (*Phragmites australis*; Syn.: *Phragmites communis* Trin.) ist eine weltweit verbreitete Art der Süßgräser (Poaceae) und wird auch allgemein als Schilf bezeichnet. Es werden drei Unterarten unterschieden, die alle in Europa vorkommen.

Merkmale

Das Schilfrohr ist ein Rhizom-Geophyt und eine Sumpfpflanze. Die Normalform, *Phragmites australis*, wird maximal vier Meter hoch. In der Hauptwachstumsperiode des Schilfrohrs verlängern sich die Rhizome an der Spitze täglich bis zu drei Zentimeter. Die ältesten Rhizomteile sterben jeweils ab (Wurzelkriech- und Verlandungspionier). Die Blätter des Schilfrohrs haben statt des Blatthäutchens (*Ligula*) einen Haarkranz. Die Abflachung der zunächst wie die Blattscheide röhrigen Spreite erfolgt durch ein Gelenk. Das Schilfrohr ist ein Rispengras. Die Blütenrispe kann bis zu 50 Zentimeter lang werden. Die Pflanze ist windblütig vom „langstaubfädigen Typ“. Die Blütenährchen haben am Grunde männliche, darüber zwittrige Blüten. Die Blütezeit reicht von Juli bis September.

Die Ährchenachse der Früchte hat lange, abstehende Haare. Die winzigen Fruchtährchen verbreiten sich als Schirmchenflieger. Auch eine Schwimmausbreitung und eine Wasserhaftausbreitung ist möglich. Die Früchte sind frühestens im Dezember reif. Der Fruchtansatz ist von Jahr zu Jahr unterschiedlich; er ist auch vom Standort abhängig. Die Früchte sind Lichtkeimer, die Keimungsrate liegt circa bei 80 Prozent. Die Keimfähigkeit bleibt 1–4 Jahre erhalten.

Die vegetative Vermehrung erfolgt in starkem Maße durch die bis zu 20 Meter langen Ausläufer sowie durch niederliegende, sich an den Knoten bewurzelnde Halme (Legehalme). Ganze „Schilfbestände“ stellen oft nur eine einzelne Pflanze dar. Im Donaudelta fand man Pflanzen, deren Alter auf ca. 8000 Jahre geschätzt wurde. Große Schilfbestände bieten zahlreichen Vögeln Schutz. Bei Nährstoffüberschuss verdrängt das Schilfrohr jedoch die übrige Ufervegetation. Bei allzu starkem Nährstoffeintrag bricht die Population allerdings auch wieder zusammen und wird beispielsweise von Eutrophierungszeigern wie dem Großen Wasserschwaden (*Glyceria maxima*) ersetzt. Will man aktiv zur Vermehrung von Schilfbeständen beitragen, muss man im Sommer Halmstücke mit 1–3 Knoten abschneiden und diese in wenige Zentimeter tiefe Rinnen im Uferbereich eingraben. Nach einigen Wochen bewurzeln sich die Stängelknoten, und es bilden sich Tochtersprosse aus.

Weißer Haarkranz am Blattansatz (Unterscheidungsmerkmal vom ähnlichen Rohrglanzgras!)

Schilf bildet an Seen und Gräben natürliche Monokulturbestände. Sind Wasserversorgung und Nährstoffangebot günstig, verdrängt er durch seine Dominanz andere Wildkräuter und Gräser. In den oft riesige Flächen bedeckenden „natürlichen Monokulturen“ des Schilfrohrs regulieren sich tierische Schädlinge selbst: Die Raupen der Schilfeule (*Nonagria typhae*) klettern fressend in den Internodien nach oben und zerstören auch den Vegetationskegel an der Spitze. Wegen der damit verbundenen Ausdünnung des Bestandes werden in den Folgejahren zahlreiche dünne Halme gebildet, so dass die Schilfeulenpopulation an diesen Stellen zugrunde geht.

Schilfrohr im Frühsommer

Unterarten

- *Phragmites australis* ssp. *australis* (bis vier Meter hoch)
- *Phragmites australis* ssp. *altissimus* (bis 10 Meter hoch)
- *Phragmites australis* ssp. *humilis* (bis 1,2 Meter hoch)

Standorte

Bis zu 4 m hoher Schilfrohrgürtel an einem See

Das Schilfrohr kommt häufig und beständig in der Röhrichtzone stehender und langsam fließender Gewässer bis zu einem Meter Wassertiefe vor, daneben auch in Quellmooren, auf Moorwiesen oder in Erlenbruch- und Weidenauenwäldern. Es liebt nicht zu kalte Schlick- und Schlammböden, die stickstoffhaltig und basenreich sein sollten und verhältnismäßig sauerstoffarm sein können. Reißende Hochwässer erträgt es nicht. Gemäß dem Ökologen Heinz Ellenberg ist die Art ein Wärmezeiger, ein Wechselwasserzeiger und eine Klassencharakterart der Röhrichte und Großseggen-Sümpfe (*Phragmitetea australis*). Auf nicht überfluteten Standorten zeigt es bewegtes Grundwasser an. Als Tiefwurzler ist es aus vernässten Äckern schwer zu vertreiben. Jedoch sterben verletzte Schilfrhizome bei langanhaltender Überflutung ab, wenn Wasser in das Durchlüftungsgewebe eindringt. Ähnlich verhindert ein hoch anstehendes Grundwasser ein Tiefenwachstum der Rhizome.

Blüte

Die Art spielt bei der Verlandung von Gewässern eine große Rolle. Zwischen den dichten Halmen sammelt sich mit der Zeit viel Schlamm an und führt langsam zur Verlandung.

Wirtschaftliche Nutzung

Die jungen Sprossen werden in einigen Gebieten als Gemüse verwendet, wobei der typische Schilfgeschmack dieser Süßgrasart allerdings gewöhnungsbedürftig ist, auch Mehl zum Brotbacken kann man aus den getrockneten Wurzeln herstellen.

Neben dieser Nutzung spielt Schilfrohr vor allem eine Rolle als Naturbaustoff. Schilfrohr dient in Form von Reet als Dachdeckmaterial und in Form von mehrschichtigen Schilfrohrplatten (20 und 50 mm, mit verzinktem Draht gebunden) oder einfachem Schilfrohr als Putzträger (Rabitzgeflecht) als Basumaterial im im Lehmbau. Das Schilf nimmt keine Feuchtigkeit auf und verrottet daher nicht, es ist stabil und aufgrund seiner griffigen Oberflächenstruktur ein ausgezeichneter Putzgrund. Aufgrund seines Gehalts an Kieselsäure ist Schilf überdies brandhemmend. Weitere Bauelemente sind Dämmstoffe für die Außen- und Innendämmung, Schilfrohrgewebe oder Trennwände für den ökologischen Trockenbau.

Dünne Matten aus Schilfrohr dienen zur Beschattung von Gewächshäusern, dickere als Wärmedämmung oder Windschutz. Die Art wird auch zur dekorativen Gestaltung von Uferpartien als Zierpflanze und zur Landgewinnung (z. B. im Ijsselmeer) eingesetzt.

Theoretisch ist auch eine energetische Nutzung von Schilfrohr bsp. für die Gewinnung von Biogas oder als lignocellulosereicher Rohstoff für die Herstellung von Cellulose-Ethanol möglich.

Schilf in der Abwasserreinigung

Pflanzenkläranlagen

Schilf ist sehr gut für die Bepflanzung einer Pflanzenkläranlage geeignet. Es wirkt durch die große Blattoberfläche und durch die Sauerstoffabgabe hohler, luftführender Stängelteile (Aerenchyme) unter Wasser gewässerreinigend (Sauerstoffeintrag: 5 -12 g Sauerstoff pro m² / Tag). Der Sauerstoffeintrag fördert den mikrobiellen Abbau organischer Substanz durch aerophile Bakterien, welche in großer Menge an den Wurzelhaaren des Schilfes siedeln.

Bodenfilter

Auch Retentionsbodenfilter werden häufig mit Schilf bepflanzt, um eine Leistungssteigerung zu erzielen. Der Schilfbewuchs soll durch sein permanentes Rhizomwachstum das Substrat lockern und so das Kolmationsrisiko senken. Eine intensive Durchwurzelung erhöht die Reinigungsleistung des Filters, da Sauerstoffeintrag und Wurzelexudate eine Stimulation des mikrobiellen Schadstoffabbaus in der Rhizosphäre bewirken, gleichzeitig werden Nähr- (und z.T. Schadstoffe) der Bodenlösung entzogen.

Eine etablierte Schilffläche transpiriert 800 – 1000 l Wasser pro m2 und Vegetationsperiode, wodurch sich die Sickerwasserbildung im Bodenfilter entsprechend reduziert. Dies begünstigt die Sorption und - durch die längere Kontaktzeit - auch Wurzelaufnahme und biologischen Abbau.

Die geschlossene Vegetationsdecke verbessert durch Beschattung und Isolation das bodennahe Mikroklima. Unter abgestorbenem Schilf finden Bakterien auch im Winter noch Temperaturen um +5° C vor. Schilfhalme wie auch kontinuierliche Streuzufuhr weitmaschiger Vegetationsreste bilden auf Bodenfiltern einen oberirdischen „Raumfilter“. Seine Sedimentationsoberflächen ergänzen die eigentliche Substratfiltration und schützen den Filter zusätzlich vor äußerer Kolmation.

Ein wesentlicher Nachteil des Einsatzes von Schilf in Bodenfiltern ist, dass Bodenfilter aufgrund der periodischen Zufuhr und kurzen Verweilzeiten des Wassers nicht zu den idealen Besiedlungsräumen des Schilfgrases gehören. Hohe Ausfälle beim Bewuchs auf den zeitweise trockenen Bodenfiltern sind die Folge. Dadurch ist eine optimale Reinigungs- und Filterwirkung in Bezug auf das zugeführte Abwasser durch die geschwächte Schilfvegetation nicht gewährleistet. Daneben ist Schilf empfindlich gegen mechanische Belastung, insbesondere gegen Knickbeanspruchung (Niederlegen des Bestands im Hauptströmungsbereich).

Schilf wird bei der Eingriffs-Kompensation nach § 8a Bundesnaturschutzgesetz von Naturschutzstellen positiv beurteilt. Im Gegensatz zu konventionellen Lösungen wurden schilfbepflanzte Filter selbst in Natur- und Landschaftsschutzgebieten zugelassen. Daneben können schilfbepflanzte Bodenfilter in Kombination mit Grünflächen und Grünpflastern zusätzliche Ausgleichsmaßnahmen für Neubaugebiete vermeiden helfen, was bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zunehmend Bedeutung erlangt.

Literatur

- Klaus Bahlo, Gerd Wach: *Naturnahe Abwasserreinigung.* Planung und Bau von Pflanzenkläranlagen. 1. Auflage. Ökobuch, Staufen bei Freiburg 1992 (4., unveränderte Auflage 1996), ISBN 3-922964-52-4.
- Arne Michael Ragossnig, O. Brandweiner: *Schilf als biogener Ersatzbrennstoff zur Klinkerproduktion.* Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität Leoben - DepoTech, November 2006 (4 Seiten online [1]).
- Elfrune Wendelberger: *Pflanzen der Feuchtgebiete - Gewässer, Moore, Auen.* Büchergilde Gutenberg, München 1986, ISBN 3-7632-3265-6 (Originalausgabe: BLV, München / Wien / Zürich 1986, ISBN 3-405-12967-2).
- P. G. Brunner: *Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem.* In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): *{{{Sammelwerk}}}.* 2., überarbeitete Auflage. Karlsruhe 2002 (ohne ISBN, PDF 114 Seiten, 2,5 MB [2]).
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2003): Retentionsbodenfilter. Handbuch für Planung, Bau und Betrieb (1. Aufl.).

Düsseldorf. ISBN 3-9808617-1-6

- Wichtmann, W. (2006): Biomass for energy from rewetted peatlands. 2nd international baltic bioenergy conference: Use of bioenergy in the baltic sea region. Conference proceedings. FH Stralsund, S. 70 - 80
- Wichtmann, W. (1998): Restoration of degraded fen grasslands by rewetting and reed production. In El Bassam, N., R.K. Behl & B. Prochnow (ed.): Sustainable agriculture for food, energy and industry. James & James ltd London. 479 – 483.
- Schäfer, A. & W. Wichtmann (1998): Fen restoration and reed cultivation – first results of an interdisciplinary project – economic aspects. In: Malterer, T., K. Johnson & J. Stewart (ed.): Peatland Restoration and Reclamation. IPS Symposium Duluth, Minnesota 1998, 244 - 249
- Wichtmann, W. (1999): Schilfanbau als Alternative zur Nutzungsauflassung von Niedermooren. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung. 38, 2 – 4, 97 - 110
- Wichtmann, W. 1999: Nutzung von Schilf (Phragmites australis). Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung. 38, 2 – 4, 217 – 232.
- Rodewald-Rodescu, L. (1974): Das Schilfrohr. In: Die Binnengewässer, Band XXVII. Schweitzerbartsche Verlagsbuchhandlung. 302 S. plus Anhang

Weblinks

Schilfrohr. [3] In: *FloraWeb.de* [4].

- Das Schilfrohr - Ein ökologisch wichtige Pflanze am Elbufer [5] (pdf; 457 kB)
- UD Plant Biologists Uncover Top Wetland Invader's Hidden Weapon [6]

Referenzen

[1] http://www.ask-eu.de/default.asp?Menue=149&Jahrgang=88&Ausgabe=711&ArtikelPPV=8376&AnbieterID=41
[2] http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13999/
[3] http://www.floraweb.de/pflanzenarten/artenhome.xsql?suchnr=4229&
[4] http://www.floraweb.de
[5] http://www.bg-web.de/botanischerverein/pdf/pflanzenportraits/phraus.pdf
[6] http://www.terradaily.com/reports/UD_Plant_Biologists_Uncover_Top_Wetland_Invader_Hidden_Weapon_999.html

Schilfrohrplatte

Schilfrohrplatte	
Herkunft	
Rohstoffe	Schilfrohr
Materialeigenschaften	
Wärmeleitzahl λ	0,045 - 0,055 W/mK
Spezifische Wärmekapazität c	1200 J/(kgK)
Rohdichte ρ	190-225 kg/m^3
Dampfdiffusionswiderstand μ	2
Brandschutzklasse	B2
Einsatz	
Einsatzbereiche	u.a. WDVS, Trittschall- und Wärmedämmungen in Boden, Wand und Dach
Materialkosten	ca. 10€/m^2 (50mm Stärke)[1]

Schilfrohrplatten, auch Schilfrohr-Dämmplatten oder Schilfplatten genannt, sind ein Naturdämmstoff aus dem Nachwachsenden Rohstoff Schilfrohr. Die Schilfplatten werden in der Regel ohne chemische Zusätze hergestellt. Mittels mechanischer Pressung werden die parallel zueinander liegenden Schilfrohre zusammengedrückt und mit Draht gebunden.

Herstellung

Zur Herstellung von Schilfrohrplatten werden lange, kräftige Schilfrohre verwendet, da diese wegen der großen Luftkammern im Rohr besonders gute Dämmeigenschaften aufweisen. Diese werden quer zur Produktionsrichtung in einen Schacht gefüllt. Dort werden sie auf die gewünschte Plattendicke (i.d.R. 2-15 cm) zusammengefasst und über unten und oben angeordnete Läuferdrähte aus verzinktem Metalldraht (in manchen Fällen auch Edelstahldraht) mit Drahtklammern zusammengehalten. die Endlosplatten werden anschließed auf das gewünschte Längenmaß (meist 1,25 m) zugeschnitten.

Verwendung

Als Baustoff

die Verwendung von Schilfrohr als Baustoff ist bereits seit der Jungsteinzeit belegt. Schilfrohrplatten werden hauptsächlich zur Wärmedämmung von Gebäuden eingesetzt. Wichtige Einsatzgebiete der Dämmung aus Schilf sind Innen- und Außendämmung, Dachdämmung (Untersparren-, Aufsparren- und Zwischensparrendämmung) sowie Trittschalldämmung bei Decken und Böden. Aufgrund Ihrer rauen Oberflächenstruktur dienen Schilfrohrplatten gleichzeitig als Putzträger. Als reine Putzträger werden Schilfgewebe eingesetzt.

Dämmplatten aus Schilf sind ein Naturbaustoff und werden überwiegend im ökologischen Bau eingesetzt. Hier werden sie im Innenbereich mit Lehmputz, Kalkputz und Wandheizungen kombiniert. Im Wärmedämmverbundsystem müssen die Dämmplatten nur gedübelt werden, eine zusätzliche Verklebung ist nicht nötig.

Im Lehmbau kommt den Schilfrohrplatten eine besondere Bedeutung zu: Da Lehmputze keine chemische Bindung mit dem Untergrund eingehen, ist eine mechanische Haftung von höchster Wichtigkeit. Die Schilfrohrplatten erfüllen diese Funktion in hohem Maße.

Im Gartenbau

Schilfrohrplatten und -matten werden zudem im Gartenbau eingesetzt. Hier dienen sie als Sichtschutz und Windschutz.

Eigenschaften

Der minimale Energieaufwand, der zur Herstellung von Schilfdämmplatten benötigt wird und ihre leichte umweltverträgliche Entsorgung schonen Ressourcen und die Umwelt und sind eine gute ökologische Alternative zu anderen Dämmstoffen. Schilfrohrdämmplatten gelten als der einzige Naturdämmstoff aus pflanzlichen Rohstoffen, der völlig unbehandelt eingesetzt wird - es sind also weder Borate noch andere chemische Zusatzstoffe enthalten.

Schilfrohr-Dämmplatten sind mit rund 190 kg/m^3 relativ schwere Dämmstoffe, die Wärmeleitfähigkeit des als normal brennbar eingestuften Baustoffs liegt mit in der Regel 0,055 W/mK etwas über herkömmlichen Dämmaterialien, für eine vergleichbare Dämmwirkung wird also eine etwas dickere Dämmschicht benötigt. Die Wasserdampf-Disffusionswiderstandszahl ist 2 und befindet sich damit im mittleren Bereich für Naturdämmstoffe, Schilfrohrmatten ermöglichen ein Abtrocknen in die Dämmung eingedrungener Raumluftfeuchte.[2]

Schilfrohrdämmatten eignen sich für alle tragfähigen Untergründe bis maximal 2 Vollgeschosse. Ihre spezifische Wärmespeicherkapazität liegt bei 1200 J/(kgK), aso höher als Steinwolle, jedoch niedriger als die meisten anderen Naturdämmstoffe. In Verbindung mit dem hohen Eigengewicht der Dämmung ist ein guter sommerlicher Wärmeschutz möglich. Das Schalldämmmaß wird mit 23 dB bei 5 cm angegeben, die Biegezugfestigkeit liegt bei ca. 750 N/cm^2.

Quellen

- Gerhard Holzmann, Matthias Wangelin: „Schilf“ In: *Natürliche und pflanzliche Baustoffe. Rohstoffe – Bauphysik – Konstruktion.* Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2009; S. 131-147. ISBN 9783835101531

Weblinks

- Beschreibung von Schilfdämmstoff: Vorteile, Verarbeitung, Praxishinweise, technische daten [3] (G. Holzmann)
- Produkt- und Verarbeitungsinformationen [4] (Reetgroßhandel Hiss)
- Schilfrohr-Dämmplatten - Verarbeitungshinweise und Anwendungbeispiele [5] (Naturbauhof)

Referenzen

[1] Preise Schilfrohr-Dämmplatte (http://www.naturbauhof.de/lad_daemm_schilf.php)

[2] Jörg Brandhorst, Josef Spritzendorfer, Kai Gildhorn, Markus Hemp: *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.), 2009, S. 9, PDF Online (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_317-brosch_daemmstoffe2009.pdf)

[3] http://www.Schilfdaemmung.de

[4] http://www.hiss-reet.de/produkte/naturbaustoffe/daemmstoff.html

[5] http://www.naturbauhof.de/lad_daemm_schilf.php

Schmieröl

Schmieröle sind die wichtigsten technischen Schmierstoffe. Sie dienen zur Verringerung von Reibung, die Geräuschentwicklung und besonders Materialverschleiß verursacht. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung von Schmieröl auch die Wärmeabfuhr. Schmieröl bildet zwischen bewegten Flächen, etwa in einem Scharnier, einen Gleitfilm; näheres dazu im Artikel Schmierung.

Bei anspruchsvollen Umgebungen, die zum Beispiel Regen oder Staub ausgesetzt sind, nutzt man Schmierfette, welche die Lagerstellen beziehungsweise Wälzlager auch gegen äußere Einflüsse abschirmen können und länger an der Schmierstelle verbleiben, da sie viskoser (zäher) sind.

Klassifizierung

- nach Herkunft:
  - Biogene Schmierstoffe aus pflanzlichen Ölen und tierischen Fetten
  - mineralische Öle
  - synthetische Öle
- nach Viskosität
- nach Anwendung:
  - Maschinenöl
  - Motoröl
  - Getriebeöl
  - Öl für feinwerktechnische Geräte, z. B. Nähmaschinenöl
  - Kettenöl
  - Hydrauliköl
  - Kühlschmiermittel
    - Schneidöl wird bei der zerspanenden bzw. spanabtragenden Metallbearbeitung verwendet

Zwei Schmiervasen als Behälter für **Schmieröl** an einer Maschine

Motorenöle

Hauptartikel: Motoröl

Der Gesamtanteil der Motoröle stellt mit etwa 50 % der Gesamtmenge in Europa und etwa 32 % in Deutschland die größte Einzelgruppe der Schmierstoffe dar; die Gesamtmenge stagniert seit etwa 2001 bei rund 344.000 Tonnen pro Jahr. Dabei werden sie in nahezu allen Personen- und Lastkraftwagen eingesetzt.

Verbrennungsmotoren stellen hohe Ansprüche an das Motoröl. Das Motoröl ist nicht nur Schmierstoff, sondern hat weitere wichtige motorische Aufgaben, nämlich:

- Übertragung von Kräften (hydraulisch in Kettenspannern und Stößel)
- Verschleißschutz (der sich gegeneinander bewegenden Motorteile)
- Korrosionsschutz der Motorteile gegenüber aggressiven Verbrennungsprodukten durch Bildung von Schutzschichten auf der Metalloberfläche
- Abdichten (des Brennraums zum Kurbelgehäuse, der Ansaug- und Abgaskanäle über die Ventilführungen zum Ventiltrieb)
- Kühlen (von v. a. Kolben und Kurbelwelle)

- Neutralisation von sauren Verbrennungsprodukten durch chemische Umwandlung
- Reinhaltung der Motorenteile durch Ablösen von Verbrennungsrückständen (und Alterungsprodukten des Motoröls) mit öllöslichen Seifen
- Schmierung (Trennung der sich gegeneinander bewegenden Metallflächen)
- Dispergieren von festen Fremdstoffen, Staub, Abrieb, Verbrennungsprodukte wie Ruß oder Asche

Um diese Aufgaben erfüllen zu können, werden vielerlei Anforderungen an das Motoröl gestellt, die durch chemische, physikalische und technologische Eigenschaften charakterisiert sind. Diese Eigenschaften sind vereinfacht:

- Viskosität und Fließverhalten
- Oberflächenaktives Verhalten
- Neutralisationsvermögen

Daneben werden folgende Anforderungen an das Motorenöl gestellt:

- Neutrales Verhalten gegenüber Dichtungswerkstoffen
- Geringe Schaumneigung
- Lange Gebrauchsdauer, lange Ölwechselintervalle
- Niedriger Ölverbrauch
- Niedriger Kraftstoffverbrauch
- Kraftstoffverträglichkeit
- Umweltverträglichkeit

Motorenöl

Mineralische Öle

Moderne Viertaktmotoren-Öle sind in der Regel Mineral- oder Synthetikgrundöle mit einem Additivpaket. Das Grundöl ist beim Mineralöl ein Erdöldestillat. Da Öle einen so hohen Siedepunkt haben, dass sie sich normalerweise bereits beim Destillieren zersetzen würden, wird dies unter Vakuum (siehe Vakuumdestillation) durchgeführt. Dies senkt den Siedepunkt soweit ab, dass Temperaturen von maximal 350 °C ausreichen. Die Destillate werden danach unter anderem noch gefiltert, geklärt und raffiniert, sodass man ein unlegiertes Öl mit einer bestimmten Viskosität erhält. Dieses Öl ist kein reiner Stoff, sondern eine Fraktion, also ein Gemisch unterschiedlicher Kohlenwasserstoffe mit ähnlichem Siedebereich. Diese Öle waren lange Zeit die einzigen im Kfz verwendeten Öle, heute sind sie von einigen Herstellern noch als Kompressorenöl oder Maschinenöl im Angebot (sehr alte Motoren (Vorkriegsmaschinen) benötigen diese Öle, da deren Dichtungsmaterialien oft nicht mit den modernen Additiven verträglich sind).

Bis in die vierziger Jahre und danach wurden hochbelastete Motoren (vor allem Motorradrennmotoren) auch noch mit Pflanzenöl (Rizinusöl) geschmiert, die Firma Castrol hat sich ihren guten Ruf mit diesem Öl erworben. Rizinusöl heißt auf englisch *castor oil*.

Bereits in der Vergangenheit wurden diverse Mittel angeboten, welche die Ölqualität der Mineralöle verbessern sollten; einige davon gibt es noch heute. Neben Festkörperzusätzen wie Molybdändisulfid und Kolloidgraphit (Kugelgraphit) gab es auch verschiedene chemische Zusätze, die teilweise ihren Zweck recht gut erfüllten. Ungefähr in den 1940er Jahren kamen Öle auf den Markt, die serienmäßig mit derartigen Zusätzen ausgestattet waren und als HD-Öle (*heavy duty* – hohe Beanspruchung) vermarktet wurden.

Synthetische Öle

Die ersten synthetischen Schmierstoffe wurden in den 1930er und 1940er Jahren von Hermann Zorn (dem „Vater der synthetischen Schmierstoffe“) bei der I.G. Farben in Oppau und später in Leuna entwickelt. Ausgangspunkt waren Versuche mit Erdöl und diversen Additiven und später Synthetisierung durch Äthylen. Erstes Synthetisches Schmieröl (s. a. Synthetisches Öl) dieser Art war das SS 906. Die Bedeutung dieser synthetischen Schmieröle lag u.a. in der Entwicklung der Viskosität auch unter extremen Temperaturbedingungen (z.B. deutsche Ostfront-Einsätze während des Zweiten Weltkrieges). Diese Arbeiten führten zu der Herstellung von über 3500 Estern in den genannten Jahren, darunter auch Diester und Polyol Ester.

Biogene Öle

Es existiert eine relativ große Palette von hochwertigen Ölen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe für Zwei und Viertakt-Motoren (Biogene Schmierstoffe); diese bestehen im Regelfall aus synthetischen Estern auf Pflanzenölbasis. Durch den Verzicht von zink- oder phosphorreichen Additiven können sie zudem die Haltbarkeit von Katalysatoranlagen erhöhen. Für Dieselmotoren sind entsprechende Öle in der Entwicklung.

Der Anteil der biogenen Motoröle lag 2003 bei nur 0,02 % und somit bei 61 t, obwohl die Öle vergleichbare Eigenschaften haben. Auch 2005 lag der Anteil noch weit unter einem Prozent des Gesamtmarktes, hatte mengenmäßig allerdings mittlerweile 2000 t erreicht. Der Grund für den geringen Anteil dürfte im höheren Preis und der geringeren Bekanntheit der biogenen Öle liegen.

Mehrbereichsöle

Mit der Entdeckung der Polymere Ende der 1960er wurden damit die Mehrbereichsöle entwickelt. Diese Öle haben die Eigenschaft, dass sie bei unterschiedlichen Temperaturen ihre Viskosität nicht so stark ändern wie Einbereichsöle. Das ermöglicht es, im Sommer und im Winter das gleiche Öl zu benutzen und erleichtert das Starten des Motors bedeutend. Außerdem erfolgt bereits bei kaltem Motor eine schnellere Schmierung des Motors, so dass sich der durch Kaltstarts verursachte Verschleiß verringert. Diese Vorteile sind so gravierend, dass die Einbereichsöle schnell völlig vom Markt verschwunden waren. Die Chemiker der Ölhersteller stellten auch fest, dass es synthetische Stoffe gibt, die genauso gut schmieren wie Mineralöle und einige andere vorteilhafte Eigenschaften haben. Diese Eigenschaften ließen sich auch exakter definieren als beim Naturprodukt Erdöl.

Dies war die Geburtsstunde der Synthetiköle, die inzwischen überragende Eigenschaften haben. Sie lassen sich für sehr große Viskositätsbereiche herstellen, haben eine gute Kältefließfähigkeit, neigen nicht zum Verkoken und sind sehr druck- und temperaturstabil. Druckstabil sind sie in zweierlei Hinsicht: zum Einen bauen sie einen sehr tragfähigen Schmierfilm auf, der auch unter extremen Belastungen nicht abreißt, zum Anderen wird die Struktur der Moleküle im Betrieb schwerer zerstört als beim Mineralöl. Für hochbelastete Sportmotoren können teilweise nur noch synthetische Motorenöle verwendet werden.

Mischen verschiedener Öle

Pflanzenöle, zum Beispiel ein biologisch abbaubares Kettenspray auf Basis von Rapsöl, sind nicht mit mineralischen Schmierölen oder -fetten mischbar; das heißt, die Öle lösen sich zwar ineinander, sind so aber nicht technisch verwendbar.

Beim Mischen von Synthetik- und Mineralölen sind die Meinungen kontrovers. Während es auf der einen Seite heißt, das Mischen heutiger Öle sei problemlos möglich, heißt es auf der anderen, die Wirkung der Additive könne durch das Mischen vermindert werden. Motorenöle, welche die API-Spezifikation erfüllen, müssen immer untereinander mischbar sein, die Qualität muss dann immer noch der des niedrigsten der enthaltenen Öle entsprechen.

Leichtlauföle

(Voll)synthetische Leichtlauföle ermöglichen Treibstoffeinsparungen von 1 bis 6 %.[1] Da die zum Teil abgesenkte Viskosität (Öle wie 0W-30, 5W-30, 10W-30) zu Schmierproblemen führen kann, wird eine Freigabe des Motorherstellers benötigt.

Spezifikationen

SAE-Spezifikation

Die SAE-Viskositätsklassen wurden 1911 von der *Society of Automotive Engineers* festgelegt, um den Verbrauchern die Auswahl des richtigen Öls zu erleichtern. Einbereichsöle haben eine Kennung im Format „SAE xx“ oder „SAE xxW“ (W = Winter). Dabei stehen die kleineren Zahlen für dünnflüssige, die größeren für zähere Öle. Mit der Einführung der Mehrbereichsöle ließ sich das System nicht mehr anwenden und wurde folglich erweitert: Das Format lautet jetzt „SAE xxW-yy“. Diese Schreibweise bedeutet, dass das betreffende Öl bei 0 °F (etwa −18 °C) in den Eigenschaften einem Einbereichsöl der Viskosität SAE xxW entspricht, bei 210 °F (etwa 99 °C) dagegen einem SAE yy-Öl. Um diese Eigenschaft zu erreichen, enthalten Mehrbereichsöle Polymere, die ihre räumliche Struktur temperaturabhängig ändern. Anschaulich dargestellt sind die Moleküle in kaltem Öl zusammengeknäuelt, mit steigender Temperatur strecken sich die Moleküle immer mehr, und erhöhen dadurch die Reibung zwischen den Teilchen.

Ein preiswertes Standard-Mineralöl hat in der Regel die Viskosität SAE 20W-40 oder 15W-40. Hochwertige Synthetiköle sind inzwischen bei den Viskositätsbereichen 0W-20, 5W-50 und 10W-60 angelangt. Im Prinzip lässt sich jedes Öl verwenden, das den vorgeschriebenen Bereich überstreicht. Wenn also ein 20W-40-Öl vorgeschrieben ist, wird der Motor auch problemlos mit einem 10W-40 oder einem 20W-50-Öl laufen, ohne Schaden zu erleiden. Die Ölhersteller empfehlen jedoch für den Gebrauch in Motorradmotoren die Verwendung spezieller Motorradöle; unter anderem, um Probleme mit rutschenden Kupplungen zu vermeiden. Außerdem empfehlen sie, keine dünnflüssigen Öle (also solche mit kleineren SAE-Werten als 5W-yy) zu verwenden, weil ein viskoseres Grundöl langzeitstabiler ist. Speziell die im Getriebe auftretenden extrem hohen Drücke und Scherbelastungen brechen die oben erwähnten Polymere (die bei Ölen mit einem großen Viskositätsbereich in größerem Anteil enthalten sein müssen) mit der Zeit auf. Unter anderem deshalb verliert das Öl mit der Zeit an Viskosität.

Die Viskosität beschreibt nur eine Eigenschaft eines Öls und enthält keinerlei Aussage zur Qualität, ist jedoch wichtig für die Einhaltung des korrekten Öldrucks. Ein zu hoher Öldruck kann Dichtungen beschädigen, ein zu niedriger die Lager.

Die SAE-Viskositätsklassen 70W bis 250 finden Verwendung für die Klassifizierung von Getriebeölen.[2]

API-Spezifikation

API-Klassifikationen wurden vom *American Petroleum Institute* geschaffen. Sie definieren gewisse Mindestanforderungen an Motoröle. Es gibt unterschiedliche Klassifikationen für Ottomotoren und Dieselmotoren, gekennzeichnet durch den Buchstaben S (Service, bzw. Spark Ignition) für Ottomotoren und C (Commercial, bzw. Compression Ignition) für Dieselmotoren sowie je einen weiteren Buchstaben, der die Qualitätstufe indiziert. Je höher im Alphabet der Zusatzbuchstabe ist, umso anspruchsvoller die Prüfungen an das Öl. Somit hat ein Motoröl mit der Kennung API SL eine höhere Qualitätsklasse als eines mit API SG. Die derzeit höchsten Qualitätsklassen sind SL bzw. CF.

Es folgt eine Aufstellung einiger existierenden Klassen mit einer kurzen Beschreibung:

Ottomotorenöle:

API-Klassenname	Bemerkung
API-SA	Regular-Motoröle evtl. mit Stockpunktverbesserer und/oder Antischaummittel (bis 1930)
API-SB	Motoröl für niedrig beanspruchte Otto-Motoren mit Wirkstoffen gegen Alterung, Korrosion und Verschleiß (nach 1930)
API-SC	Motoröl für mittelbelastete Otto-Motoren. Wie SB zusätzlich Wirkstoffen gegen Verkokung (von 1964 bis 1967)
API-SD	Motoröl für schwere Betriebsbedingungen bei Otto-Motoren (von 1968 bis 1971)
API-SE	Motoröl für sehr hohe Anforderungen bei Otto-Motoren (von 1971 bis 1979)
API-SF	Motoröl für sehr hohe Anforderungen bei Otto-Motoren wie SE, zusätzlich verbessertem Veschleißschutz und Schlammtragevermögen (von 1980 bis 1987)
API-SG	Motoröl für höchste Anforderungen wie SF, zusätzlich Schutz gegen (Schwarz-)Schlammbildung (von 1987 bis 1993)
API-SH	Motoröl für höchste Anforderungen wie SG, zusätzlich Anforderungen an dem Schmierfilmabriss bei *hohen Temperaturen* und *hoher Scherbelastung* (engl.: HTHS für ***H**igh **T**emperature **H**igh **S**hear*) sowie der *Verdampfungsverluste* (von 1993 bis 1996)
API-SJ	Nachfolgeklassifikation zu API SH. Verschärfte Anforderungen hinsichtlich Verdampfungsverlust (gültig ab Oktober 1996). [3]
API-SK/SL	Nachfolgeklassifikationen zu API SJ (gültig ab 2001) [3]
API-SM	Motoröl für extrem hohe Anforderungen hinsichtlich Oxidationsstabilität, Motorsauberkeit, Verschleißschutz, Alterungsverhalten und Leistungsvermögen bei niedrigen Temperaturen. (gültig ab 2004)

Dieselmotorenöle:

API-Klassenname	Bemerkung
API-CC	Motorenöle für geringe Beanspruchungen
API-CD	Motorenöle für hohe Beanspruchungen, turbogetestet
API-CE	Motorenöle für höchste Beanspruchungen, turbogetestet
API-CF-4	Motorenöle der Klasse CE mit geringem Anteil an metallorganischen Additiven und höheren Anforderungen in Bezug auf Ölverbrauch und Ablagerungen an Kolben.

Zweitaktöle: Die Klassifikationen API TA bis TC bezeichnen speziell Zweitaktöl (Siehe unten: Zweitaktölklassen)

Weitere: Es gibt neben den API-Spezifikationen noch die MIL-Spezifikationen der US-Streitkräfte, die in Deutschland allerdings ohne praktische Bedeutung sind, sowie die Spezifikationen des CCMC, beziehungsweise der Nachfolgeorganisation ACEA (Verband der Europäischen Automobilhersteller).

ACEA-Spezifikation

Die Motoröl-Spezifikationen der *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles* sind den Forderungen an einen Motor für den Betrieb nach europäischen Verhältnissen angepasst und stellen derzeit (2008) die aktuelle Norm für Motoröle dar. Neben Motoren europäischer Auslegung beachten die Normen auch einige amerikanische Modelle und Prüfläufe und gewährleisten somit eine gewisse Verzahnung mit den API-Klassifikationen.

Es gibt vier Kategorien:

A = Otto-Motoren

B = kleinvolumige Dieselmotoren in PKW, Vans und Kleintransportern

C = PKW Dieselmotoren mit Partikelfilter

E = LKW Dieselmotoren

Diese werden noch einmal differenziert in die Klassen A für Ottomotoren und B für Dieselmotoren:

A1/B1: Leichtlauf-Motoröle, SAE 0W-30, 5W-20, 5W-30, 10W-30; abgesenkte HTHS-Viskosität (2,9–3,5 mPa*s)

A2/B2: Standard-Motoröle, HTHS-Viskosität (> 3,5 mPa*s)

A3/B3: Premium-Motoröle - besonders scherstabil, SAE 0W-X, 5W-X, 10W-40, 15W-40 für verlängerte Intervalle HTHS-Viskosität (> 3,5 mPa*s)

A4/B4: wie A3 / B3 aber auch für DI-Diesel einschließlich CR-Diesel, SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30, 5W-40, 10W-40; A4 reserviert für DI-Otto; HTHS-Viskosität (> 3,5 mPa*s)

A5/B5: Premium-Leichtlauföle: ähnlich A3 / B4, SAE 0W-30, 5W-30 jedoch abgesenkte HTHS-Viskosität wie A1 / B1 (< 3,5 mPa*s)für verlängerte Intervalle

- Die Klassifizierung C für PKW Dieselmotoren mit Partikelfilter kennzeichnet so genannte *low-SAPS*-Öle. Diese weisen bei der Verbrennung stark begrenzte Anteile an **S**ulfat**a**sche, **P**hosphor und **S**chwefel (SAPS) auf, welche als aschebildende Bestandteile die Durchlässigkeit des Partikelfilter ungünstig beeinflussen könnten.

  C1: low-SAPS Öl mit abgesenkter HTHS-Viskosität < 2,9 mPa*s, niedrige Viskosität (0W-X, 5W-X), Performance wie A5/ B5 jedoch mit stark begrenzten Anteilen **S**ulfat**a**sche, **P**hosphor, **S**chwefel.

  C2: low-SAPS Öl mit abgesenkter HTHS-Viskosität > 2,9 mPa*s, niedrige Viskosität (0W-X, 5W-X), Performance wie A5/ B5 mit begrenzten, aber höheren Anteilen Sulfatasche, Phosphor, Schwefel als für C1-04.

  C3: low-SAPS Öl mit hoher HTHS-Viskosität > 3,5 mPa*s, niedrige Viskosität (0W-X, 5W-X), Performance wie A3/ B4 mit begrenzten, aber höheren Anteilen Sulfatasche, Phosphor, Schwefel als für C1-04.

Zweitaktölklassen

Zweitaktöle werden eingeteilt in die Klassen API TA bis TC für Mofas, Motorräder, Rasenmäher, Motorsägen usw. sowie API TD und die NNMA-Klassen TC-W (entspricht API TD), TC-WII oder TC-W3 für Zweitakt-Außenbordmotoren. Auch hier gilt, dass der spätere Buchstabe beziehungsweise die höhere Ziffer für die höhere Qualität steht.

ISO-Norm

Klasse	Betriebsbedingungen
ISO-L-EGB (Global GB)	mittel (= JASO FB)
ISO-L-EGC (Global GC)	mittel und raucharm (= JASO FC)
ISO-L-EGD (Global GD)	schwer und raucharm (> JASO FC)

Spezifizierung nach API-Norm

Klasse	Betriebsbedingungen
API-TA (TSC-1)	Mopeds
API-TB (TSC-2)	Motorroller und Motorräder
API-TC (TSC-3)	Hochleistungsmotoren
API-TD (TSC-4)	Außenbordmotoren entsprechend NMMA TC-WII

Spezifizierung nach JASO-Norm (Japanese Automotive Standards Organisation)

Klasse	Betriebsbedingungen
JASO FA	leicht
JASO FB	mittel
JASO FC	mittel + raucharm
JASO MA	4-Takt Motorradöl

Getriebeöle

API-Klassifikation

Getriebeöle werden mit dem Kürzel GL (gear lubricant) und den Ziffern 1 bis 5 beschrieben. Die Ziffern kennzeichnen die Belastbarkeit des Öls, wobei GL-1 für Getriebe mit niedrigen Belastungen geeignet sind, GL-4 und GL-5 dagegen für hochbelastete Hypoidantriebe und -getriebe verwendet werden. Die Klassifikation GL-6 für extrem belastete Achsantriebe wurde zurückgezogen.

Siehe auch

- Ölfilter
- Dieselpest

Weblinks

- ADAC: Fragen und Antworten rund um Motoröle [4]
- ADAC: Motoröl - Klassifikationen und Spezifikationen [5]

Referenzen

[1] kfztech.de (Wiesinger): *Sprit sparen mit Super-Leichtlaufölen* (http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/leichtlaufoel.htm). 14. August 2008. Abgerufen am 20. August 2008.

[2] *Getriebeöle* bei Harting.net (http://www.harting.net/pdf/Teil_5_BP_Getriebeoele.pdf)

[3] Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG: *API* (http://www.betriebstoffe.ch/spezifikationen/api_klassifikationen.htm). Abgerufen am 20. August 2008.

[4] http://www.adac.de/Auto_Motorrad/Reparatur_Pflege/motoroel/default.asp?TL=2

[5] http://www1.adac.de/images/25710_tcm8-261631.pdf

Schnittholz

Schnittholz ist ein Holzerzeugnis, das durch Sägen von Rundholz parallel zur Stammachse hergestellt wird. Es kann scharfkantig sein oder Baumkanten aufweisen.

ein Stück Schnittholz

Das frisch eingeschnittene Holz (als genormtes Produkt nach DIN 68252 *Begriffe für Schnittholz, Form und Maße*) besitzt zunächst noch keine bauaufsichtliche Zulassung für die Verwendung als Bauholz (als *Bauschnittholz*) für tragende oder aussteifende Zwecke. Es muss zuerst auf eine Holzfeuchte von max. 20% getrocknet und dann anhand der in der DIN 4074 festgelegten Kriterien nach der Tragfähigkeit sortiert werden. Einige dieser Sortierkriterien sind z. B. die Lage und Größe von Ästen, die Art, Lage und Tiefe von Rissen, sowie die Faserneigung (die Holzfasern sollten möglichst parallel zur Längsachse des Holzquerschnitts verlaufen). Nur Holz, das die Sortierkriterien erfüllt, darf für tragende oder aussteifende Zwecke am Bau verwendet werden.

Formate

Je nach Verwendung können den Erzeugnissen verschiedene Normen mit unterschiedlichen Maßdefinitionen zugrunde liegen:

	DIN 68252		**DIN 4074 (für Bauholz)**		**andere Normen, nicht normgerechte Namen**	
Art	**Dicke d**	**Breite b**	**Dicke d**	**Breite b**	**Dicke d**	**Breite b**
Balken					≳ 200 mm	
Kantholz	≥ 60 mm	≤ 3*d	≥ 40 mm	≤ 3*d		
Bohle	≥ 40 mm	≥ 2*d	≥ 40 mm	≥ 3*d		
Brett	8 mm ≤ d ≤ 40 mm	> 80 mm	≤ 40 mm	≥ 80 mm		
Diele					30–50 mm	≳ 80 mm
Latte	(A ≤ 32 cm²)	≤ 80 mm	≤ 40 mm	< 80 mm		
Leiste					3 .. < 16 mm	< 80 mm
Furnier					< 3 mm	≳ 80 mm
Furnierstreifen					< 3 mm	< 80 mm

Schnitte

Je nachdem, wie das Rundholz bei der Verarbeitung von Holzstämmen gespalten (im Sägewerk geschnitten oder auch beschlagen) wird, benennt man verschiedene Querschnitte. Dabei gilt:

- in je mehr Teile der Stammquerschnitt gespalten wird, desto weniger verwinden sich die Hölzer und desto weniger reißen sie (weil geringere Ausschnitte geringere innere Spannungen aufbauen)
- in je weniger Teile gespalten wird, desto leistungsfähiger in Bezug auf Schub/Zug/Biegung bzw. Bruch ist das Holz (weil die originale Faserstruktur des Baumes erhalten ist).

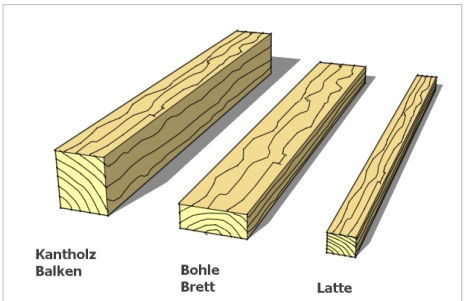
Welches die höhere Qualität ist, kommt auf die Verwendung an. Aus diesem Grund ist aber gutes Starkholz begehrt, weil sich nur aus diesem starkformatiges Schnittholz hoher Sortierklasse gewinnen lässt.

säumig, vollkantig und geschwartet

- *vollkantig* nennt man Schnittholz, das saubere Schnittkanten hat
- *säumig* oder *baumkantig* nennt man Schnittholz, das noch Teile der Rundung zeigt, man spricht von *Waldsaum* oder *Waldkante*
- *geschwartet* nennt man den Stamm, nachdem eine Außenrundung auf einem Teil des Umfangs entfernt wurde, den Abschnitt nennt man *Schwarte*, er ist recht wertlos

Daneben unterscheidet man bei Kernholz noch *vollkantig-splintfrei* - hier ist die Kante auch frei vom minderwertigeren, außenliegenden Splint.

Schnittarten



Verschiedene Schnittarten:
Links: Viertelholz, Mitte: Halbholz, Rechts: Rahmenholz

- *Ganzholz:* der volle Querschnitt genutzt, vollkantig oder baumkantig, auch splintfrei – Ganzholz ist annähernd quadratisch bis zum Querschnitt der größten Tragfähigkeit (1:√2 ≈ 1:1,4) und ist hauptsächlich für Balken oder starkes Kantholz üblich - schwaches Ganzholz nennt man *einstielig*
- *Halbholz:* in zwei Teile kerngetrennt – für Balken, Bohlen und anderes Kantholz, übliches Format liegt zwischen 5:7 bis 5:10 (1:2), früher begehrt im Zimmerhandwerk, weil es den besten Kompromiss zwischen Stabilität, Ruhe und Preis darstellt, heute ersetzbar (Leimbinder)
- *Kreuzholz* oder *Viertelholz:* Viertelung - von Kreuzholz spricht man nur, wenn das so hergestellte Schnittholz eine Querschnittsfläche von mehr als 32 cm² hat (also stärker als eine Holzlatte ist) – Standard in der Zimmerei, Mindestanforderung für Tischlerware
- *Rahmen:* mindestens 6 Stück kerngetrennt aus einem Rundholz erzeugt, ebenfalls stärker als Latte

Die ersten drei Schnittarten fasst man als *Verbandholz* zusammen, wenn es in die Zimmerei geht, feinere Unterteilungen als *Schnittware*.

Daneben gibt (und insbesondere gab) es noch zahlreiche weitere Schnittarten:

- *Brettschnitt/Dielenschnitt* oder *Gatterschnitt:* Zerlegen des Stammes in etliche Bretter oder Dielen, entweder direkt gegattert, und dann einzeln gesäumt, das gibt die höhere Ausbeute, oder der Baum beidseitig geschwartet, und dann zerlegt, der heute übliche, schnellere Weg
- *Herzdielenschnitt:* Hier wird eine Diele direkt aus dem Kern, oder zwei Dielen am Kern geschnitten, die ein erstklassiges Holz für den Riemenboden (Schiffboden) abgeben, weil sie stehende Jahresringe haben; der Rest des Baums wird gegattert

Normen und Standards

- DIN 4074-1 (2003-06) *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz.*
- DIN 4074-5 (2003-06) *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 5: Laubschnittholz.*

  ist auch als ÖNORM DIN 4074-x für Österreich verbindlich
- DIN 68252-1 *Begriffe für Schnittholz, Form und Maße.*

Wirtschaftliche Bedeutung

Mehr als die Hälfte des in Deutschland geschlagenen Waldholzes wandert in die Sägeindustrie [1] . Die wichtigsten Branchen für die Nutzung von Schnittholz sind die Bau- und Möbelindustrie. Hauptabsatzmärkte für den Einsatz von Holzprodukten im Baubereich (Hochbau) stellen die Segmente Neubau (Holzgebäude), Modernisierung (Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden) und der Innenraumbereich (Fußböden) dar. Aus dem Schnittholz werden in erster Linie Holzhäuser, Dachstühle, Fenster und Türen sowie Fußböden (Dielen, Parkett oder Laminat) hergestellt. 2003 lag der Verbrauch an Schnittholz im Hochbau bei ca. 13 Mio. m3 [2]

Literatur

- Theodor Krauth, Franz Sales Meyer (Hrsg.): *Die Bau- und Kunstzimmerei.* E. A. Seemann, Leipzig 1895; Reprint Th. Schäfer, Hannover 1981, ISBN 3-88746-004-9, Kapitel III. *Die Behandlung und Bearbeitung des Holzes.* S. 64–75

Referenzen

[1] Mantau/Sörgel 2007: Holzverbrauchsentwicklung

[2] FNR [Fachagentur nachwachsende Rohstoffe] (2006): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe; Gülzow

Schüttdämmstoff

Schüttdämmstoffe sind trockene, lose und kleinkörnige Baustoffe, die zur Wärme- und/oder Schalldämmung in Hohlräume wie Decken, Dächer, Fußböden und Wände geschüttet werden. Vor allem bei der Verwendung im Altbau dienen sie auch zum Höhenausgleich unebener Unterbauten für Fußböden. Einige Schüttdämmstoffe können auch als Einblasdämmstoffe verwendet werden.

Eigenschaften und Anwendungsbereiche

Zur Wärme- und Schalldämmung von Gebäudeteilen verwendete Trockenschüttungen werden vorwiegend in Holzbalkendecken, unter Estrichplatten und für das Verfüllen schwer zugänglicher Hohlräume eingesetzt. Sie werden lose geschüttet oder verdichtet, bei nicht begehbaren Dachböden werden sie auch als freiliegender Dämmstoff zwischen Bindern und Balken eingesetzt. Ausgleichsschüttungen können unebene Rohfußböden und alte Dielenböden nivellieren und dämmen. Druckbelastbare Schüttungen dienen als Unterlage für Trockenestriche.

Dämmstoffarten

Für die Wärmedämmung kommen Naturdämmstoffe ebenso in Frage wie mineralische Produkte. Unter den Naturdämstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen werden unter anderem geblähtes oder ungeblähtes Korkschrot (Korkgranulat), Flocken aus Wiesengras-Zellulose oder aus Altpapier, Hanfschüttungen, Miscanthus-Dämmschüttungen und Roggengranulat eingesetzt. Unter den mineralischen Schüttdämstoffen stehen unter anderem Blähperlite, Mineralfasergranulat oder Blähton in Frage, letzterer benötigt jedoch aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit die drei- bis vierfache Dämmstärke leistungsfähigerer Dämmstoffe.

Literatur

Die Informationen in diesem Artikel entstammen im Wesentlichen folgender Literatur:

- Gottfried Haefele, Wolfgang Oed, Ludwig Sabel, 2008: Hauserneuerung. ökobuch-Verlag, Staufen, 10. Aufl., S. 60-61 ISBN 978-3-936896-37-4

Schwarzlauge

Schwarzlauge (Kochlauge) ist ein energie- und ligninreiches Nebenprodukt bei der Zelluloseherstellung nach dem Sulfatverfahren in der Papierindustrie. Sie entsteht bei der Trennung des Lignins vom Zellstoff, der dann die Papierfasern bildet.

Probe im Erlenmeyerkolben

Zusammensetzung und Mengenanteil

Schwarzlauge ist ein Gemisch aus dem nach der Zellstoffabtrennung zurückbleibenden Lignin, Wasser und Chemikalien, die für die Extraktion benutzt werden. Der Trockenmassegehalt beträgt etwa 15%, bezogen auf die Trockensubstanz entspricht die Menge der anfallenden Schwarzlauge in etwa der Masse der produzierten Zellulose.[1]

Verfahren

Sobald die Holzfasern abgetrennt sind, wird die verbleibende Schwarzlauge in der so genannten Laugenlinie bis zu einem Trockengehalt von 75 Prozent konzentriert. Im Rückgewinnungskessel wird die eingedickte Schwarzlauge (also im Wesentlichen deren energiereicher Ligninanteil) verbrannt, um die Chemikalien zu reduzieren und Strom zu erzeugen. Die auf dem Kesselboden gebildete Schmelze fließt über Rinnen in den Schmelzlösebehälter. Durch Zugabe verdünnter Weißlauge entsteht Grünlauge, diese wird in der Kaustizieranlage zu Weißlauge umgesetzt und kann dann erneut für den Faseraufschluss eingesetzt werden. Bis zu 99 Prozent der Chemikalien können auf diese Weise wiederverwendet werden.[2]

Ein Problem des Verfahrens ist bisher der Schwefelgehalt der Schwarzlauge: Schwefel greift nicht nur die technische Ausrüstung an, er wird auch in die Atmosphäre abgegeben und dort in schädliches Schwefeldioxid umgewandelt. Inzwischen sind Zerfaserungsprozesse möglich, bei denen die anfallende Schwarzlauge schwefelfrei ist.[3]

Nutzung

Die Verbrennung der Schwarzlauge in der Zellstoffproduktion dient der Erzeugung von Strom und Prozesswärme, die einen erheblichen Teil des Energiebedarfs in der Zellstoff- und Papierproduktion decken. Die Stromerzeugung aus Schwarzlauge kann unter bestimmten Voraussetzungen nach den Erneuerbare-Energien-Gesetzes zu festgelegten, erhöhten Preisen an die Energieversorgungsunternehmen abgegeben werden. Zudem wird so die Weißlauge zurückgewonnen, die für den Aufschluss der Zellulose aus Holzfasern Verwendung findet.

Möglich ist auch die Produktion von Biowasserstoff aus Schwarzlauge mit unterschiedlichen Verfahren (Vergasung und Dampfreformation oder Umsetzung in überkritischem Wasser). Aus Schwarzlauge kann auch Biogas hergestellt werden, das eine Alternative zu fossilen Brennstoffen darstellt. Der Biokraftstoff Dimethylether wird in Schweden versuchsweise aus der ligninhaltigen Masse gewonnen[4] . In Deutschland laufen Versuche zur Gewinnung und Reinigung von Lignin aus Schwarzlauge, um daraus Biowerkstoffe (Duromere und Naturfaser-Verbundwerkstoffe) herzustellen[5] .

Referenzen

[1] Daniela Thrän, Frank Scholwin, Ina Körner: Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle. In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.), 2009: Energie aus Biomasse. 2. Auflage, Springer Verlag, S.166. ISBN 9783540850946

[2] Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal GmbH: die Lagenlinie. (http://www.zpr.de/site/index.php?mod=showsites&s_id=7&u_id=11) Abgerufen am 7.7.2009

[3] Innovations-Report: grüner Strom aus Schwarzlauge. (http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie_elektrotechnik/bericht-36678.htmlPapierindustrie:) Nachricht vom 23.11.2004, abgerufen am 7.7.2009.

[4] ORF: Schwarzlauge als neuer Bio-Treibstoff (http://science.orf.at/science/news/133083)

[5] Forschungsverbund Biopolymere - Biokunststoffe zur stofflichen Verwertung von Biomasse. (Projektbeschreibung Teil 2a (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?id=911&tabelle=fnr_projekte &alles=1&status=Inhalt&fkz=22025908&suche=Schwarzlauge&suchefkz=Nummer eingeben!&sucheadresse=Namen eingeben!&von=01.04.1992&bis=07.07.2009&zeitraum=formular&minz=0&maxz=2&anzahl=10&zurueck=1) und 2a (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?id=911&tabelle=fnr_projekte &alles=1&status=Inhalt&fkz=22025808&suche=Schwarzlauge&suchefkz=Nummer eingeben!&sucheadresse=Namen eingeben!&von=01.04.1992&bis=07.07.2009&zeitraum=formular&minz=0&maxz=2&anzahl=10&zurueck=1Teil))

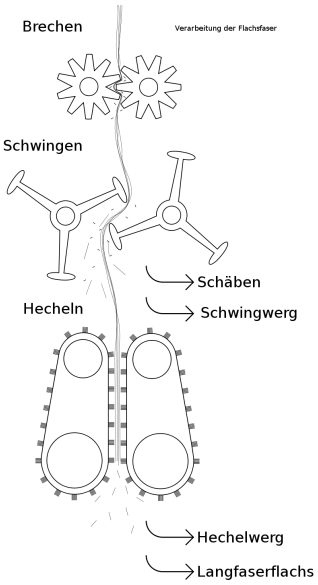
Schwingen (Faserpflanzen)

Das **Schwingen** ist ein wichtiger Bestandteil der Naturfaserverarbeitung zur Reinigung der Fasern von Holzresten (Schäben) nach dem Brechen.

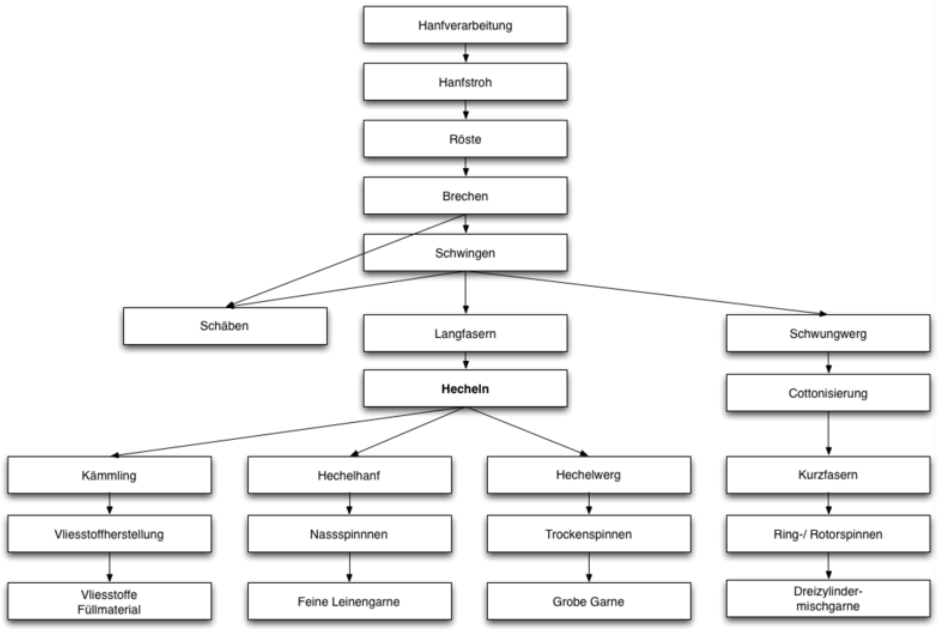
Technik

Einfache Schwingen bestanden aus einem aufrecht stehenden Brett mit einem Fuß. Der Schwinger nahm mit der linken Hand eine Handvoll Flachs und legte ihn auf die Oberkante des Brettes, so dass die halbe Länge des Flachses an der vorderen Seite des Brettes frei herabhing. Mit der rechten Hand führte er das Schwingholz, ein flaches, am Rande etwas angeschärftes Brett, und schlug dann die Reste der holzigen Teile heraus. Daneben kamen auch Schwingmaschinen zum Einsatz bei denen mehrere Messer mit elastischen Stielen radial auf einer Drehachse sitzen und an einem Schwingstock, über dem das Faserbündel gehalten wird, vorüberstreichen[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. Hierbei kommen sogenannte Schwingturbinen zum Einsatz[2] .



Moderne Verarbeitung der Flachsfaser schematisch: Brechen, Schwingen, Hecheln



Schwingen als Schritt bei der textilen Aufbereitung von Hanffasern

Referenzen

[1] Meyers Großes Konversationslexikon, Band 6: *Flachs*, Leipzig 1906, S. 647-651.

[2] AVK (Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. (Hrsg.) 2005: *Handbuch Faserverbundwerkstoffe - Grundlagen, Verarbeitung, Anwendungen*, 3. Auflage, ISBN 978-3-8348-0881-3.

Seegräser

Seegräser
Seegras
Systematik
Unterabteilung: Samenpflanzen (Spermatophytina) *Klasse:* Bedecktsamer (Magnoliopsida) Monokotyledonen *Ordnung:* Froschlöffelartige (Alismatales) *Familie:* Seegrasgewächse (Zosteraceae) *Gattung:* Seegräser
Wissenschaftlicher Name
Zostera
Dumort.

Die Pflanzengattung ***Zostera*** gehört zur Familie der Seegrasgewächse (Zosteraceae) und umfasst mehrere untergetaucht lebende Arten der **Seegräser** in den Meeren. Sie können bis zu einer Tiefe von 15 m wachsen und umfassen einige der wenigen submersen Blütenpflanzen. Der Name *Zostera* ist dem Griechischen „zoster“ angelehnt, was so viel wie „Gürtel“ bedeutet und an die flachen bandförmigen Blätter erinnern soll. Weltweit gibt es etwa zwölf Arten, die allesamt nur in den Meeren vorkommen und zumeist in Seegraswiesen wachsen.

Beschreibung

Seegräser sind grasartige, untergetaucht lebende (submerse) Meerespflanzen. Sie wurzeln im Meeresgrund und besitzen ein Rhizom. Sie besitzen linealische Blätter.

Die Blüten besitzen keine Blütenhülle oder Deckblätter und sind in zwei Reihen auf je einer Seite einer flachgedrückten Ährenachse (der Spadix) angeordnet und zur Blütezeit in eine Blütenscheide (die Spatha) eingeschlossen. Wahrscheinlich enthält jede Blüte sowohl ein Staub- als auch ein Fruchtblatt. Die Bestäubung erfolgt über das Wasser mit Fadenpollen. Seegräser bilden kleine Nussfrüchte aus, die zylindrisch geformt sind und einen zweispaltigen Griffel an der Spitze aufweisen.

Illustration Links (A): Zwerg-Seegras (*Zostera noltii*).

Illustration Gewöhnliches Seegras (*Zostera marina*).

Arten

Weltweit sind nach Kew fünf gültig beschriebene Arten bekannt[1] :

- *Zostera angustifolia* (Hornem.) Rchb.
- *Zostera asiatica* Miki
- *Zostera caespitosa* Miki
- *Zostera caulescens* Miki
- Gewöhnliches Seegras (*Zostera marina* L.)

Nutzung

Da Seegras - gemeinsam mit Algen und anderen Pflanzenresten - an den Stränden der Nord- und Ostsee eine als Treibsel eine große Menge Biomasse darstellt, gibt es verschiedene Nutzungskonzepte. An europäischen Tourismusstränden angelandetes Seegras wird bisher aufgesammelt und entweder auf Deponien entsorgt oder gelegentlich auf Feldern als Dünger untergepflügt.

Gewöhnliches Seegras, als Treibgut angespült.

Stoffliche Nutzung

Getrocknetes Seegras fand früher Verwendung als Polstermaterial für Sofas und dgl., Matratzen und als Verpackungsmaterial (allerdings wurde auch die ähnlich genutzte Zittergras-Segge als „Seegras“ bezeichnet). In der heutigen „klassischen Polsterung“ hat die Palmfaser (Afrique) das Seegras ersetzt.

Neben Produkten wie Katzenstreu und Erosionsschutzmatten zeigte sich Seegras als effizienter ökologischer Dämmstoff, der sowohl als Matte wie auch als Schüttung verarbeitet werden kann [2] . Mittlerweile ist Seegras vom Deutschen Institut für Bautechnik als Dämmstoff anerkannt[3] . Seegrasdämmungen weisen als Schüttung einen WLG-Wert von 045 auf, speichern Wärme sehr gut (Wärmekapazität 2.0 kJ/(kg x K)), haben relativ gute Entfeuchtungseigenschaften und sind von Natur aus schwer entflammbar [4] . 1997 wurde im Amt Klützer Winkel das Projekt „Entsorgung durch Verwertung“ gegründet, das Nutzungsmöglichkeiten des Abraums erschließen sollte.[5] In Deutschland wurden auf dieser Grundlage bis 2006/2007 Seegrasdämmatten hergestellt, die Produktion wurde allerdings mittlerweile eingestellt.

Untersuchungen zur Nutzung von Seegras als Zusatzstoffe für Kosmetika, Wellnessanwendungen, Produkten für die Ernährungswirtschaft und Arzneimittel befinden sich ebenfalls in der Planung.[6]

Energetische Nutzung

Auch als Biogassubstrat ist Seegras gemeinsam mit Algen grundsätzlich nutzbar. Problematisch sind hierbei allerdings der geringe Biogasertrag von 8 bis 20 m^3 aus einer Tonne Algen-Seegras-Gemisch sowie der mit bis zu 50 Prozent sehr hohe Sandanteil an den Aufsammlungen.[6] In einem Langzeitversuch der Hanseatische Umwelt GmbH wurden die Gäreigenschaften des Algen-Seegras-Gemischs sowie weiterer Landschaftspflegebiomasse der Küstenregion untersucht, eine Pilotanlage ist für 2010 geplant.[7]

Quellen und weiterführende Informationen

Literatur

- Heywood: *Blütenpflanzen der Welt* Birkhäuser Verlag., Basel 1993, ISBN 3764313056.

Referenzen

[1] Royal Botanic Gardens, Kew - Homepage, abgerufen am 16. September 2006 (http://www.kew.org/wcsp/qsearch.do)

[2] Produktvorstellung auf der Website des Projektes (http://www.life-seegras.de/inhalt.seegras.html), Zugriff am 19.11.2007

[3] Georg Conradi: *Seegrasdämmung: Eine Alternative zu Alternativen Dämmstoffen* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3816769160, S. 73-76

[4] Werte und Beispielrechnungen auf der Website des Projektes (http://www.life-seegras.de/inhalt.berechnung.html), Zugriff am 19.11.2007

[5] Projektvorstellung auf der Website des Projektes (http://www.life-seegras.de/inhalt.projekt.htm), Zugriff am 19.11.2007

[6] *Wie Algen verstromt werden.* (http://www.gutshaus-rederank.de/hanse/pdf-dateien/Artikel_Financial_Times_091102.pdf) Financial Times Deutschland, 19. Oktober 2009.

[7] *Projektbeschreibung „Energetische Verwertung von Landschaftspflegematerial - Reet, Schilf, etc. - Herkunft Elbe- Weserufer, sowie Nordsee“* (http://www.gutshaus-rederank.de/hanse/pdf-dateien/PB_15.10.09_o._A.pdf)*, Stand 10. Oktober 2009.*

Seide

Seide ist eine feine Textilfaser, die aus den Kokons der Seidenraupe, der Larve des Seidenspinners, gewonnen wird. Sie ist die einzige in der Natur vorkommende textile Endlos-Faser. Sie kommt ursprünglich vermutlich aus China und war eine wichtige Handelsware, die über die Seidenstraße nach Europa transportiert wurde. Neben China, wo auch heute noch der Hauptanteil produziert wird, sind Japan und Indien weitere wichtige Erzeugerländer, in denen der Seidenbau betrieben wird.

Das zugehörige Adjektiv ist **seiden**.

Frauen „schlagen“ Seide (Huizong, China, 12. Jh.)

Geschichte

Seidenraupenkokons in Khotan

Kokons

Seidentuch/ Foulard im klassischen Équipagestil

Schon die alte Indus-Zivilisation (etwa 2800 bis 1800 v. Chr.)[1] und das alte China kannte die Seide. Durch genaue Untersuchungen der Seidenstruktur von archäologischen Funden wurde festgestellt, dass man zur Seidenproduktion im Indus-Gebiet den Echten Spinner der Gattung *Antheraea* benutzte. Chinesische Seide dagegen stammte einzig von dem domestizierten Seidenspinner (*Bombyx mori*).[2] Der Ursprung letzterer liegt etwa im 3. Jahrtausend v. Chr. und ist eher von Legenden umrankt, als dass es genaue Jahreszahlen gäbe. Der Sage nach soll in China der legendäre Kaiser Fu Xi (etwa um 3000 v. Chr.) als erster auf den Gedanken gekommen sein, Seidenraupen zur Herstellung von Gewändern zu nutzen. Fu Xi gilt auch als Erfinder eines mit Seidenfäden bespannten Saiteninstruments. Die Sage nennt noch einen weiteren berühmten Kaiser: Shennong(*Gott des Ackerbaus*, etwa 3000 v. Chr.) soll das Volk gelehrt haben, Maulbeerbäume und Hanf anzubauen, um Seide und Hanfleinen zu gewinnen. Xiling, die Gattin des *Gelben Kaisers* Huáng Dì, hat angeblich im 3. Jahrtausend v. Chr. dem Volk die Nutzung von Kokons und Seide zur Herstellung von Kleidungsstücken beigebracht.

Ein Fernhandel mit chinesischer Seide existierte schon zu Beginn der Zeitrechnung. Laut dem Römer Plinius dem Älteren (etwa 23 bis 79 n. Chr.), der auch die Seidenraupen beschreibt, verdankt der antike Mittelmeerraum die Herstellung der Koischen Seide einer gewissen Pamphilia von Kos.[3] Diese Seide wurde jedoch zunehmend durch feinere und dünnere chinesische Seide verdrängt. Der römische Satiredichter Juvenal klagte im Jahre 110 n. Chr., dass die römischen Frauen so verwöhnt seien, dass sie mittlerweile sogar die feine Seide als zu rau empfänden. Die chinesische Seide gelangte über mehrere Handelsstationen nach Rom. Chinesische Händler brachten die Seide zu den Häfen von Sri Lanka, wo indische Händler sie aufkauften. Arabische und griechische Händler kauften Seide an der südwestlichen Küste des indischen Halbkontinents ein. Der nächste Umschlagsplatz war die Inselgruppe Sokotra im nordwestlichen Indischen Ozean. Von dort aus wurde die Seide in der Regel bis zu dem antiken ägyptischen Rotmeerhafen Berenike gebracht.[4] Kamelkarawanen transportierten sie anschließend weiter bis zum Nil, wo die Fracht erneut mit Schiffen bis nach Alexandria gelangte. Hier kauften sie überwiegend römische Händler auf, die die Seide schließlich in das Gebiet des heutigen Italien importierten.[5] Charakteristisch für diesen Fernhandel war, dass chinesische Händler selten westlich von Sri Lanka in Erscheinung traten, indische Händler nur den Zwischenhandel bis zum Roten Meer übernahmen und römische Händler sich auf den Handel zwischen Alexandria und dem römischen Reich begrenzten. Griechische Händler hatten dagegen den größten Anteil an diesen Transaktionen und handelten Seide von Indien bis an die italienische Küste. Es dauerte ungefähr 18 Monate, bis Seide vom Süden Chinas die Häfen entlang der italienischen Küste erreichte.[6] Ein Handel über die Seidenstraße setzte erst im 2.

Die einst vier wichtigsten Schmetterlinge für die Seidenerzeugung, aus Meyers Konversations-Lexikon (1885-1892)

Jahrhundert n. Chr. ein. Diese Handelsroute war deutlich komplexer und der genaue Weg verschob sich entsprechend den jeweiligen politischen Verhältnissen. Typische Umschlagsplätze der Seide waren Samarkand (heutiges Usbekistan), Isfahan (heutiger Iran) und Herat (heutiges Afghanistan). Während beim Seehandel griechische Händler eine große Rolle spielten, dominierten jüdische, armenische und syrische Zwischenhändler den Handel über den Landweg.[7]

Den Chinesen war es bei Todesstrafe verboten, die Raupen oder ihre Eier außer Landes zu bringen. Um das Jahr 555 herum gelang es jedoch angeblich zwei persischen Mönchen, einige Eier zum oströmischen Kaiser Justinian I. nach Konstantinopel zu schmuggeln. Mit diesen Eiern und dem Wissen, welches sie bei ihrem Aufenthalt in China über die Aufzucht von Seidenspinnern erworben hatten, war jetzt auch außerhalb Chinas eine Produktion von Seide möglich. In Europa etablierten sich eine Reihe Regionen als Zentren der Seidenproduktion und der Seidenfärberei. Die norditalienische Stadt Lucca verdankte ihren Einfluss und ihre Macht im 13. Jahrhundert beispielsweise ihrer Seidenindustrie. Insbesondere die Farbenpracht, in der Luccaer Färber diese Seide färben konnte, galt in Europa als unübertroffen. Politische Unruhen zu Beginn des 14. Jahrhunderts führten dazu, dass sich Luccaer Textilhandwerker in Venedig niederließen und es dadurch zu einem Know How-Transfer kam, der langfristig mit dazu beitrug, dass Lucca zu einer unbedeutenden Provinzstadt wurde.[8]

Vom 17. bis 19. Jahrhundert hatte Krefeld eine bedeutende Seidenindustrie. Zu den berühmtesten Kunden gehörten der französische Kaiser Napoleon und der preußische König Friedrich II. Im Jahr 1828 kam es im Rahmen der wachsenden Unzufriedenheit der deutschen Weber auch in Krefeld zu Aufständen der Seidenweber. Sie protestierten gegen die Lohnkürzungen der Firma von der Leyen.

Herstellung

(siehe Artikel Seidenbau und Seidenspinner)

Da die meisten Seidenraupen sich von den Blättern des Maulbeerbaumes ernähren, wird von *Maulbeerseide* gesprochen. Es gibt aber auch Seidenraupen, wie z. B. die des Japanischen Eichenseidenspinners (Antheraea yamamai), die sich von Eichenblättern ernähren. Um Qualitätsseide zu erhalten, müssen Seidenraupen unter besonderen Bedingungen aufgezogen werden.

Die Raupen verpuppen sich, wobei sie die Seide in speziellen Drüsen im Maul produzieren und in großen Schlaufen in bis zu 300.000 Windungen um sich herum legen. Sie werden mithilfe von Heißwasser oder Wasserdampf vor dem Schlüpfen abgetötet, um zu verhindern, dass die Kokons zerrissen werden. Danach wird der Seidenfaden des Kokons in einem Stück abgewickelt. Weber nennen dies *Abhaspeln*. Der Faden ist sehr lang und lässt sich zu glatten Textiloberflächen verarbeiten. Um 250 g Seidenfaden zu erhalten, werden um die 3000 Kokons, das entspricht etwa 1 kg, benötigt. Um die Seide vom Seidenleim (Sericin, auch *Seidenbast*) zu befreien, der auch Träger der gelben und anderen Färbungen ist, wird sie in Seifenwasser gekocht und erscheint rein weiß. Diesen Vorgang nennt man Entschälen oder Degummieren. Die Seidenfäden werden durch das Kochen dünner, geschmeidiger und glänzender. Anschließend wird die Seide häufig noch chemisch weiter veredelt. Durch das Entfernen des Seidenleims wird der Faden leichter, das wird teilweise durch das Hinzufügen von Metallsalzen (meist Zinnverbindungen) ausgeglichen. Durch Schwefeldampf wird die Seide gebleicht. Mehrere Seidenfäden werden miteinander verzwirnt. Durch unterschiedliches Verzwirnen entstehen Schuss- und Kettfäden. Typische Gewebearten bei Weiterverarbeitung der Seide sind Chiffon, Satin und Taft.

Durch unterschiedliche Webverfahren entstehen verschiedene Seidenqualitäten. Die *Habotai-Seide* zeichnet sich durch eine feine, glatte Webstruktur aus. Sie eignet sich gut für die Seidenmalerei, da ihr Gewebe fließendweich ist. *Crepe de Chine* ist eine in der Mode oft verwendete Seidenstoffart, weil sie weich und glänzend fällt. Den Kreppcharakter erhält das Gewebe durch die unterschiedlich gedrehten Kett- und Schussfäden. *Crepe-Georgette-Seide* ist ein zartes, durchscheinendes Gewebe. Der elegante Stoff ist ein dünnes Kreppgewebe mit Taftbindung und hat eine raue Oberfläche.

Wildseide (*Dupionseide*), wie z.B. die *Tussahseide*, wird aus den Kokons bereits geschlüpfter Schmetterlinge gewonnen. Bei Schlüpfung hinterlassen sie ein Loch, was den Faden zu mehreren Teilen zerreißt. Bei Verwebung werden die Fäden verdickt, wodurch die charakteristischen unregelmäßig-noppigen Textiloberflächen entstehen.

21 Tage alte Seidenspinnerraupen auf Maulbeerblättern

Kokonsortierung in einer chinesischen Seidenfabrik

Entschälen und Verzwirnen

Verweben von Seide auf einem Webstuhl

Verschiedene Seide-Qualitäten

- Bouretteseide (Grobspinnverfahren aus kurzen Faserstücken)
- Chappe- oder Schappeseide (aus Seidenabfällen)
- Dupionseide (typische Unregelmäßigkeiten der Fäden)
- Fagaraseide (Seide des Atlasspinners)
- Haspelseide (von abgewickelten Endlosfäden)
- Maulbeerseide (Seide des Maulbeerspinners)
- Noileseide
- Soupleseide (durch Seifenlauge teilweise entbastet)
- Tussahseide (Seide des Japanischer Eichenseidenspinners)
- Wildseide (von verschiedenen Seidenspinnern)

Die Qualität der Seide hängt unter anderem von ihrem Gewicht ab. Eine Momme (altasiatische Maßeinheit) beträgt ca. 4,306 g pro m². Die Seide wird häufig mit der Bezeichnung Pongé angeboten. Einer Momme entspricht eine Pongé.

Unter *Chappe* versteht man alle bei der Herstellung der Seide abfallenden, geringwertigen Seiden, die wieder unter sich verschiedenen Wert haben (Abfälle der Filanda vom Abhaspeln der Seide von den Kokons: Struse, Strusini, Abfälle der Zwirnerei). Die gereinigten Abfälle werden in der Chappespinnerei zu Chappegarn versponnen. Von den eigentlichen Seidengarnen unterscheidet sich dieses durch die etwas rauhe, faserige Oberfläche. Sie wird zuweilen auch *Strazza* genannt. [9]

Aufbau und Eigenschaften

Da Seide aus dem Eiweiß Fibroin besteht, kann sie als natürliche Polyamid-Faser bezeichnet werden. Die sich wiederholende Folge der Aminosäuren lautet Gly-Ser-Gly-Ala-Gly-Ala, so dass sich folgende Strukturformel ergibt:

Aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und des besonderen, nahezu dreieckigen Querschnitts der Faser unterscheiden sich ihre Eigenschaften etwas von denen synthetischer Polyamidfasern.

Seide zeichnet sich durch ihren Glanz und ihre hohe Festigkeit aus und wirkt isolierend gegen Kälte und Wärme. Sie kann bis zu einem Drittel ihres Gewichtes an Wasser einlagern. Seide neigt wenig zum Knittern. Auf Seidenstoffen werden besonders brillante Farben erzielt. Empfindlich ist Seide gegenüber hohen Temperaturen, Abrieb und Wasserflecken.

Zusammensetzung von Seide

Neben dem Hauptbestandteil Seidenfilament sind in Seide weitere Anteile enthalten.[10]

Bestandteil	Anteil
Seidenfilamente (schwefelfreies, hochpolymerisches Eiweiß)	70 - 80%
Seidenbast	20 - 30%
Wachsbestandteile	0,4 - 0,8%
Kohlenhydrate	1,2 - 1,6 %
Naturfarbstoffe	0,2 %
weitere organische Bestandteile	0,7 %

Physikalische Daten entbasteter Seide

Eigenschaft	
Dichte	1,25 g/cm³
Faserdicke	12-25 µm
Reißlänge	50 km
Zugfestigkeit	350 MPa
Dehnung	24 %
Elastizitätsmodul	die höchste aller Naturfaserstoffe
Feuchtigkeitsaufnahme	<30 % des Eigengewichts
Naßfestigkeit	ca 85 % der Trockenfestigkeit

Pflege

Aufgrund der Wasserempfindlichkeit müssen Seidenstoffe vorsichtig mit der Hand (unter Verwendung spezieller Seidenshampoos oder milder Seifen) gewaschen werden. Eine chemische Reinigung ist möglich. Wichtig ist es, alle Seifenrückstände zu entfernen. Dazu kann ein Teelöffel Weinessig dem Wasser zugefügt werden. Seide darf nicht ausgewrungen werden, da sie gerade im nassen Zustand formempfindlich ist. Gebügelt wird von links bei mittlerer Temperatur. Die Seide sollte dabei noch leicht feucht sein. Eine Chlorbleiche und eine Tumblertrocknung ist nicht möglich. Seide ist sonnenempfindlich, die Farben verblassen und die Seide vergilbt. Daher ist direkte und starke Sonneneinwirkung bei Seide zu vermeiden.

Sprachgebrauch

Da Seide ein teurer und nur in höheren Ständen gebräuchlicher Kleidungsstoff war, bezeichnete das Adjektiv **halbseiden** eine Frau, die sich, ohne dazu zu gehören, zum Beispiel als Kokotte in diesen Kreisen bewegte. Halbseidene Klöße oder Knödel sind Kartoffelklöße mit einem Gehalt an Kartoffelstärke von bis zu einem Drittel. Bei einem höheren Stärkegehalt sehen sie seidenglänzend aus und werden auch als Seidene Klöße bzw. Knödel bezeichnet.

Eine gebräuchliche Redensart ist:

- „*Samt und Seide*“ (von Menschen: soviel wie „sanftmütig und kostbar“)
  - (ironisch:) „*Ein Kerl wie Samt und Seide, nur schade, dass er suff.*“

Erwähnenswertes

Einer der Gründe für den militärischen Erfolg der Mongolen war das Tragen von Seidenkleidung als Schutz. Diese konnte im Zusammenspiel mit Leder und leichten Eisenelementen von Pfeilen nur schwer durchdrungen werden und bildete somit eine leichte und funktionelle Rüstung.

Nicht nur Seidenraupen produzieren Seide, sondern auch Muscheln. Die sogenannte Muschelseide wird ebenfalls zu Textilien verarbeitet und galt früher als ausgesprochenes Statussymbol.

Siehe auch

- Kunstseide
- Kaschmirwolle
- Pashmina
- Grogram

Weblinks

- Geschichte und Pflegehinweise [11]
- Die wichtigsten Seidenarten [12] (PDF-Datei)
- Yong-Woo Lee, Food and Agriculture Organization of the United Nations: *Silk reeling and testing manual* Food & Agriculture Organization of the UN ([[Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation|FAO [13]]), 1999, ISBN 92-5-104293-4] Appendix: Illustrationen zur Seidenherstellung (englisch).

Referenzen

[1] http://www3.interscience.wiley.com/journal/121646748/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0 I. L. Good et al.: *New Evidence for early silk in the indus civilization*, Archaeometry, published online: 21 Jan 2009

[2] http://www.nature.com/news/2009/090218/full/457945a.html Philip Ball: *Rethinking silk's origins, Did the Indian subcontinent start spinning without Chinese know-how?* Nature, published online, 17 Feb. 2009; DOI: 10.1038/457945a.

[3] Plinius: *Naturalis historia* 11, 26, vgl. *Silk in the Ancient Rome* (http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/secondary/SMIGRA*/Sericum.html).

[4] William Bernstein: *A Splendid Exchange – How Trade shaped the World*, Atlantic Books, London 2009, ISBN 978-1-84354-803-4, S. 2.

[5] William Bernstein: *A Splendid Exchange – How Trade shaped the World*, Atlantic Books, London 2009, ISBN 978-1-84354-803-4, S. 2 und S. 4.

[6] William Bernstein: *A Splendid Exchange – How Trade shaped the World*, Atlantic Books, London 2009, ISBN 978-1-84354-803-4, S. 4.

[7] William Bernstein: *A Splendid Exchange – How Trade shaped the World*, Atlantic Books, London 2009, ISBN 978-1-84354-803-4, S. 4 und S. 5.

[8] 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. 5 und S. 6.

[9] Rothenschild's *Taschenbuch für Kaufleute*, Verlag G.A. Gloeckner, Leipzig, 1902.

[10] Quelle: (http://www.spinnhuette.de/spinnhuette/cp/redaktion_l.html)

[11] http://www.fashionfreak.de/vol03/editorials/editorial_10.html
[12] http://www.thesilkhouse.eu/download/de/theSilkHouse%20-%20Seidenarten.pdf
[13] http://www.fao.org/docrep/x2099e/x2099e14.htm

Seidenbau

Unter **Seidenbau** oder **Serikultur** versteht man den gesamten Prozess der Seidenproduktion mit seinen Bestandteilen Seidenraupenzucht, Anbau und Pflege der Maulbeerkulturen und Verarbeiten der Kokons zu Rohseide.

21 Tage alte Seidenspinnerraupen auf Maulbeerblättern

Geschichte

(siehe Artikel Seide)

Der Seidenbau hat seinen Ursprung in China, wo Seide bereits um 2800 v. Chr. produziert worden sein soll. Heute ist China der weltgrößte Produzent von Rohseide. Die größte Bedeutung unter den seidenspinnenden Insekten kommt dem Echten Seidenspinner (*Bombyx mori* L.) zu. 95 % der Naturseide werden von diesem gewonnen. Als Seide werden die Fasern aus der Mittelschicht des Kokons der Larven von *Bombyx mori* L. bezeichnet.

Kokoonsortierung in einer chinesischen Seidenfabrik

Raupenzucht

(siehe auch Artikel Seidenspinner)

Nahrung

Die Seidenraupen sind monophag und fressen ausschließlich Blätter der Maulbeerbäume (*Morus alba* und andere Varietäten). Am Beginn der Seidenproduktion steht zunächst der Anbau der Maulbeerkultur. Verschiedene Arten des Maulbeerbaums findet man auf allen Kontinenten. Die in den Tropen vorkommenden immergrünen Arten sind relativ schnell wachsend. Die Stecklinge neuer Kulturen werden in der Regenzeit gesetzt. Meist findet man Maulbeerpflanzungen in Monokultur, es gibt aber auch die Möglichkeit der Mischkultur zum Beispiel mit Hülsenfrüchtlern oder Mais. Für die Seidenraupenproduktion ist es notwendig, die Bäume, die eine Höhe von 20–25 m erreichen können, auf Strauchhöhe zu halten. Die Blatterträge der unterschiedlichen Arten des Maulbeerbaums weisen, je nach Standortbedingungen, Sorte und Produktionssystem, eine Spanne von 5 – 30 t/ha * Jahr auf.

Entschälen, Abhaspeln und Verzwirnen der Seidenfäden

Entwicklung

Der Seidenspinner gehört zur Insektengruppe mit vollständiger Metamorphose. Der Lebenszyklus des Seidenspinners, der, je nach Rasse und dem Einfluss von Umweltfaktoren, ungefähr sechs bis acht Wochen dauert, weist vier verschiedene Stadien auf: Ei, Larve (Raupe), Puppe und Imago. Die Eier werden von speziellen Zuchttieren des Seidenspinners gewonnen.

Das Gewicht der frisch geschlüpften Raupen beträgt nicht mehr als 0,45 mg. Aufgrund ihrer enormen Gewichtszunahme um das 10.000-fache, muss die chitinisierte Körperdecke viermal abgeworfen und erneuert werden. Die Zeitperiode zwischen dem Schlüpfen der Raupe bis zur ersten Häutung bzw. zwischen den einzelnen Häutungen wird als Instar (Larvenstadium) bezeichnet. Mit dem Ende des fünften Instars macht die gefüllte Seidendrüse etwa 40% des Gesamtkörpergewichts aus, die Raupe ist nun *spinnreif*.

Spinnen des Kokons

In zwei Drüsen am Unterkiefer der Raupe wird das Protein Fibroin gebildet. Diese beiden Fibroinstränge werden durch Serizin (Seidenleim) verbunden, welches von zwei weiteren Drüsen am Unterkiefer gebildet wird. Anschließend wird der Seidenfaden aus der Spinndrüse am Ende des Kopfes herausgedrückt. Mit diesem fortlaufenden Faden bildet die Raupe dann den Kokon, indem sie ihren Kopf von Seite zu Seite bewegt. Der Kokon erhärtet, wenn das Serizin mit der Luft reagiert. Anschließend findet die Verpuppung statt.

Rohseide nach dem Verzwirnen

Verweben von Seide auf einem Webstuhl

Gewinnung der Rohseide

Die Gewinnung der Rohseide setzt sich aus verschiedenen Arbeitsgängen, wie dem Ernten der Kokons, Abtöten der Puppen durch Hitze, Trocknen, Entflocken, Sortieren und Kochen der Kokons zum Aufweichen des Serizins und dem Abhaspeln (Aufwickeln der Seidenfäden) zusammen.

Es werden jeweils acht bis zehn Kokonfilamente zusammengehaspelt, die anschließend einen einzigen Seidenfaden bilden. Einzelne Kokonfilamente weisen eine Länge von etwa 800 m auf. Für die Produktion von einem Kilo Rohseide werden durchschnittlich 10 bis 11 Kilo Kokons benötigt.

Ertrag und Nebenprodukte

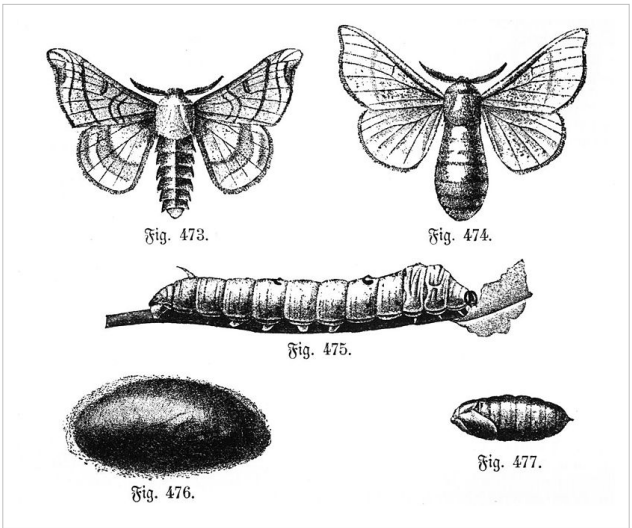
Je nach Rasse haben 100 Seidenraupen in ihrer Lebenszeit 180 – 450 kg Maulbeerblätter gefressen. Da Seidenraupen monophag sind, ist es möglich, den Kokonertrag auf die Fläche zu beziehen. Dieser ist jedoch abhängig von der Seidenraupenrasse, dem Blattertrag des Maulbeerbaums, der Anzahl der Blatternten, den Aufzuchtszyklen der Seidenraupen je Jahr, der genutzten Eimenge und dem Ertrag je Eibox. Unter günstigen Bedingungen sind in den Tropen bei ganzjährigem Wachstum und Gedeihen der Maulbeerbäume bis zu zehn Aufzuchtszyklen möglich.

Bei der Seidenproduktion entstehen große Mengen an Abfall- und Nebenprodukten mit sehr guten Nährstoffgehalten. Diese können in integrierten Produktionssystemen wie beispielsweise der Tierfütterung genutzt werden.

Weblinks

- Yong-Woo Lee, Food and Agriculture Organization of the United Nations: *Silk reeling and testing manual* Food & Agriculture Organization of the UN ([[Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation|FAO [13]]), 1999, ISBN 92-5-104293-4] Appendix: Illustrationen zur Seidenherstellung (englisch).

Seidenspinner

Seidenspinner
 Seidenspinner *(Bombyx mori)*: Männchen, Weibchen, Raupe, Kokon, Puppe
Systematik
Klasse: Insekten (Insecta) *Ordnung:* Schmetterlinge (Lepidoptera) *Familie:* Echte Spinner (Bombycidae) *Gattung:* *Bombyx* *Art:* Seidenspinner
Wissenschaftlicher Name
Bombyx mori
(Linnaeus, 1758)

Der **Seidenspinner** oder **Maulbeerspinner** *(Bombyx mori)* ist ein ursprünglich in China beheimateter Schmetterling aus der Familie der Echten Spinner (Bombycidae).

Der Mensch nutzte schon früh die Fähigkeiten der Raupen des Seidenspinners, der **Seidenraupen**, zur Erzeugung von Seide. Durch die Verbeitung der Seidenherstellung (Seidenbau) wurde er heute auch außerhalb seines ursprünglichen Lebensraumes verbreitet, unter anderem in Europa.

Seidenspinner

Der Seidenspinner ist 32–38 mm breit, mehl-weiß oder perlgrau, besitzt blass gelbbraune Querstreifen auf den Flügeln und schwärzlich gekämmte Fühler (Antennen).

Die Paarung der Schmetterlinge dauert sechs bis acht Stunden. Danach legt das Weibchen in wenigen Tagen zirka 400 Eier und stirbt anschließend. Die zunächst gelben Eier werden bald dunkler und schließlich grau. Sie sind dann oval, flach gedrückt, 1 bis 1,5 Millimeter lang und schiefergrau gefärbt, wobei die Farbe zum Teil ins Bläuliche, Violette oder Grünliche spielt. Unbefruchtete Eier bleiben gelb und trocknen aus. Aus den befruchteten Eiern schlüpfen nach dem Überwintern die Seidenraupen.

Als Seidenspinner werden auch verschiedene andere Schmetterlingsarten bezeichnet, die ebenfalls zur Gewinnung von Seide genutzt werden. Darunter etwa der Ailanthusspinner (*Samia cynthia*), welcher sich von den Blättern des Götterbaumes (*Ailanthus altissima*) ernährt.

1 Maulbeerspinner (*Bombyx mori*) nebst Raupe, Gespinst u. Eiern.
2 Südamerikanischer Seidenspinner (*Saturnia cecropia*).
3 Chinesischer Seidenspinner (*Saturnia pernyi*)
4 Ailanthusspinner (*Saturnia cynthia*).

Seidenraupen

Die Seidenraupe ist die Larve des Seidenspinners. Die Raupe wird nach der ersten Häutung perlgrau, teils ins Bräunliche, teils ins Gelbliche neigend. Einige Formen sind schwärzlichgrau oder samtschwarz oder am ganzen Körper dunkel quergestreift. Das elfte Körpersegment besitzt auf der Rückenseite einen Hautzapfen (Sporn), und vom Kopf bis zu diesem Zapfen verläuft ein bläulichgraues Band, dem Rückengefäß oder Herzen entsprechend. Auf der Rückenseite des dritten und achten Ringes finden sich zwei halbmondförmige Flecke, welche aber bei einigen Rassen fehlen.

Die Seidenraupe häutet sich viermal, und 30 bis 35 Tage nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei ist sie spinnreif. Die Spinndrüsen der Raupe bestehen aus einem vielfach gewundenen Schlauch, dessen hinterer Teil das aus Proteinen bestehende Seidensubstanz absondert. Das Seidenmaterial wird durch dünne Ausführungsgänge zu der im Kopf gelegenen Spinnwarze und von dort aus dem Körper geleitet. Die aus der Spinnwarze austretende Substanz erhärtet an der Luft sofort zu einem Faden. Indem die Raupe beim Austreten des Materials gezielte Kopfbewegungen macht, legt sie Fadenwindung für Fadenwindung um sich herum. Nach dem anfänglichen Ausstoß einer unregelmäßigen, lockeren Fasermasse, der sogenannten *Wattseide*, ist sie in kurzer Zeit von einem dichten Seidengespinst, dem Kokon, eingeschlossen. Dieser Kokon besteht aus einem einzigen bis zu 900 m langen Faden. Der Kokon ist länglich-oval, bei den einheimischen Rassen strohgelb, bei den japanischen Rassen grünlich, bei den Weißspinnern weiß. Acht Tage nach dem Einspinnen verpuppt sich die Seidenraupe, nach weiteren acht Tagen schlüpft der Schmetterling, wobei er den Kokon durch eine bräunliche Flüssigkeit an einer Stelle auflöst.

Krankheiten

Die Seidenraupe ist recht anfällig gegen parasitäre Erkrankungen (wohl eine Folge der langen Domestikation):

- Flecksucht (Pébrine-Krankheit, Nosemose), hervorgerufen durch die Mikrosporidie *Nosema bombycis*;
- Kalksucht, hervorgerufen durch den Schimmelpilz *Botrytis bassiana* (oder *Beauveria bassiana*);
- Gelbsucht (Polyederkrankheit, Borreliose), hervorgerufen durch die Borrelie *Borrelina bombycis*;
- Schlaffsucht (Flacherie[1], ungeklärte Ursache).

Außerdem sind verschiedene Insekten (hauptsächlich Käfer und Falter) als Seidenraupenschädlinge bekannt.

Seidengewinnung

(siehe Artikel Serikultur und Seide)

Rohseide

Der Mensch macht sich die Fähigkeit der Seidenraupe für die Erzeugung von Seidengarn zunutze. Um das Garn zu gewinnen, werden die Puppen etwa am zehnten Tag nach Fertigstellung des Kokons mit kochendem Wasser oder heißem Dampf getötet. Der Spinnfaden wird vorsichtig abgewickelt und vor der Weiterverarbeitung in der Seidenweberei sorgfältig gereinigt

Erzeugerländer

Die Raupen werden zur Gewinnung von Seide in China, Kambodscha, Japan, Indien, Südeuropa und seit den 1950er Jahren durch japanische Einwanderer in Brasilien gezüchtet. Brasilien ist heute dank der industriellen Produktion und hervorragender klimatischer Bedingungen das bedeutendste Erzeugerland für Seide. Durch Kreuzungen erhält man bei den Seidenfäden unterschiedliche Farben, z. B. goldgelbe und andere Nuancen. Die Raupen ernähren sich ausschließlich von den Blättern der Maulbeerbäume, die für ihre Zucht kultiviert und auch nach Europa importiert wurden.

Seidenspinner-Eier

Seidenspinner-Raupe, 7 Tage alt

Seidenspinner-Raupen, 21 Tage alt auf Maulbeerblättern

Seidenspinner-Raupe, 30 Tage alt

Seidenspinner-Kokon

Leere Kokons aus der Raupen-Aufzucht

Die Entwicklungsstadien der Seidenspinner

Trivia

Die britische Elektro-Pop-Gruppe *The Human League* widmete dem Todeskampf der Seidenraupenpuppe 1978 den Song *Being Boiled*. Der Anfang lautet, ins Deutsche übersetzt, in etwa: „Hört auf Buddhas Stimme, die sagt: Hört auf mit der Seidenraupenzucht! Kleine Leute (gemeint sind die Seidenraupenpuppen), wie euer eigener Nachwuchs, werden lebendig gekocht für irgend jemandes Socken“.

Wissenschaftliche Bedeutung

Der Seidenspinner *Bombyx mori* war Forschungsobjekt der Zoologen Peter Karlson und Martin Lüscher. 1959 entdeckten sie dessen Sexuallockstoff Bombykol und prägten als erste den Begriff des Pheromons. Das Genom des Seidenspinners wurde 2004 sequenziert.[2]

Quellen

Literatur

- Friedrich Haberlandt: *Der Seidenspinner des Maulbeerbaumes, seine Aufzucht und seine Krankheiten*. Gerold, Wien 1871 (Neuausgabe, hrsg. v. Esther von Krosig: VDM, Saarbrücken 2007, ISBN 978-3-8364-1729-7)
- Friedrich Haberlandt: *Kurze Anleitung zur Aufzucht der gemeinen Seidenraupe*. Görz 1871 (Digitalisat [3])

Weblinks

- www.payer.de [4]
- www.schmetterling-raupe.de [5]

Referenzen

[1] Meyers Konversations-Lexikon von 1888 (http://peter-hug.ch/lexikon/14_0827)

[2] Mita K, Kasahara M, Sasaki S, *et al.*: *The genome sequence of silkworm, Bombyx mori*. In: *DNA Res.*. 11, Nr. 1, February 2004, S. 27–35. doi: 10.1093/dnares/11.1.27 (http://dx.doi.org/10.1093/dnares/11.1.27). PMID 15141943.

[3] http://www.dlib.si/documents/knjige/iz_nemscine_prevedeno_leposlovje/pdf/URN_NBN_SI_doc-ZGJT9SXS.pdf

[4] http://www.payer.de/entwicklung/entw089.htm

[5] http://www.schmetterling-raupe.de/art/mori.htm

Seife

Handgefertigte Seife

Seifen sind Reinigungsmittel, die vor allem zur Körper-, und in gewissem Maß auch zur Oberflächenreinigung verwendet werden. Chemisch sind Seifen Natrium- oder Kalium-Salze von Fettsäuren, die aus pflanzlichen und tierischen Fetten gewonnen werden. Als Tenside besitzen sie einen hydrophilen und einem hydrophoben Anteil und können hydrophobe Substanzen wasserlöslich machen. Ihre Bedeutung als Waschmittel für Textilien haben sie verloren, da sie in härterem Wasser Kalkseifen bilden.

Geschichte der Seife

Erste Hinweise auf Seifenherstellung finden sich bei den Sumerern. Sie erkannten, dass Pflanzenasche (al-quali, der Ursprung des Wortes alkalisch) (enthält Pottasche) vermengt mit Ölen besondere Eigenschaften hat, und schufen die Basis einer Seifenrezeptur. Sie übersahen dabei jedoch den reinigenden Effekt des alkalischen Gemisches und verwendeten sie als Heilmittel für Verletzungen. Das ägyptische Volk sowie die Griechen übernahmen die Anleitung zur chemischen Herstellung, wobei die reinigende Wirkung der Seife erst von den Römern festgestellt wurde. Im Rom des Altertums wusch man sich ursprünglich mit Bimsstein; noch um die Zeitenwende war die Anwendung von Seife als verweichlichend verschrien.

Araber verkochten dann im 7. Jahrhundert erstmals Öl und Lauge miteinander und schufen somit die Seife in ihrer heute bekannten Form. Rasch breitete sich dieses Wissen über Europa aus. Frankreich und Spanien gehörten später zu den Zentren der Seifenherstellung weltweit.

Schaufensterdekoration

traditionelle *Savon de Marseille*, eine Art Kernseife

Hygiene und Körperpflege waren wichtige Themen. Im Mittelalter war der Besuch des Badhauses sehr beliebt und die Körperreinigung war besser, als gemeinhin angenommen. Erst der Ausbruch von Pest und Cholera führte dazu, dass das Waschen mit Wasser eingestellt wurde. Da die Übertragungswege unbekannt waren, war man der Meinung, das Badewasser öffne den Körper für die Erreger. Dass es an den dreckigen Straßen und Rinnsalen vor den Häusern sowie den Ratten lag, erkannte man nicht. Die Trockenreinigung fand ihre Anwendung. Adelskreise verwendeten statt Wasser und Seife [Puder]] und Parfüm. Krankheitserreger, sowie Läuse und Flöhe als Überträger, konnten sich ungehindert ausbreiten. Bis ins 17. Jahrhundert vertraten Ärzte in Europa die Meinung, dass Wasser und Luft dem Körper schade. Kleidung diente als Schutz vor diesen schädlichen Elementen. Auch das Einpudern erfüllte den Zweck, den Körper nach außen hin abzuschließen. Unterwäsche saugte den Körperschweiß auf und man dachte, der Körper würde so gereinigt.

Im 17. Jahrhundert verhalf der französische König Ludwig XIV. der Seife zu neuer Blüte, indem er die besten Seifensieder nach Versailles holte. Er war es auch, der 1688 das noch heute bekannte Reinheitsgebot für Seife erließ. Demzufolge galt eine Seife als besonders hochwertig, wenn sie mindestens 72 % reines Öl enthielt. Dem Franzosen Nicolas Leblanc (1742–1806) gelang es erstmals im Jahr 1790, größere Mengen Soda, das die zuvor verwendete Pottasche ersetzen kann, künstlich herzustellen. 1865 entwickelte der Belgier Ernest Solvay ein neues Verfahren, das das Leblanc-Verfahren ablöste. So war genügend Soda für die Seifenherstellung vorhanden und Seife wurde zu einem bezahlbaren Produkt. Der Körper konnte nun regelmäßig mit Seife gewaschen und von unangenehmen Gerüchen befreit werden.

Die traditionelle Seifenherstellung hat in Marseille bis heute Bestand (*Savon de Marseille*).

Seifenherstellung

Seifen werden in der Regel aus pflanzlichen oder tierischen Fetten hergestellt. Hauptsächlich werden Kokosfett, Olivenöl, Palmöl und tierische Fette wie Talg, Schmalz oder Knochenfett, die bei der Tierverwertung anfallen, verwendet.

Seifenherstellung aus Schafsfett

Seifen sind ein Produkt der Zerlegung dieser Fette. Die chemische Reaktion wird Verseifung genannt. Dazu werden Fette mit einer Lauge (wie Natronlauge oder Kalilauge, früher auch Pottasche oder Soda) gekocht. Man nennt dieses Verfahren *Seifensieden* oder Verseifung. Die Fette werden dabei in Glycerin und in die Alkalisalze der Fettsäuren (die eigentliche Seife) zerlegt. Diese zähflüssige Emulsion wird *Seifenleim* genannt und mit Kochsalz versetzt. Dabei trennt sich die Emulsion (Aussalzen) in den aufschwimmenden *Seifenkern*, der hauptsächlich die Natriumsalze der Fettsäure und in *Unterlauge*, die hauptsächlich überschüssige Lauge, Glycerin und das gelöste Kochsalz enthält. Der Seifenkern wird von der Unterlauge getrennt und mit reichlich Wasser und etwas Lauge aufgekocht, um die restlichen Verunreinigungen herauszulösen. Erneute Aussalzung führt dann zu der *Kernseife*. Das Produkt wird dann getrocknet und in die entsprechende Form gepresst. Seifen variieren auch durch anschließendes Hinzufügen von z. B. ätherischen Ölen oder Farbstoffen.

Seifenmodel

Die Konsistenz eines Seifenproduktes hängt von der Kettenlänge der freigesetzten Fettsäuren ab. Langkettige Fettsäuren, wie Stearinsäure oder Palmitinsäure führen eher zu einer festeren Konsistenz. Entscheidend ist jedoch, ob sich Kalium- oder Natriumsalze der Fettsäuren bilden. Wird aus dem Seifenleim durch Zusatz von Natriumchlorid der Seifenkern gewonnen, bildet sich tendenziell eine festere Seife, die *Kernseife*. Wird hingegen mit Kalilaugen und Kaliumsalzen gearbeitet, bilden sich Kaliumsalze der Fettsäuren, die weich bis schmierig und hygroskopisch sind. Man erhält *Schmierseifen*.

Waschwirkung der Seife

Seifen sind eine Mischung verschiedener, längerkettigen Alkalisalze der Fettsäuren und zählen zu den Tensiden, genauer zu den anionischen Tensiden. Die Seifenmoleküle verdanken ihre Eigenschaften der Tatsache, dass sie aus einer langen, wasserabweisenden (hydrophoben) Kohlenwasserstoffkette und einem wasseranziehenden (hydrophilen) Teil, der sogenannten Carboxylatgruppe ($-COO^-$) bestehen. Seifen lösen sich nicht richtig in Wasser, sondern bilden sogenannte Mizellen. In reinem Wasser sind die Mizellen (Abb. 1) sehr klein und nicht zu sehen. Im Inneren dieser kleinsten „Tröpfchen“ befinden sich die langen, unpolaren Kohlenwasserstoffketten, während die polaren Enden in das Wasser hinausragen. Durch die Ladungen, die auf den Enden sitzen, wird ein Zusammenballen der Mizellen verhindert.

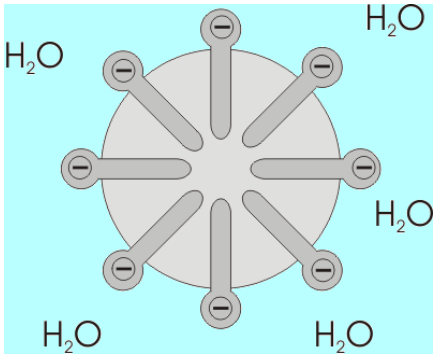


Abb. 1: Mizelle einer Seifenlösung

Seifen senken die Oberflächenspannung (allgemeiner: Grenzflächenspannung) von Wasser, da sie sich auch an der Wasseroberfläche anordnen (Abb. 2). Durch diesen Benetzungseffekt kann das Wasser deutlich intensiver mit Oberflächen in Kontakt kommen, wodurch sich die eigentliche Reinigungswirkung der Seife und des Wassers an unzugänglichen Stellen erst entfalten kann.

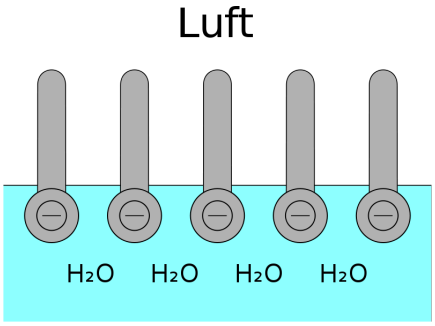


Abb. 2: Seife an der Wasseroberfläche

Das „Lösen von Fett“ (Öl, Staub, Schmutz) von der zu reinigenden Fläche und die Abführung dieser über das Waschwasser ist die eigentliche reinigende Wirkung der Seifen. Die langen Kohlenwasserstoffketten der Seifenmoleküle lösen sich leicht in kleinen Fetttropfen (Abb. 3). Die polaren Enden ragen jedoch in das umgebende Wasser hinaus. Der Fetttropfen wird von den Seifenmolekülen schließlich vollständig umhüllt und von der zu reinigenden Fläche abgelöst. Die Vielzahl der so mit Seifenmolekülen ummantelten Fett- und Öltropfen bildet im Wasser eine sogenannte Emulsion, die am Ende des Waschvorganges durch Abspülen mit frischem Wasser abgeführt werden kann.

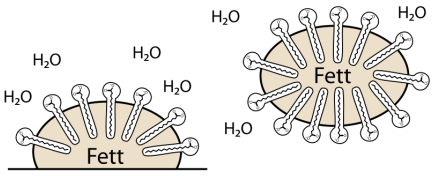


Abb. 3: Seifenmoleküle an einem Fetttropfen

In Leitungswasser können regional erhöhte Konzentrationen an Calcium- und Magnesiumionen gegeben sein. Sie machen dieses Wasser „hart“ und blockieren die polaren Enden der Seife. Es bilden sich im Wasser unlösliche Kalkseifen ohne Waschwirkung.

Seifensorten

Leimseife

Leimseifen (Seifenleim) sind homogene Massen, bei denen nach der Verseifung das Glycerin nicht abgetrennt wird und somit im Produkt enthalten bleibt. Als Leimseifen werden gelegentlich kaltgesiedete Seife angeboten. Dabei werden die Fette und die Lauge bei 40 °C verseift und die Masse unmittelbar danach in ein Behältnis gegossen. Es werden viele hausgemachte Leimseifen angeboten.

Diverse Seifen in Seifenschalen

Kernseife

Kernseifen sind feste Seifen und bestehen in der Regel aus den Natriumsalzen von Fettsäuren. Sie werden durch das Aussalzen des Seifenleims gewonnen, wobei das Glycerin abgetrennt wird. Kernseifen sind die meisten handelsüblichen Körperseifen, also auch die Feinseifen. Im Handel werden vor allem billigere, unparfümierte Seifen „Kernseifen“ genannt, welche besonders für das Waschen oder Filzen verwendet werden.

Schmierseife

Schmierseifen sind flüssige oder halbfeste Seifen, die aus preiswerten Fetten oder Ölen durch Verseifen mit Kalilauge hergestellt werden. Sie sind somit ein Gemisch von Kalium-Salzen von höheren Fettsäuren. Sie werden auch *Flüssigseife* oder historisch *Fassseife* genannt. Als Flüssigkeiten lassen sie sich leicht zu Wasser hinzufügen und zu Reinigungszwecken z. B. im Haushalt verwenden. Die Bildung von Kalkseifen ist hier besonders nachteilig, da relativ kleine Seifenmengen mit relativ viel und möglicherweise hartem Wasser versetzt werden.

Feinseife

Feinseifen, oder auch *Toilettenseifen* sind in der Regel Zubereitungen auf der Basis von reinen, geruchsneutralen Kernseifen und werden hauptsächlich zum Waschen der Hände verwendet. Sie sind mit pflegenden Zusätzen, etwa Lanolin (Wollwachs), sowie Parfümen und Farbstoffen versetzt. Manchmal werden auch Leimseifen als Feinseifen angeboten.

Rückfettende Seifen

In Werbung und Verkauf hört man häufig von sogenannten *rückfettenden Seifen*. Diese Seifen sollen angeblich beim normalen Waschvorgang – der zur Entfettung der Haut führt – wieder „rückfettend“ wirken, also Fette an die Haut zurückgeben. Dazu werden bei den *Feinseifen* (Hauptbestandteil: Kernseife) oft Fette hinzugefügt, oder bei den so genannten *kaltgesiedeten Seifen* bei der Verseifung ein Überschuss von Fetten eingesetzt, so dass nicht sämtliche Fette verseifen, aber die ganze Lauge aufgebraucht wird.

Die rückfettende Wirkung ist jedoch zweifelhaft, da diese Fette bereits komplett in Seife gebunden sind und sich mit dem Waschwasser wegspülen lassen. Die angeblich „rückfettende“ Wirkung ist eher ein subjektives Gefühl, die eine Seife mit Fettzusatz milder erscheinen lässt, da die Seife nicht mehr zu hundert Prozent waschaktiv sein kann. Je mehr Fett die Seife bereits gebunden hat, desto weniger aggressiv wirkt sie auf die natürlichen Körperfette der Haut.

Glycerinseife

Glycerinseife ist eine Seife, die einen hohen Glycerinbestandteil hat. Sie ist trübe bis glasig durchsichtig. Sie ist auch einfach zu schmelzen (wie viele Wachse) und wird deshalb auch als Bastelseife gebraucht.

Papierseife

Papierseife ist hauchdünn geschnittene Feinseife. Die Stücke sind so portioniert, dass sie sich zügig auflösen.

Rasierseife

Rasierseife wird mit einem hohen Anteil Stearinsäure gefertigt, damit der Schaum cremig wird und stabil bleibt. Zusätzlich wird nicht nur mit Natronlauge, sondern auch mit Kalilauge verseift. Hierdurch wird die Rasierseife geschmeidiger und lässt sich besser anschäumen.

Gallseife

Eine weitere Seife ist die *Gallseife*, die bei der Vermengung von Seife mit Rindergalle entsteht. Sie enthält unter anderem als Emulgator fungierende Gallensäuren und dient vor allem der Entfernung organischer Verschmutzungen.

Arztseife und antibakterielle Seife

Die so genannten *Arztseifen* sind Seifen mit angeblich hautschonenden Zusammensetzungen. „Arztseife“ ist nicht unbedingt desinfizierend. Häufig werden auch reine Glycerinseifen als Arztseifen angeboten. Einige Seifen enthalten bakterienhemmende Zusätze, wie z. B. Farnesol oder Triclosan. Untersuchungen der Universität von Michigan haben gezeigt, dass spezielle für den Hausgebrauch produzierte *antibakterielle Seifen* Keime nicht besser entfernen als herkömmliche Seife. Es besteht bei diesen Seifen das Risiko, dass die Wirkung der Zusätze nachlässt. Nicht untersucht wurden Seifen, welche im medizinischen Sektor verwendet werden und deutlich höhere Konzentrationen von antibakteriellen Mitteln enthalten.[1]

Benzinseife

Benzinseife ist ein Fleckenentferner auf Benzinbasis zum Entfernen organischer Verschmutzungen und zur Vorbehandlung bei Verschmutzung durch Schmieröl und -fette auf Textilien.

Moderne Flüssigseifen

Flüssigseifen finden Anwendung zum Händewaschen, mehr aber noch als Duschgel, Shampoo und Schaumbäder. Sie sind zwar aus den Schmierseifen hervorgegangen, haben jedoch völlig andere Inhaltsstoffe und andere Eigenschaften.

Metallseifen

Als Metallseifen werden Seifen von Erdalkali-, Leicht- und Schwermetallen wie Magnesium, Aluminium oder Cadmium bezeichnet. Während sie schlecht löslich in Wasser sind, lösen sie sich gut in organischen Lösungsmitteln wie Benzol. Sie haben meist kolloidale und grenzflächenaktive Eigenschaften. Nicht zu den Metallseifen werden die Seifen der Alkalimetalle gezählt.[2]

Vor- und Nachteile von Seifen

Die Verwendung von Seife als Waschmittel ist vor allem in den Industrieländern gering, da andere Tenside ihr Konkurrenz machen. Seifen in modernen Waschmitteln dienen kaum der Reinigung der Wäsche, sondern sollen durch Bildung von Kalkseifen starkes Schäumen verhindern.

Die Nachteile der Seife sind:

- Seife entfernt nicht nur vorhandenen Schmutz, sondern auch einen Teil des natürlichen Fettfilmes der Haut. Dies kann, besonders bei zu häufigem Waschen, zu rissiger, rauer Haut führen. Schutz davor bieten Seifen mit hohem Glyceringehalt (welches z. B. beim Kaltverseifen im Fertigprodukt bleibt).
- Seife reagiert in Wasser alkalisch, was den Stoff beschädigen kann:

$$\mathrm{RCOO^- + H_2O \longrightarrow RCOOH + OH^-}$$

- Seife bildet mit hartem Wasser auf festen Oberflächen einen weißlichen Niederschlag, die Kalkseife:

$$\mathrm{2\ RCOO^- + Ca^{2+} \longrightarrow (RCOO)_2Ca}$$

Vorteile von Seife gegenüber synthetischen Tensiden sind:

- gute biologische Abbaubarkeit
- reine Seifen (z. B. Olivenölseifen) sind für Allergiker geeignet, da Seife von natürlichen Fetten von den meisten Menschen vertragen wird. Synthetische Tenside können aber als Allergen wirken.

Physiologie des Waschens mit Seife

- Seife entfernt beim Waschen Talgstauungen, Puder- und Cremereste aus den Poren. Dadurch wird die Hautatmung normalisiert.
- Seife greift den Fettmantel der Haut an und löst ihn mehr oder weniger ab.
- Das Seifen-Alkali wirkt auf den Säuremantel der Haut. Diese Wirkung ist jedoch 30 Minuten nach dem Waschen wieder ausgeglichen.
- Seifenlösung bewirkt Quellung der Haut. Diese Quellwirkung ist bei gesunder Haut ohne Bedeutung, kann aber im kranken Zustand zum Austrocknen und zu Rissbildung führen.
- Seifen können Reizungen ausüben, wenn höhere Anteile an kurzkettigen, gesättigten Fettsäuren vorhanden sind. Allergische Hautreaktionen werden jedoch eher durch die verwendeten Parfumöle und Zusatzstoffe als durch die eigentliche Seife ausgelöst.

Seife und Erziehung

In der Kindererziehung vor allem des amerikanischen Kulturraumes fand die Seife bis in die jüngere Vergangenheit Verwendung: Um den Kindern den Gebrauch von Schimpf- und Fäkalwörtern abzugewöhnen, wurde deren Mund zur Strafe mit Seife, meist auf einen Lappen aufgetragen, ausgewaschen. Hiermit sollte die „Schmutzigkeit“ bestimmter Begriffe verdeutlicht werden. Der ekelerregende Geschmack sollte die Kinder darauf konditionieren, den Gebrauch dieser Worte zu vermeiden. Dies war aber eigentlich mehr eine Redewendung.

Versehentliche Ingestion von Seifen

Immer wieder kommt es vor, dass insbesondere Kleinkinder auch versehentlich feste oder flüssige Seifen verschlucken (v. a. aromatisierte Produkte). Die Toxizität der Seifen ist gering, jedoch schleimhautreizend, was heißt, dass sie neben dem unangenehmen Geschmack zu Brennen im Hals, Übelkeit, Würgen, Erbrechen, Blähungen oder auch einmal Bauchschmerzen führen können. Gelangen die Seifenprodukte in die Lunge führen sie zu Veränderungen der Oberflächenproteine in den Lungenbläschen und können Entzündungen und Gewebsveränderungen hervorrufen. Eine akzidentielle Aspiration (versehentliches Einatmen), v. a. bei schäumenden Seifen oder anschließendem Erbrechen, äußert sich üblicherweise in Hustenreiz und/oder Atemnot (gelegentlich auch einmal verspätet mit Atemnot, Fieber oder anderen pulmonalen Beschwerden (Lungenbeschwerden)). Um ein Aufschäumen der Seifen noch im Magen zu vermeiden und damit eine Aspiration, sollte möglichst bald nach Ingestion ein „Entschäumer“ (Dimeticon) eingenommen und stilles Wasser oder Tee nachgetrunken werden.

Filme über und mit Seife

- *Schaum und Duft* von NZZ Format [3]
- *Orientalische Seife. In Aleppo, Tripoli und Beirut.* Dokumentation, 45 Min., ein Film von Birgitta Ashoff, Produktion: SR, Erstsendung: 17. Januar 2007
- *Fight Club* von David Fincher, *"Tyler sold his soap to department stores at $20 a bar. Lord knows what they charged. It was beautiful. We were selling rich women their own fat asses back to them."*. [4]

Siehe auch

- Stahlseife
- Handwaschpaste

Referenzen

[1] n-tv.de, *Antibakterielle Seife - Nicht besser als andere*, 24. August 2007 (http://www.n-tv.de/843446.html)

[2] Wo. Ostwald, R. Riedel: *Beiträge zur Kolloidchemie der Metallseifen*, in: Colloid & Polymer Science, 1934, 69, 2, S.185-199

[3] NZZ Format: *Schaum und Duft* (http://www-x.nzz.ch/format/broadcasts/broad_431.html)

[4] IMDb: *Fight Club* (http://www.imdb.com/title/tt0137523/), 1999, abgerufen am 10. März 2010

Sekundärrohstoff

Sekundärrohstoffe sind Rohstoffe, die durch Aufarbeitung (Recycling) aus Abfällen gewonnen werden und als Ausgangsstoffe für neue Produkte dienen und sich dadurch vom primären Rohstoff unterscheiden.[1] Es handelt sich also um Rohstoffe, die in einer Kaskade zum wiederholten Mal genutzt werden. Sekundärbrennstoffe bzw. Ersatzbrennstoffe stellen eine Sonderform der Sekundärrohstoffe dar, bei der der entstehende Rohstoff der Verbrennung und damit der energetischen Endverwertung zugeführt wird. Nicht als Sekundärrohstoffe bezeichnet werden Nebenprodukte (Koppelnutzung).

Als Sekundärrohstoffe werden etwa gebrauchte Verpackungen aus Glas, Kunststoff, Aluminium, Weißblech und Verbundstoffen durch verschiedene Verwertungsverfahren wieder in den Produktionsprozess zurückgeführt. Im Bereich der Nutzung nachwachsender Rohstoffe betrifft dies vor allem die Bereichen Papier (Altpapier) und Holz (Altholz), für das Recycling von Biokunststoffen und naturfaserverstärkten Kunststoffen werden Konzepte entwickelt. Die Nutzung von Sekundärrohstoffen schont natürliche Ressourcen und leistet einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung.

Referenzen

[1] Stichwort *Sekundärrohstoff* In: Brockhaus Enzyklopädie online, abgerufen am 22. April 2009.

Silage

Silage oder **Gärfutter** ist durch Milchsäuregärung konserviertes hochwertiges Grünfutter für Nutztiere, wie vor allem Wiederkäuer und hier insbesondere Rinder, da diese durch die Fermentation im Pansen in der Lage sind, Struktur-Kohlenhydrate zu verdauen. Silierung eignet sich auch als Konservierungsmethode für nachwachsende Rohstoffe die als Energiequelle in Biogasanlagen dienen. Für diese Art der Konservierung sind grundsätzlich alle Grünfuttermittel geeignet, unter anderem Gras (Grassilage), Mais (Maissilage), Klee, Luzerne, Ackerbohnen, Getreide (Ganzpflanzensilage). Auch Nebenprodukte wie Biertreber und Rübenblätter können siliert werden.

Rinderfütterung mit Maissilage im Winter

Inhaltsstoffe

Anzustrebende Inhaltsstoffe für eine gute Silage für Milchvieh sind:

Frische Mais-Häcksel vor der Konservierung

	Grassilage	Maissilage
Trockensubstanz (TS)	30 – 40 %	28 – 35 %
Rohasche	< 10 %	< 4,5 %
Rohfaser	22 – 25 %	17 – 20 %
Stärke	keine	> 30 %
MJ Nettoenergie Laktation (NEL)/kg TS	> 6,2 (1. Schnitt), > 5,8 (Folgeschnitte)	> 6,4
Rohprotein	> 135 g/kg TS	< 100 g/kg TS

Mais hat den höchsten Energiegehalt aufgrund der Stärke gefolgt von reiner Grassilage. Luzerne oder Klee sind proteinreich und enthalten weniger Energie. Der Rohprotein- und Rohfasergehalt ist abhängig vom Wuchsstadium zum Erntezeitpunkt. Der Rohfasergehalt steigt mit dem Alter an, der Rohproteingehalt sinkt hingegen ab. Der Rohaschegehalt ist abhängig von der Verschmutzung der Silage mit Sand oder Schmutzpartikeln und lässt damit Rückschlüsse auf die Ernte zu. Der Trockensubstanzgehalt variiert zwischen 30% und 45% und beeinflusst die Silierung. Bei Grassilage ist er abhängig von der Trocknungsdauer auf der Wiese, bei Maissilage vom Erntetermin.

Verwendung als Viehfutter und Substrat für Biogasanlagen

In der Milchviehfütterung ist Maissilage neben Grassilage das am häufigsten verwendete Futtermittel. Vorteile gegenüber Heu sind die höhere Witterungsunabhängigkeit und Schlagkraft bei der Ernte sowie die geringeren Bröckelverluste. Um einen ausreichenden Proteingehalt der Futterration zu gewährleisten, wird in maisbetonten Futterrationen meist importiertes Sojaextraktionssschrot zugefüttert. Im ökologischen Landbau wird vorwiegend Kleegrassilage eingesetzt, da der Anbau vor Klee als Stickstoff liefernde Hülsenfrucht in Pflanzenbausystemen des ökologischen Landbaus vorteilhaft ist.

Silage mit hohen Rohfaser- und Eiweißgehalten eignet sich nur bedingt für den Einsatz in der Pferdefütterung, deshalb muss normales Heu zugefüttert werden. Geeigneter für die Pferdefütterung ist daher die später geerntete Heulage. In Gebieten mit einer hohen Bedeutung der Herstellung von Rohmilchkäse wird auf die Fütterung von Silage verzichtet, da die Hartkäseherstellung durch aus der Silage in die Milch übertragene Clostridien deutlich erschwert wird.

Silagen dienen in Biogasanlagen als energiereiches Substrat. Häufig wird Maissilage eingesetzt, da Mais einen hohen Ertrag an Trockenmasse pro Fläche ermöglicht. Zudem liefert Maissilage bei der Vergärung einen hohen Gasertrag. Aber auch andere Ganzpflanzensilagen gewinnen an Bedeutung. So wird versucht, durch Zweifruchtsysteme aus einer Winter- und einer Sommerkultur die Erträge pro Fläche und Jahr zu erhöhen. Als Winterfrucht dient z. B. Roggen, der als Grünroggen bereits deutlich vor dem Abreifen geerntet wird, um bei der anschließend angebauten Sommerfrucht, wie z. B. Mais, höhere Erträge zu erzielen. Auch Kombinationen mit Sonnenblume, Hirse und anderen Früchten sind denkbar, in der Praxis aber bisher kaum verbreitet. Vorteile der Alternativen zum Mais sind unter anderem die Möglichkeit zum Fruchtwechsel, die ausgewogenere Nährstoffversorgung der Mikroorganismen im Fermenter der Biogasanlage und eine höhere Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus in der Bevölkerung durch die größere Vielfalt der Ackerkulturen[1] . Die Konservierung dieser Ackerfrüchte erfolgt ebenfalls durch Silierung.

Ablauf der Silierung

Das Pflanzenmaterial wird verdichtet, luftdicht abgeschlossen und gelagert. Dabei werden pflanzeneigene Enzyme sowie aerobe und fakultativ anaerobe Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Schimmelpilze) unterdrückt. Die Milchsäurebakterien wandeln den Zucker in Säuren (vor allem Milchsäure) um und der pH-Wert fällt auf typischerweise 4,0 – 4,5 ab. Dadurch werden weitere gärschädliche Bakterien am Wachstum gehindert: Coli-Aeorogenes-Gruppe, Listerien und Clostridien.

Hemmende Faktoren

Eine zu hohe Pufferkapazität (zu hoher Gehalt an Protein, Ammoniak und basischen Aschebestandteilen) kann das Absenken des pH-Werts behindern. Ist der Trockensubstanzgehalt zu niedrig (< 30 %), ist auch die Nährstoffkonzentration zu gering und den Milchsäurebakterien stehen zu wenig Kohlenhydrate zur Verfügung. Lange Pflanzenteile (> 5 cm) und eine lange Befüllzeit (> 2 Tage) erhöhen die Luftzufuhr und begünstigen so die Atmung des Materials. Dadurch wird der Kohlenhydratanteil weiter reduziert.

Silierhilfsmittel

Silierhilfsmittel können die Qualität einer Silage verbessern, sie können aber keine Fehler ausgleichen. In Deutschland lässt die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) Silierhilfsmittel auf Wirksamkeit bei Silier- und Fütterungsversuchen prüfen. Sie teilt die Silierhilfsmittel in fünf Wirkungsrichtungen ein:

- Verbesserung der Vergärung
- Verbesserung der Haltbarkeit unter Lufteinfluss
- Reduzierung des Gärsaftablaufs
- Verbesserung der Futteraufnahme, Verdaulichkeit, Mastleistung oder Milchleistung
- Verhinderung der Vermehrung von Clostridien[2]

In der Regel kommen in Siliermitteln Bakterienkulturen zum Einsatz (sogenannte biologische Siliermittel). Daneben gibt es "chemische Siliermittel" auf Basis chemischer Verbindungen sowie Präparate, die Enzyme enthalten. Silierhilfsmittel gibt es in flüssiger und fester Form, wobei flüssige besser in das Material gemischt werden können, einfacher zu dosieren sind und bei Trockensubstanzgehalten >45 % ausschließlich eingesetzt werden sollten.

Silagequalität

Eine sinnliche Beurteilung erfolgt durch das Riechen und Sehen. Riecht die Silage nach Butter- oder Essigsäure oder verbrannt, ist die Gärung misslungen. Schimmel oder starke Verunreinigungen lassen sich optisch erkennen und beurteilen. Die Länge der Pflanzenteile lässt eine grobe Aussage auf die Strukturwirkung der Silage zu. Fehler bei der Silierung machen die Silage ungenießbar und bergen die Gefahr von Erkrankungen durch toxische Ausscheidungsprodukte von Bakterien (z. B. Botulismus) und Pilzen. Der „DLG-Schlüssel zur Bewertung von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung nach Weißbach und Honig 1997“ bietet konkrete Hinweise für eine grundlegende und umfassende Beurteilung. Aus einer solchen Untersuchung lassen sich nicht nur Hinweise zu Futteraufnahme, Konservierungsverlusten, hygienischer Futterbeschaffenheit sowie eventuellen Risiken für Milchqualität und Tiergesundheit ableiten. Im Zusammenhang mit der Futterwertanalyse sind auch Rückschlüsse auf eventuelle Fehler in Grünlandbewirtschaftung, Futterernte und Futterkonservierung sowie ihre Ursachen möglich.

Silierverlauf, Silagequalität und deren Beurteilung

In der Praxis wird noch oft die irrige Meinung vertreten, dass eine Untersuchung der Gärqualität unnötig ist, sofern neben der Futterwertanalyse auch der pH-Wert ermittelt wird. Nach dieser Meinung garantiert ein niedriger pH-Wert unter 4,6 bereits eine gute Gärqualität.

Es besteht in der Tat ein Zusammenhang zwischen pH-Wert und der Gärqualität. Allerdings unterliegt der pH-Wert innerhalb der einzelnen Gärqualitätsstufen erheblichen Schwankungsbreiten. Bei sehr guter Gärqualität variiert der pH-Wert zwischen 3,4 und 5,0, bei schlechter und sehr schlechter Gärqualität zwischen 4,6 und 6,9. Damit garantiert weder ein niedriger pH-Wert eine hohe Gärqualität, noch muss bei einem hohen pH-Wert eine geringe Gärqualität vorliegen.

Eine Ursache für pH-Wert-Schwankungen ist der Anwelkgrad. Je stärker das Siliergut angewelkt ist, desto weniger Säure wird gebildet und desto weniger stark sinkt der pH-Wert. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit für sehr gute Gärqualitäten bei 30 – 40 % Anwelkgrad am größten ist, besteht kein zwingender Zusammenhang zwischen Anwelkgrad und Gärqualität einer Silage. Alle Anwelkgrade von Nasssilagen bis zur Heulage kommen in allen Gärqualitätsstufen vor. Entsprechend variieren auch die pH-Werte relativ stark mit Überschneidungen in allen Gärqualitätsstufen.

Im Silierprozess wird im Siliergut enthaltener Zucker bzw. Stärke durch Bakterien vor allem in Milchsäure und kleinere Anteile Essigsäure umgewandelt. Wenn der Silierprozess nicht optimal verläuft, entsteht auch Buttersäure. Diese drei Säuren werden als Gärsäuren bezeichnet.

- Milchsäure riecht aromatisch und ist unter anderem das natürliche Konservierungsmittel von Sauerkraut und Silagen. Sie wird überwiegend durch homofermentative Milchsäurebakterien gebildet. Heterofermentative Milchsäurebakterien produzieren ebenfalls Milchsäure, jedoch in geringeren Mengen. Je nach Anwelkgrad werden Gärschädlinge wie Clostridien, Hefen und coliforme Bakterien unterhalb eines pH-Wertes von etwa 4,2 (Nassilagen) bis 5,1 (stark angewelkte Silage mit 50 % TM) so sehr gehemmt, dass die Silagen mit relativ hoher Sicherheit stabil sind (Weißbach 1968). Bei einem Anwelkgrad um 30 – 40 % kann der pH-Wert bis etwa 4,0 – 4,5 absinken. Dann stellen auch die Milchsäurebakterien ihre Arbeit ein. Aus diesem Grunde sind mit chemischen Mitteln konservierte Silagen nahezu bis gänzlich frei von Gärsäuren.
- Essigsäure ist von stechendem Geruch und findet unter anderem in der Küche Verwendung zum Konservieren und Verfeinern von Lebensmitteln. Sie durchdringt Zellwände von Mikroorganismen und denaturiert die Zellproteine. Aus diesem Grunde sind geringe Essigsäuregehalte in Silagen durchaus erwünscht.
- Buttersäure riecht stark nach Erbrochenem und reizt Augen und Atemwege. Buttersäurebakterien sind unter anderem im Pansen von Wiederkäuern oder dem menschlichen Dickdarm an der Verdauung von Cellulose beteiligt. Aufgrund ihres Geruches findet Buttersäure keine Verwendung in der Küche, jedoch liefern Buttersäureester Aromastoffe für die Lebensmittel- und Parfumindustrie. In Silagen ist Buttersäure unerwünscht.

Nassilagen neigen aufgrund der puffernden Wirkung des Wassers sowie geringer Zuckergehalte oft zu Essig- und Buttersäuregärung. Die pH-Wert-Absenkung ist in diesem Falle nicht so hoch wie bei der Milchsäuregärung. Zudem kann in diesen Silagen Milchsäure bakteriell in Essig- und Buttersäure überführt werden. Zu stark angewelktes Siliergut bietet, insbesondere bei unzureichender Verdichtung, gute Vermehrungsmöglichkeiten für Hefen. Diese stellen ihre Tätigkeit ein, sobald kein Sauerstoff im Silo mehr vorhanden ist. Die Milchsäurebakterien senken in diesen Silagen zwar den pH-Wert ab, jedoch ist bei Öffnen der Miete mit einem starken Wachstum der Hefen zu rechnen, außer man setzt homofermentative Milchsäurebakterien inklusive einer Hefehemmung zu. Äußerlich macht sich dieses durch Nacherwärmung bemerkbar. Warmes Siliergut bietet gute Lebensbedingungen für koliforme Keime, die Milchsäure in Buttersäure umwandeln, so den pH-Wert erhöhen und schließlich zum Verderb der Silage führen. Zudem sind die Stoffwechselprodukte insbesondere von Hefen und anderen Pilzen toxisch. Verfüttern derart geschädigter Silagen kann bei den Tieren zu Leistungsdepressionen und Krankheit bis hin zum Tode führen.

Die Summe aus Milch-, Essig- und Buttersäure sinkt von der sehr guten bis zur verbesserungsbedürftigen Gärqualität und der pH-Wert steigt. Allerdings steigt der pH-Wert auch noch von der verbesserungsbedürftigen zur

schlechten und sehr schlechten Gärqualität an, obwohl gleichzeitig der Gärsäuregehalt ebenfalls ansteigt. Die Ursache hierfür ist, dass den wesentlichen Einfluss auf den pH-Wert die Milchsäure ausübt. Ihr Gehalt verringert sich bei mittlerer Betrachtung mit jeder Gärqualitätsstufe von der sehr guten zur sehr schlechten Gärqualität zunächst stark und schließlich nur gering. Dagegen sind die Veränderungen der Gehalte an Essig- und Buttersäure wesentlich geringere. Der Essigsäuregehalt bleibt in der sehr guten bis verbesserungsbedürftigen Gärqualität mit 0,8 – 1,0 % relativ konstant und steigt bei schlechter und sehr schlechter Gärqualität auf 1,5 % an. Der Buttersäuregehalt steigt mit abnehmender Gärqualität von 0,24 auf etwa 1 % an.

Bei Betrachtung der Gärsäuremuster, also der Anteile der einzelnen Gärsäuren am gesamten Gärsäurespektrum in Abhängigkeit von der Gärqualität, wird deutlich, dass die Dominanz der Milchsäure als Träger von Gärqualität und Stabilität der Silage mit abnehmender Gärqualität zusehends verloren geht. Das Gärsäuremuster hervorragender Silagen besteht zu 80 – 100 % aus Milchsäure. Ferner kann ihr Gärsäuremuster 10 – 20 % Essigsäure und maximal 5 % Buttersäure enthalten. Mit abnehmender Gärqualität gleichen sich die Anteile der einzelnen Gärsäuren innerhalb des Gärsäuremusters zusehends an, bis bei sehr schlechter Gärqualität Milch-, Essig- und Buttersäure annähernd zu gleichen Anteilen im Gärsäuremuster vertreten sind.

Die Untersuchung der Gärqualität umfasst mehr als nur Messungen von Milch-, Essig-, Buttersäuregehalt, Ammoniakanteil am Gesamtstickstoff und pH-Wert. Sie wird ergänzt durch die Sinnprüfung auf etwaigen Schimmelbefall, bakterielle Zersetzung usw. Auf Grundlage all dieser Untersuchungen erfolgt die Qualitätsbewertung nach dem „DLG-Schlüssel zur Bewertung von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung nach Weißbach und Honig 1997“. Aus einer solchen umfassenden Untersuchung lassen sich nicht nur Hinweise zu Futteraufnahme, Konservierungsverlusten, hygienischer Futterbeschaffenheit sowie eventuellen Risiken für Milchqualität und Tiergesundheit ableiten. Im Zusammenhang mit der Futterwertanalyse sind auch Rückschlüsse möglich auf eventuelle Fehler in Grünlandbewirtschaftung, Futterernte und Futterkonservierung sowie ihre Ursachen.

Lagerung

Es gibt drei Grundformen des Silos zur Lagerung: Das heute selten anzutreffende Hochsilo, das Flachsilo (Freigärhaufen) und das Ballen- oder Schlauchsilo

Lagerungsformen

Beim *Hochsilo* handelt es sich um einen zylindrischen Hohlkörper, der von oben mit dem Material befüllt wird. Der Vorteil ist, dass das Material durch das Eigengewicht gut verdichtet wird und luftdicht gelagert werden kann. Nachteilig sind die sehr hohen Baukosten und die umständliche Befüllung und Entnahme. Die Verbreitung ist daher heute sehr gering.

Deutlich häufiger finden sich *Fahrsilos*. Diese sind ebenerdig (teilweise mit befestigtem Untergrund) und können seitlich von Wänden begrenzt sein. Das Material wird in Längsrichtung aufgebracht und mit Traktoren mit Siloverteilern verdichtet. Abgedichtet wird es mit speziellen Folien. Als unterste Folie eine dünne Unterziehfolie, die durch die Restatmung angesaugt wird, gefolgt von einer dicken schwarz-weißen Deckfolie, deren schwarze Seite üblicherweise auf dem Silo liegt, während die weiße Seite zur Oberseite zeigt. Die Folien und ein mögliches Netz gegen Vogelfraß werden mit Reifen oder Sandsäcken beschwert. Die Vorteile sind die hohe Schlagkraft und die je nach Ausführung sehr geringen Baukosten. Nachteilig ist im Gegensatz zu den Ballen, dass jeweils ein komplettes Silo gefüllt werden muss und die Verdichtung und der luftdichte Abschluss problematisch sein können. Ebenso muss, wenn das Silo wieder geöffnet wird, stetig Silage entnommen werden, damit das Futter an der geöffneten Stelle nicht verdirbt. Bei großen Fahrsilos wird gelegentlich auf eine Folienabdeckung verzichtet, höhere Verluste in den Randschichten werden dann in Kauf genommen.

Ballen gibt es als Rund- oder Quaderballen. Sie werden in einer Ballenpresse aufgewickelt und verdichtet und mit einem Ballenwickelgerät mit Folie verschlossen. Durch die Silierung in Folie wurde Silage zum regional

handelbaren Gut, da so ein Transport ohne Öffnen der luftdichten Umhüllung möglich ist. Beim *Schlauchsilo*, das erst mit Beginn des 21. Jahrhunderts in Deutschland Verbreitung findet, wird das Material mit einer speziellen Presse in einen langen Schlauch gepresst. Im Unterschied zu den Ballen ist die Silage dann nicht mehr in einfachen Portionen zu transportieren, aber der Platz- und Folienbedarf ist geringer. Nachteil hier ist aber, dass es deutlich teurer ist, als ein normales Fahrsilo zu befüllen.

Lagerungsformen

Fahrsilo ohne Seitenwände auf einem betonierten Platz, abgedeckt mit Folie und Netz, beschwert mit Reifen

Fahrsilo mit Bodenplatte und Seitenwänden

Rundballen

Quaderballen

Sickersaft und Nacherwärmung

Ist die Silage zu feucht, entsteht unnötiger Sickersaft, der nicht in das Grundwasser gelangen darf. Der Sickersaft verbraucht sehr viel Sauerstoff im Wasser und beeinträchtigt das Gleichgewicht im Ökosystem (Eutrophierung). Aufgefangener Sickersaft kann als Wirtschaftsdünger genutzt werden oder in der Biogasanlage als Substrat eingesetzt werden.

Durch Luftzufuhr während der Lagerung kann es zu Nacherwärmungen kommen. Hefen vermehren sich und verbrauchen Zucker und Milchsäure. Im Extremfall entwickeln sich giftige Schimmelpilze. Um das zu verhindern, wird die Anschnittfläche der Silage möglichst klein und der Vorschub groß (im Sommer mind. 2,5 m je Woche, im Winter 1,5 m je Woche) gewählt.

Literatur

- Briemle, G., M. Elsässer, T. Jilg, W. Müller & H. Nussbaum (1996): *Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung in Baden-Württemberg.* – in: Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft; Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1996): 125 – 256 (ISBN 3540610901)

Referenzen

[1] FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) - Projekt zur Untersuchung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus, http://www.energiepflanzen.info

[2] DLG-Gütezeichen: Produktliste Siliermittel (http://www.guetezeichen.de/cgi-bin/gz_silier.cgi?sort=Firma). Abgerufen am 23.07.2009

Silomais

Als **Silomais** wird Mais bezeichnet, der zur Bereitung von Maissilage als Futtermittel oder Biogassubstrat angebaut wird (Energiemais). Da Mais als C4-Pflanze einen geringen Wasserbedarf hat und nur mäßige Ansprüche an den Boden stellt, ist sie in Deutschland eine verbreitete Kulturpflanze mit hohen Erträgen an Trockenmasse pro Fläche.

Mais (*Zea mays*)

Anbau und Verarbeitung

Der in Mitteleuropa angebaute Mais ist vorwiegend Silomais. Die oberirdischen Pflanzenteile werden gehäckselt, siliert und als Futtermittel (Maissilage) in der Rinderhaltung oder als Biogassubstrat verwendet. Herkömmlicher Silomais ist für die Verwendung als Futtermittel züchterisch optimiert und erfüllt Eigenschaften wie hohe Hektarerträge, gut im Rinderpansen zugängliche Nährstoffe sowie gute Silierbarkeit, um eine längerfristige Lagerung und somit eine ganzjährige Verfügbarkeit zu gewährleisten. Die hohen Hektarerträge und die vorhandene und erprobte Erntetechnik machten Mais zum wichtigsten Substrat in Biogasanlagen.

Produktion von Maissilage

Die Ansprüche an Silomais zur Rinderhaltung und zur Biogaserzeugung (Energiemais) unterscheiden sich. Während bei Mais zur Futternutzung neben dem Masseertrag die Verdaulichkeit im Verdauungstrakt des Rinds eine große Rolle spielt, steht bei Energiemais der zu erzielende Methanertrag pro Hektar im Vordergrund. Durch Anpassaungen bei Sortenwahl, Saatstärke, Düngung, Erntezeitpunkt und -technik kann der Silomaisanbau nutzungsspezifisch optimiert werden.[1]

Bedeutung

In den letzten Jahren wurde der Anbau von Silomais stark ausgeweitet, vor allem zur Erzeugung von Biogas. Laut Statistischem Bundesamt wurden 2008 in der BRD auf 2.087.000 ha (17,7 % der Ackerfläche) Mais angebaut. 75 % davon waren Silomais [2] . In 2007 wurden 239.000 ha Energiemais angebaut. Das entsprach 12,8 % der gesamten deutschen Maisanbaufläche in 2007. Durch den starken Ausbau der Biogaserzeugung ist mit einer weiteren starken Zunahme zu rechnen [3] .

Kritik am Maisanbau, Alternativen und Ergänzungen

Die Veränderung des Landschaftsbildes durch den verstärkten Maisanbau und landschaftliche sowie ökologische Folgen von Grünlandumbruch werden kritisiert. Oft auf den Silomaisanbau fokussiert, jedoch nicht auf diesen beschränkt ist die Kritik an intensiven Wirtschaftsweisen im Ackerbau. [4]

Um Maismonokulturen zu vermeiden, können andere Feldfrüchte oder Grünland genutzt werden. Je nach betrieblichen Voraussetzungen stellen die Silagen weiterer Nutzpflanzen wie Ganzpflanzensilage, Grassilage, Kleegras-Silage oder die Trocknung (Heu) Alternativen oder Ergänzungen zur Maissilage dar. Für die Biogaserzeugung wird derzeit das Potenzial weitere Nutzpflanzen wie Sonnenblumen und Zuckerrüben getestet. Da Mais als wärmebedürftige Pflanze erst spät gesät werden kann, wird zudem versucht, die Vegetationsperiode, beispielsweise mit Grünroggen als Zwischenfrucht zur Erzeugung von Ganzpflanzensilage (GPS), besser auszunutzen und so höhere Erträge pro Fläche und Jahr zu erzielen.[5]

Rechtliche Unterscheidung zwischen Energie- und Futtermais

Da für Energiemais bis 2009 eine Anbauprämie (Energiepflanzenprämie) gezahlt wird, ist eine Unterscheidung zum Silomais zur Verwendung als Futtermittel notwendig. Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung erfasst den Mais prämienberechtigter Anbauflächen, der in Biogasanlagen verwertet wird und regelt die Prämienzahlung.[6]

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung*, 3. Auflage (2006) ISBN 3-00-014333-5 (pdf [7])

Referenzen

[1] - Produktionstechnik Energiemais: Informationen der Saaten-Union zum Energiemaisanbau vom 9. Januar 2007 (http://www.saaten-union.de/index.cfm/nav/404/article/2756.html)

[2] Statistisches Bundesamt: Erntestatistik (http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/LandForstwirtschaft/Ernte/Tabellen/Content75/FeldfruechteAnbauflaechenErntemengen.psml)

[3] Deutsches Maiskomitee: Statistik (http://www.maiskomitee.de/fb_fakten/03_02_03_08.htm)

[4] NABU, 2006: Energie-Mais nur mit Umweltauflagen. (http://www.nabu.de/m07/m07_05/05971.html) Abgerufen am 14. April 2009.

[5] - Information der Saaten-Union zum Anbau von Grünroggen zur Biogaserzeugung vom 13. Juli 2007 (http://www.saaten-union.de/index.cfm/nav/410/article/3081.html)

[6] - "Merkblatt zur Verwendungskontrolle Energiepflanzen in Biogasanlagen", Information der [[Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (http://www.ble.de/cln_099/nn_471076/SharedDocs/Downloads/06__Aktuelles/05__Publikationen/Broschueren/BiogasEnergiepflanzenVerwendung.html?__nnn=true)] vom 17. Juli 2008]

[7] http://www.nachwachsende-rohstoffe.de/cms35/index.php?id=1202&idtitel=208&idkat=-1&pflanzen=0&verarbeitung=0&gruppen=0&titelsuche=:

Sisal-Agave

Sisal-Agave
Sisal-Agave (*Agave sisalana*)
Systematik
Unterklasse: Lilienähnliche (Liliidae)
Ordnung: Spargelartige (Asparagales)
Familie: Agavengewächse (Agavaceae)
Gattung: Agaven (*Agave*)
Untergattung: *Agave*
Art: Sisal-Agave
Wissenschaftlicher Name
Agave sisalana
Perrine

Die **Sisal-Agave** (*Agave sisalana*) ist eine Pflanzenart aus der Familie der Agavengewächse (Agavaceae). Sie ist eine bedeutende Faserpflanze.

Beschreibung

Die Sisal-Agave ist eine hapaxanthe Rosettenpflanze. Die Pflanzen können stängellos oder gestängelt sein, in letzterem Fall kann der Stamm zwischen 40 und 100 Zentimeter hoch werden, die Rosetten haben einen Durchmesser zwischen 1,5 und 2 Meter. Die schwertförmigen Blätter werden 60 bis 150 Zentimeter lang und 2,5 bis 5 (selten bis 9) Zentimeter breit. Jung sind sie hellgrün und fein gezähnt, ältere Blätter sind glänzend grün und ungezähnt. Der abschließende Stachel ist 2 bis 2,5 Zentimeter lang, dunkelbraun und kegel- bis pfriemförmig.[1]

Die Blütenstandsachse kann 5 bis 6 Meter lang werden, der elliptische Blütenstand ist eine Rispe, Tragblätter sind vorhanden. Im aus 10 bis 25 Blüten bestehenden Blütenstand trägt die Pflanze Brutknospen. Die Blüten sind 4 bis 6,5 Zentimeter lang und grüngelb. Die Blütenhüllblätter sind linealisch-lanzettlich, 17 bis 18 Millimeter lang und 5 bis 6 Millimeter breit und von gleicher Gestalt und Größe. Die Staubfäden sind 50 bis 60 Millimeter lang und setzen

in der oberen Hälfte der Blütenröhre an, die Staubbeutel sind 23 bis 25 Millimeter lang, die Fruchtknoten sind 15 bis 25 Millimeter lang und 8 bis 9 Millimeter breit.[1]

Verbreitung

Die genaue Herkunft der Art ist nicht bekannt. Durch Kultur wurde sie in zahlreiche tropische wie subtropische Länder verbracht. Möglicherweise stammt sie aus der mexikanischen Provinz Chiapas.[1]

Systematik

Da die Mehrzahl aller Pflanzen nicht fruchtbar ist und wilde Vorkommen nicht bekannt sind wird vermutet, das die Sisal-Agave hybridogenen Ursprungs ist. Möglicherweise entstammt sie einer Kreuzung aus *Agave angustifolia* und *Agave kewensis*.[1]

Verwendung

Hauptartikel: Sisalfaser

Die Fasern werden neben Tauen, Seilen, Garn und Teppichen in zahlreichen anderen Produkten verarbeitet, z.B. als Füllstoff für Matratzen oder als Poliermittel.

Die Sisal-Agave wurde bereits vor der Eroberung Mittelamerikas durch die Spanier von den Ureinwohnern domestiziert und zur Produktion von Pulque verwendet. Durch die Verschleppung der Ureinwohner breitete sich die Pflanze in Nordamerika aus. [2] Spanier und Portugiesen führten die Pflanzen in andere Länder und Kontinente aus, dort fand sie im 18. und 19. Jahrhundert Gebrauch als Zierpflanze. [2]

1893 führte Richard Hindorf Bulbillen aus Florida in Tansania ein, 1903 brachte Horácio Urpia Júnior die Pflanze nach Brasilien. 1951 war Brasilien dann das zweitgrößte Erzeugerland hinter Tansania, ab 1964 brach der Markt für Sisal durch die zunehmende Konkurrenz von Kunstfasern jedoch deutlich ein. Die Produktion ging zurück, erholt sich jedoch seit der Jahrtausendwende wieder [2] . Gemessen an der Masse der Faserproduktion ist die Sisal-Agave heute die fünftwichtigste Faserpflanze weltweit[3] , 2006 belief sich die Weltproduktion von Sisalfasern auf rund 428.000 Tonnen.

Referenzen

[1] *Flora Mesoamericana*, Online (http://mobot.mobot.org/cgi-bin/search_pick?flmaname=50183169), Zugriff am 26. Juni 2008

[2] F.A. Suinaga, O.R.R.F. da Silva, W.M. Coutinho: *A História / History* In: *O Sisal do Brasil / Brazilian Sisal*, S. 16-22, Brasília, 2006

[3] R. Koslowski, M. Rawluk, J. Barriga-Bedoya: *Ramie.* In: Robert Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres*, Cambridge / Boca Raton, 2005, S. 209, ISBN 1-85573-684-5 / ISBN 0-8493-2597-8

Sisalfaser

Sisalfaser	
Fasertyp	Naturfaser, Blattfaser
Herkunft	Verschiedene Agaven
Eigenschaften	
Faserlänge	Faserbündel 60-100 cm[1]
Faserdurchmesser	17-50 µm (Zelle), durchschn. 25 µm[1]
Dichte	1,33 g/cm^3[1]
Zugfestigkeit	0,08-0,839 GPa[1]
Elastizitätsmodul	3-98 GPa[1]
Spezifisches Elastizitätsmodul	3,82 GPa m^3/kg[1]
Bruchdehnung	2,9-6,8%[1]
Wasseraufnahme	11%[1]
Chemische Beständigkeit	unbeständig gegen starke Säuren [2]
Produkte	Taue, Seile, Kordeln, Auslegewaren

Als **Sisal** werden die Fasern aus den Blättern einiger Agaven bezeichnet, insbesondere die der Sisal-Agave (*Agave sisalana*). Sisal ist eine relativ junge Naturfaser, ihr Gebrauch begann erst im 19. Jahrhundert und erreichte seine Blüte im frühen 20. Jahrhundert. Trotz eines Rückgangs ihrer Verwendung stellt sie bis heute eine der weltweit wichtigsten Naturfasern dar. Die Fasern werden zu Tauen, Seilen, Garn und Teppichen und zahlreichen anderen Produkten verarbeitet, z. B. als Füllstoff für Matratzen oder als Poliermittel für technische Zwecke. Als Textilfaser ist Sisal nicht geeignet, erprobt werden aber Anwendungen im Bereich der Verbundwerkstoffe.

Neben den hauptsächlich verwendeten Fasern der Sisal-Agave werden auch jene von *Agave letonae*, *Agave funkiana* und *Agave lecheguilla* zum Sisal gezählt, sie sind aber im Gegensatz zur bedeutenden Hybridsorte "*H.11648*" von deutlich geringerer Bedeutung. Abzugrenzen ist Sisal gegen die ebenfalls als Faserpflanzen verwandte *Agave fourcroydes*, die als Henequen bezeichnet wird sowie die als Cantala bezeichneten Fasern von *Agave cantala* und *Agave americana*.

Eigenschaften

Sisalfasern sind mehrzellige, gerade Fasern. Die einzelnen Bündel umfassen zwischen 100 und 200 Zellen. Die einzelnen Zellen sind mit durchschnittlich 2,282 Millimeter Länge und 20,32 Mikrometer Durchmesser relativ kurz und dick und lassen sich daher nicht spinnen (notwendige Mindestlänge: 25 Millimeter). Verarbeitet werden daher Faserbündel. Deren Länge ist abhängig von der Blattlänge und den Bedingungen bei der Fasergewinnung, in der Regel liegt sie zwischen 50 und 120 Millimeter, im Mittel liegt sie bei 90,84 Millimeter. [2]

Der Gehalt der Fasern an Cellulose liegt zwischen 55 und 65%, ergänzt um 10 bis 15% Hemicellulose. Der Ligningehalt liegt zwischen 10 und 20%, der Pektinanteil zwischen 2 und 4%. Durch diese Werte ist Sisal – typisch für eine Blattfaser – härter und grober als Bastfasern.[2]

Sisal ist ausgesprochen zäh (57,2 cN/Tex) und zugfest (1830,12 cN/Tex), insbesondere jedoch zeichnet es seine im Vergleich zu anderen Fasern ungewöhnliche Steifigkeit aus. [2]

Durch eine Behandlung mit Natriumhydroxid können bestimmte Eigenschaften des Sisals verändert werden. Natriumhydroxid löst Hemicellulose, Pektin und wasserlösliche Stoffe aus den Faserbündeln, bei Anwendung höherer Konzentrationen Natriumhydroxid verändert sich zusätzlich die Mikrostruktur der Faser. Durch diese Behandlung werden die Faserbündel feiner und kürzer und lassen sich besser spinnen, zugleich verringert sich jedoch ihre Zähigkeit. Insbesondere bei der Vorbereitung von Faser-Kunststoff-Verbund-Werkstoffen mit Polyester ist dies gewünscht, um Ablösungserscheinungen zu verringern und die Verteilung der Fasern in der Polyestermatrix zu verbessern.[2]

Produktion

Zum Faseraufschluss bereitgestellte Blätter (Madagaskar)

Maschineller Aufschluss der Sisalfasern (Madagaskar)

Verarbeitung

Ernte

Die Pflanzen können üblicherweise einmal jährlich beerntet werden, unter günstigen Bedingungen sind jedoch auch bis zu drei Ernten im Jahr möglich. Der Zeitpunkt der Ernte im Jahr ist beliebig, das ermöglicht eine hohe Flexibilität bei der Auswahl des Erntezeitpunktes. Rund 13 der 1,5 bis 2 (selten bis zu 3) Meter langen und 500 bis 1500 g schweren Blätter bilden je einen Ring um den Stamm. Bei einer Ernte werden rund 50 bis 65 Blätter, also 4 bis 5 Ringe, abgeerntet.

Die Blätter werden am Ansatz abgeschnitten, die stachelige Spitze wird gekappt und die Blätter werden gebündelt, bevor sie zum Faseraufschluss kommen.

Fasergewinnung

Der Anteil der trockenen Faser am Gesamtgewicht der frischen Blätter beträgt 4 bis 7 %, im Faseraufschluss werden sie vom eigentlichen Blattgewebe getrennt. Dies geschieht heutzutage in der Regel durch Maschinen, entweder stationäre Geräte, die von bis zu 10 Mann betrieben werden, besonders leistungsstark sind und bis zu 200 Tonnen Blätter pro Schicht verarbeiten können oder mobile Maschinen, die

von fünf bis acht Personen betrieben werden und 10 Tonnen je Schicht verarbeiten können. Letztere zeichnen sich durch einen höheren Extraktionsgrad aus, es gehen also weniger Fasern verloren. [2]

Nach dem Faseraufschluss werden die Fasern gebündelt und 8 bis 12 Stunden in Wasser eingeweicht um Pektin und Chlorophyll auszuwaschen (Wasserröste), anschließend werden sie 8 bis 10 Stunden an der Sonne getrocknet. Um restliches Parenchymgewebe und Kurzfasern zu entfernen, werden die Fasern danach noch maschinell ausgekämmt oder ausgeschlagen. [3]

Trocknung von Sisalfasern (Madagaskar)

Qualitäts-Einstufung

Im letzten Arbeitsgang werden die Fasern nach ihrer Qualität beurteilt und entsprechend klassifiziert. Diese Klassifikationen basieren auf Merkmalen wie Farbe oder Rauheit. Beste Qualitäten, zum Beispiel die brasilianische „Superior“, müssen von hellem Cremeweiss, gereinigt, vollständig ausgereift, besonders widerstandsfähig, weich und glatt sowie frei von Verwachsungen oder Produktionsrückständen sein. Zusätzlich werden die Fasern noch nach ihrer Länge gekennzeichnet. [3]

Verwendung

Sisal wird klassisch zur Produktion von Tauen, Seilen, Kordeln und groben Garnen verwendet, die teilweise als Ausgangsmaterial für Auslegewaren sowie kunsthandwerkliche Erzeugnisse dienen [3] . Neuere Einsatzgebiete sind die Verwendung als Füllstoff zum Beispiel für Matratzen oder als Geotextilie. Noch nicht über das Stadium der Erforschung und Erprobung hinaus ist der Gebrauch von Sisal als Teil von Faser-Kunststoff-Verbund-Werkstoffen, in Brasilien wird zusätzlich ein Verbundwerkstoff aus Sisal und Zement erprobt, der Asbest in Fertigbauteilen ersetzen soll. [4]

Sisalprodukte

Produktionszahlen

Nach Tonnen ist Sisal die fünftwichtigste Faserpflanze weltweit[5] . Im Jahr 2006 belief sich die Weltproduktion auf rund 428.000 Tonnen. Haupterzeugerländer sind Brasilien mit über der Hälfte der Weltproduktion (247.558 t), Tansania (27.800 t), Mexiko (26.636 t), Kenia (25.000 t), Kolumbien (21.445 t) und China (20.000 t). [6]

Von der FAO werden alle Agaven-Arten sowie Zuchtkreuzungen in einer Statistik zusammengefasst, die Produktionszahlen der Arten abseits der Sisal-Agave belaufen sich allerdings meist auf nur wenige Tausend Tonnen (z. B. 2 bis 3.000 Tonnen bei *Agave letonae*) oder ihre Fasern dienen nur zu speziellen Zwecken (so werden die Fasern von *Agave funkiana* und *Agave lecheguilla* ausschließlich zur Bürstenproduktion verwendet). [2]

Sisal-Manufaktur in Goa / Indien

Sisalproduktion 2006 (inkl. anderer Agavenfasern) [6]	**Tonnen**
Brasilien	247.558
China	20.000
Kolumbien	21.445
Kuba	11.730
Ekuador	3.465
El Salvador	2.500
Haiti	5.500
Kenia	25.000
Madagaskar	17.000
Mexiko	26.636
Marokko	2.200
Nicaragua	4.350
Philippinen	4.000
Tansania	27.800
Venezuela	3.909
Gesamt (inkl. andere Länder)	427.843

Geschichte

Sisal-Felder im Norden Tansanias

Die Sisal-Agave wurde bereits vor der Eroberung Mittelamerikas durch die Spanier von den Ureinwohnern domestiziert, allerdings wurde sie nicht als Faserpflanze, sondern zur Produktion von Pulque verwendet. Durch die Verschleppung der Ureinwohner breitete sich die Pflanze in Nordamerika aus. [7]

Spanier und Portugiesen führten die Pflanzen auch in andere Länder und Kontinente aus, dort fand sie im 18. und frühen 19. Jahrhundert Gebrauch als Zierpflanze. Erst im 19. Jahrhundert begann dann die Produktion von Fasern aus der Pflanze, die damaligen Haupterzeugerländer waren das heutige Indonesien und die Philippinen. [7]

1893 führte der deutsche Botaniker Richard Hindorf Bulbillen aus Florida in Tansania ein, 62 Pflanzen bildeten den Grundstock der ostafrikanischen Sisal-Produktion. 1903 dann begann auch Kenia mit dem Anbau. Im selben Jahr führte Horácio Urpia Júnior die Sisal-Agave auch in Brasilien ein. Erst zwischen 1937 und 1941 jedoch begann in Brasilien die Produktion von Sisal in kommerziell nennenswerter Weise. Bereits 1946 begann Brasilien Sisal zu exportieren und schon 1951 war es das zweitgrößte Erzeugerland. [7]

Das 1934 speziell zu diesem Zweck gegründete tansanische Forschungsinstitut ARI Mlingano[8] gab Ende der 1950er erstmals Sämlinge der Hybridsorte „*H.11648*“ aus [9] , die schnell dazu führten, dass Tansania der erfolgreichste Sisalproduzent weltweit wurde [2] . Diese Kreuzung aus *Agave angustifolia* und *Agave amaniensis* wurde in den 1960ern auch in China eingeführt[10] und dominiert dort bis heute die Bestände[2] , in Ostafrika ist der Anteil der Hybride bis heute höher als der der eigentlichen Sisal-Agave. In den 1970ern begann man auch in Brasilien mit ihrem Anbau, in den Hauptanbaugebieten Bahia, Paraíba und Rio Grande do Norte macht sie heute jedoch nur rund 5% der angebauten Pflanzen aus.[3]

Ab 1964 brach der Markt für Sisal durch die zunehmende Konkurrenz von Kunstfasern allmählich ein, die Produktion ging immer weiter zurück. Betrug die Weltproduktion von Sisal und Henequen in den frühen 1970ern noch annähernd 800.000 Tonnen jährlich, ging sie bis zur Jahrtausendwende auf 200.000 Tonnen zurück [11] , ursprünglich bedeutende Anbauländer wie Tansania, Mexiko oder Kenia verringerten ihre Produktionsmengen um bis zu 80% [12] . Erst in neuerer Zeit nimmt der Gebrauch von Sisal durch neue Anwendungen und die steigenden Preise für Rohöl als Grundlage von Kunstfasern wieder zu. [7]

Referenzen

[1] *Comparative physical, chemical and morphological characteristics of certain fibres.* In: Franck 2005; Seiten 4–23.

[2] C. Yu: *Sisal.* In: Robert Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres*, Cambridge / Boca Raton, 2005, S. 229-273, ISBN 1855736845 / ISBN 0849325978

[3] O.R.R.F. da Silva, F.A. Suinaga, W.M. Coutinho, W.V. Cartaxo: *Cadeia Produtiva / Productive Chain* In: *O Sisal do Brasil / Brazilian Sisal*, S. 33-45, Brasília, 2006

[4] A.L. Leao, A.P. Joaquim, H. Savastano, A.F. Leal, J.W. barbosa do Nascimento: *Novos Usos / New Uses* In: *O Sisal do Brasil / Brazilian Sisal*, S. 65-81, Brasília, 2006

[5] R. Koslowski, M. Rawluk, J. Barriga-Bedoya: *Ramie.* In: Robert Franck (Hrsg.): *Bast and other plant fibres*, Cambridge / Boca Raton, 2005, S. 209, ISBN 1855736845 / ISBN 0849325978

[6] Angaben nach FAOSTAT, Online (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567)

[7] F.A. Suinaga, O.R.R.F. da Silva, W.M. Coutinho: *A História / History* In: *O Sisal do Brasil / Brazilian Sisal*, S. 16-22, Brasília, 2006

[8] Informationsseite zum ARI Mlingano auf der Website des tansanischen *Ministry of Agriculture, Food & Cooperatives*, Online (http://www.kilimo.go.tz/Research-Training/Mlingano Research/Mlingano.htm)

[9] George Sembony: *Mlingano institute needs USD1.1m for research*, 12.5.2007, IPPMedia.com, Online (http://www.ippmedia.com/ipp/guardian/2007/05/12/90304.html)

[10] ESC-Consultation No. 5: *Sisal Production And Marketing In China: Retrospect And Prospect*, Consultation On Natural Fibres, Rome, 12 - 14 December 2000, Online (http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/350/en/esc_5e.pdf)
[11] B. Moir, Sietse van der Werff: *Visao Mundial / Global Perspective* In: *O Sisal do Brasil / Brazilian Sisal*, S. 113-125, Brasília, 2006
[12] C. Yu: *Sisal.*, Tab. 6.10, S. 241

Sojabohne

Sojabohne
Sojabohne (*Glycine max*)
Systematik
Eurosiden I
Ordnung: Schmetterlingsblütenartige (Fabales)
Familie: Hülsenfrüchtler (Fabaceae)
Unterfamilie: Schmetterlingsblütler (Faboideae)
Gattung: *Glycine*
Art: Sojabohne
Wissenschaftlicher Name
Glycine max
(L.) Merr.

Die **Sojabohne** (*Glycine max* (L.) Merr.), häufig auch einfach als **Soja** bezeichnet, ist eine Nutzpflanze aus der Familie der Hülsenfrüchtler (Leguminosae oder veraltet Fabaceae[1]), Unterfamilie Schmetterlingsblütler (Faboideae).

Die Sojabohne stammt von der Wildform *Glycine soja* ab und wurde bereits vor Jahrtausenden in China als Kulturpflanze genutzt.

Die Frucht wird ebenfalls als Sojabohne oder Soja bezeichnet. Sie hat einen hohen Gehalt an Eiweiß (etwa 30 bis 50 %) und Öl (etwa 14 bis 24 %), wobei letzterer ungewöhnlich für Bohnen ist.[2] Die Sojabohne ist die weltweit wichtigste Ölsaat.

Der überwiegende Anteil der Sojaernte wird zur Sojaölgewinnung eingesetzt, das vor allem als Lebensmittel, aber z. B. auch für Biodiesel verwendet wird. Der verbleibende eiweißreiche Anteil der Bohne (rund 80 % der Masse), das Sojamehl, ist ein wichtiges Futtermittel in der Tierhaltung.

Merkmale

Die Sojabohne ist eine einjährige Pflanze. Da es sehr viele Convarietäten und Varietäten gibt, sind auch die morphologischen Merkmale sehr unterschiedlich. Am häufigsten sind aufrecht wachsende Sorten von 20 bis 80 Zentimeter Wuchshöhe. Hochwüchsige Sorten erreichen bis zwei Meter Höhe. Die Stängel sind eher dünn und mehr oder weniger verzweigt. Die meisten Sorten sind an Stängeln, Blattstielen und Blättern fein und dicht behaart.

Es gibt Sorten mit unbegrenztem (indeterminiertem) Wachstum. Die Mehrzahl der Sorten hat jedoch ein begrenztes Wachstum, da die Endknospe der Triebe sich zum Blütenstand entwickelt, und die Pflanze somit nicht weiterwächst. In höheren Breitengraden werden erstere Sorten bevorzugt.

Sojabohne (*Glycine max*), reife Hülsen

Die Blätter sind langgestielt und bestehen meist aus drei unpaarig gefiederten, ganzrandigen Blättchen. Diese sind oval und drei bis zehn Zentimeter lang sowie zwei bis sechs Zentimeter breit. Die Blätter werden noch während der Fruchtreifung abgeworfen.

Sojabohnen haben ausgeprägte Pfahlwurzeln von bis zu 1,5 Meter Länge. Die Seitenwurzeln werden von sojaspezifischen *Rhizobium*-Stämmen (Knöllchenbakterien) besiedelt. In dieser Symbiose erhält die Pflanze von den Bakterien den wichtigen Nährstoff Stickstoff in pflanzenverfügbarer Form.

Die Blüten stehen zu drei bis 20 in blattachselbürtigen oder endständigen Trauben. Sie sind klein und in der Regel selbstbefruchtend. Die Blühperiode erstreckt sich meist über drei bis vier Wochen.

Nur 20 bis 80 Prozent der Blüten setzen Hülsen an. Diese sind zwei bis zehn Zentimeter lang und bei der Reife strohgelb, grau oder schwarz. Sie enthalten ein bis fünf Samen von brauner, grüner oder schwarzvioletter Farbe. Die Form ist kugelig, ei- oder nierenförmig, flach oder gewölbt. Die Tausendkornmasse reicht von 50 bis 450 Gramm. Reife, trockene Samen enthalten 5,0 bis 9,4 Prozent Wasser, 29,6 bis 50,3 Prozent Eiweiß, 13,5 bis 24,2 Prozent Fett, 14,0 bis 33,9 Prozent Kohlenhydrate, 2,6 bis 6,3 Prozent Rohfaser und 3,3 bis 6,4 Prozent Mineralstoffe.[3]

Geschichte

Ursprung in China, Japan und Südostasien

Die Sojabohne ist nur in Kultur bekannt. Sie stammt von der Wildform *Glycine soja* ab. Sie wurde vermutlich vor rund 5000 Jahren in China kultiviert, obwohl eindeutige Hinweise nicht älter sind als 3000 Jahre. In China galt es damals zusammen mit Hirse als eine der wichtigsten Nahrungsmittelpflanzen. Die Verbreitung über China hinaus fand erst relativ spät statt. In Japan wurde die Sojabohne vermutlich erst vor etwa 2000 Jahren eingeführt. Danach verbreitete sich die Sojabohne auch langsam in Süd- und Südostasien.[4] [5]

Verbreitung

Für Europa entdeckt wurde die Pflanze von Engelbert Kaempfer, der sie nach seiner Japan-Reise 1691/92 erstmals beschrieb. Aus dem Jahre 1737 gibt es erste Belege, dass die Sojabohne in Holland in botanischen Gärten gezogen wurde, 1739 auch in Frankreich. In Europa erlangte der Anbau jedoch nie eine Bedeutung. Samuel Bowen brachte die Sojabohne 1765 erstmals in die USA.[4]

Der frühe internationale Bedeutungszuwachs der Sojabohne erklärt sich nicht allein durch ihren hohen Öl- und Proteingehalt und die hohe Ertragsstabilität, da diese teilweise erst im 20. Jahrhundert durch enorme Forschungsanstrengungen erreicht wurden.[6]

Anfänge in den USA

Von der ersten Erwähnung der Sojabohne in der US-Agrarstatistiken 1924 bis zum zweiten Weltkrieg stieg die Anbaufläche von 767.000 auf 4.220.000 ha an. Der überwiegende Teil der Ernte wurde bis Ende der 1930er Jahre jedoch nicht in Ölpressen verarbeitet. 1925 wurden nur 6% der Ernte gepresst, 1939 hingegen bereits 71%. Der Grund für den massiven Produktions- und Pressungszuwachs lag in der erst beginnenden Kooperation zwischen Landwirten und Verarbeitern. So wurden im Forum der 1919 gegründeten American Soybean Association (ASA) im Jahr 1928 erste bindende Abnahmegarantien geschlossen. Anfang der 1930er erreichte die ASA die Etablierung prohibitiver Importzölle auf Sojabohnen, die das Doppelte des Marktpreises betrugen. Die so geschützte US-Sojabohnenproduktion konnte sich daher ausdehnen.[6]

Dennoch wurde die Sojabohne zunächst nur im industriellen Bereich eingesetzt. Anfang der 1930er wurden 95% des Sojaöls zur Farb- und Firnisherstellung eingesetzt. Im Bereich der menschlichen Ernährung war das potenziell für die Margarineproduktion verwendbare Sojaöl der Konkurrenz des Kokosnussöls aus den Philippinen unterlegen, unter anderem aufgrund des relativ markanten und starken Geschmacks des Sojaöls. Daher erschien eine zukünftige Bedeutung der Sojabohne für die Ernährung unwahrscheinlich. Der Industrielle Henry Ford verarbeitete Sojamehl zu Plastik, welches er in der Autoproduktion verwendete. Doch seit Mitte der 1930er wurde unter dem Einfluss der ASA auch die Verarbeitung von Kokosnussöl besteuert.[6]

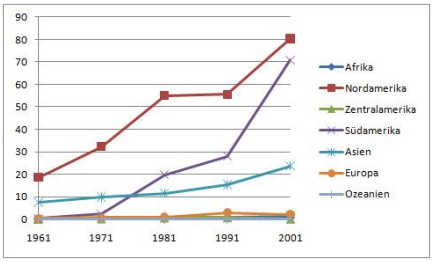
Neben dem Schutz vor ausländischer Konkurrenz begünstigten weitere Faktoren den Aufstieg der Sojabohne. Z. B. setzte die Motorisierung der Landwirtschaft größere Flächen frei, die zuvor für den Futteranbau für Zugtiere verwendet wurden. Bauern, die sich brachliegenden Flächen und sinkenden Einkommen gegenübersahen, erhofften sich von der Sojabohne eine Antwort auf ihre Probleme. Die Sojabohne wurde so auch "Goldene Bohne", "Cinderella" und "Wunderfrucht" genannt. Sie wurde auch aufgrund ihrer stickstoffbindenden Eigenschaften in der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit gelobt. Die Sojabohne konnte zudem mit denselben Mähdreschern geerntet werden wie Weizen. Die Marktpreise waren deutlich höher als für Mais. Die ASA startete Kampagnen, um die Bohne unter Landwirten im Mittleren Westen zu größerer Bekanntheit zu verhelfen. Zudem wurden auf Soja spezialisierte Forschungseinrichtungen und -programme etabliert. Die Zuchtstationen importierten Tausende von Sorten aus China. Schließlich wurde das Aminosäureprofil identifiziert, und Sojamehl begann, Fleisch-, Fisch- und Baumwollmehl als Viehfutter zu verdrängen.[6]

Zweiter Weltkrieg

Der zweite Weltkrieg verhalf der Sojabohne zu weiteren starken Bedeutungszuwächsen in den USA. Der Krieg stimulierte die Wirtschaft und erhöhte die Güternachfrage, insbesondere nach Lebensmitteln. Nach dem Angriff auf Pearl Harbor war das Land zudem von Kokos- und Palmölimporten abgeschnitten und musste diese Angebotseinbrüche wettmachen. Die Regierung führte Garantiepreise für Sojabohnen und Subventionen für die Verarbeitungsindustrie ein. Die Preise verdoppelten sich so während des Kriegs. Auch die Schweine- und Geflügelfleischproduktion nahmen um 40-50% zu und verschaffte dem zuvor eher als Nebenprodukt der Ölgewinnung angesehenen Sojamehl einen massiven Bedeutungsgewinn als Futtermittel. Auf Druck der ASA verpflichteten sich Margarinehersteller 1947, nur noch amerikanische Rohstoffe zu verwenden.[6]

Nachkriegszeit und internationale Verbreitung

Die nordamerikanische Produktion dehnte sich nach dem Krieg stark aus und versechsfachte sich so zwischen 1946 und 1970. Während unmittelbar nach dem zweiten Weltkrieg nur wenig Soja exportiert wurde, stieg dieser Anteil bis 1970 auf 40-57%. Die Exporte versorgten europäische Ölmühlen, welche von amerikanischen Firmen insbesondere in den 1960er Jahren gebaut wurden. Die Verwendung von Sojamehl als Futtermittel in Europa wurde von Anbauverbänden ebenfalls angeregt. Auch die amerikanischen Lebensmittelhilfen und dem Abbau von Bevorzugungen von Ölimporten aus Drittländern im Rahmen der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) begünstigten die weitere Etablierung der europäischen Nachfrage nach Sojabohnen.[6]

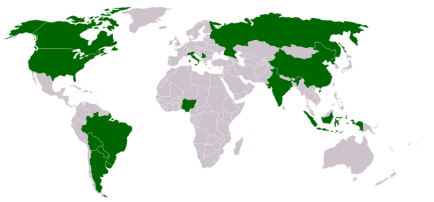


Produktion von Sojabohnen 1961-2001 (in Millionen t)

Seit den 1970er Jahren nahm die Sojabohnenproduktion in Nordamerika weiter zu. Insbesondere in Südamerika gewann sie massiv an Bedeutung. Im Süden Brasiliens begann die Sojabohne, Kaffee zu verdrängen. Heute produziert Südamerika mehr Sojabohnen als Nordamerika.[5]

Produktion und Handel

Weltweit ist die Sojabohne wichtiger als jede andere Ölsaat (ohne Ölpflanzen) mit einem Marktanteil von über 55% und einem volkswirtschaftlichen Wert von knapp 50 Milliarden US$.[4] Die Welternte 2007 belief sich auf über 220 Mio. t. Die gesamte Anbaufläche betrug über 90 Mio. ha.


Die 15 größten Exporteure von Sojabohnen

Die größten Sojaproduzenten weltweit (2007)

Rang	Land	Menge (in t)	Rang	Land	Menge (in t)
1	Vereinigte Staaten	72.860.400	9	Uruguay	779.920
2	Brasilien	57.857.200	10	Ukraine	722.600
3	Argentinien	47.482.784	11	Russland	651.840
4	China	13.800.147	12	Nigeria	604.000
5	Indien	10.968.000	13	Indonesien	592.634
6	Paraguay	5.856.000	14	Italien	442.151
7	Kanada	2.695.700	15	Nordkorea	345.000
8	Bolivien	1.595.947		Welt	220.532.612

(Quelle: FAO, Faostat, 2/2010 [7])

Die größten Sojaexporteure weltweit (2007)

Rang	Land	Menge (in t)	Rang	Land	Menge (in t)
1	Vereinigte Staaten	29.840.182	9	Ukraine	348.734
2	Brasilien	23.733.776	10	Belgien	238.490
3	Argentinien	11.842.537	11	Bolivien	66.057
4	Paraguay	3.520.813	12	Italien	43.241
5	Kanada	1.868.332	13	Österreich	41.645
6	Niederlande	1.302.364	14	Deutschland	33.982
7	Uruguay	773.142	15	Frankreich	17.400
8	China	456.907		Welt	74.402.997

(Quelle: FAO, Faostat, 10/2009 [8])

Die bedeutendsten Importeure sind China (17 % der weltweiten Importe), Japan (6 %) und die Niederlande (6 %).

Seit 1996 ist eine gentechnisch veränderte (transgene) Sojabohne zugelassen, die die Unkrautbekämpfung erleichtert. Die Pflanzen sind resistent gegen das Breitbandherbizid Glyphosat (Roundup). 2009 wurde auf 77% der globalen Sojaanbaufläche transgenes Saatgut verwendet.[9]

Südamerika

Südamerika produziert 52 % der globalen Sojabohnenernte.

Umweltschützer kritisieren, dass in Argentinien und Brasilien große Flächen Regenwald abgeholzt werden, um die Anbauflächen für Soja zu vergrößern.[10]

Der Anbau transgener Sojabohnen ist in vielen Ländern Südamerikas stark verbreitet.

Nordamerika

34 % der Produktion stammen aus den USA und Kanada. Hauptanbaugebiet ist hier der sogenannte "Corn Belt" (*Maisgürtel*) im Mittleren Westen, wo fast ausschließlich Mais und Sojabohnen angebaut werden. Die [[US-Bundesstaat]en Illinois und Iowa sind am produktionsstärksten. Mehr als ein Drittel der US-Produktion wird exportiert, und Sojaöl ist das verbreitetste Pflanzenöl in der Lebensmittelproduktion in den USA.

Auch in den USA und Kanada ist der Anbau von gentechnisch veränderterm Soja weit verbreitet.

Asien

In Asien werden 12 % der globalen Sojaernte produziert. China ist der mit Abstand wichtigste Produzent des Kontinents.

Europa

Europa ist nur für ein Prozent der globalen Produktion verantwortlich. In der EU werden in erster Linie in Italien, Rumänien und Frankreich Sojabohnen produziert, außerhalb der EU in der Ukraine, Russland und Serbien.[11]

Bereits in den 1930er-Jahren wurde in Deutschland zunächst versuchsweise, rasch aber auch kommerziell Sojabohnen-Anbau betrieben. Hintergrund war, dass die Regierung des Dritten Reichs unabhängiger von Ölimporten zu werden versuchte. [12] Wegen witterungsbedingter Ernteausfälle wurde der Soja-Anbau in Deutschland nach dem Zweiten Weltkrieg kaum noch weiterbetrieben. Erst seit 1997 bauen auch Landwirte in Süddeutschland in der Region um Freiburg im Breisgau wieder den eiweißreichen Rohstoff im Auftrag des Tofu-Herstellers Taifun-Tofu, einem Demeter-Partner, an. Mittlerweile werden 1000 Tonnen Sojabohnen auf ca. 1000 Hektar Anbaufläche produziert, was 0,0005 % der Weltproduktion entspricht.

In der EU ist die gentechnisch veränderter Sojabohne noch nicht für den Anbau zugelassen. Zum Import in die EU müssen Produkte aus transgener Sojabohne gekennzeichnet werden. Dies gilt sowohl für Futtermittel als auch für Lebensmittel.

Verschiedene Sojabohnen-Varietäten

Verwendung

→ *Hauptartikel: Sojaöl*

Futter- und Lebensmittel

In der Anbausaison 2008/09 wurden 91% der Sojaernte in Ölmühlen gepresst. Produkte der Pressung sind zu etwa 80% Sojamehl und zu 20% Sojaöl.[13] Das Öl wird in erster Linie im Lebensmittelbereich als Salat- und Kochöl, sowie Brat- und Backfett benutzt.[14] Das Mehl wird vor allem als Futterzusatz (Ergänzungsfutter) für Geflügel (ca. 46%) eingesetzt. Auch Rinder (ca. 20%) und Schweine (ca. 25%) werden mit Sojamehl gefüttert. Zu einem geringen Anteil (ca. 3%) wird es auch in der menschlichen Ernährung als proteinreiches Lebensmittel verwendet, zum Beispiel in der vegetarischen oder ostasiatischen Küche. Zu den bekanntesten Produkten gehören Tofu, Sojasauce und Sojamilch. Weitere Zubereitungen sind Miso, Tempeh, Natto oder Yuba und dessen Variante *Bambus* (engl.: bamboo). Die Verdaulichkeit von Sojabohnen ist durch den relativ hohen Gehalt an Stachyose und Raffinose erschwert. Stachyose ist ein Mehrfachzucker, der vom Menschen nicht verdaut wird, vielmehr wird die Stachyose im Dünndarm durch Bakterien abgebaut, wobei Gase entstehen (Flatulenz). Es wird daher versucht, den Gehalt an Stachyose und Raffinose durch Genveränderungen zu vermindern. Allerdings gibt es auch natürliche Sojasorten mit geringerem Stachyosegehalt. [15] Bei dem im Deutschen fälschlich als *„Sojasprossen“* bezeichneten Nahrungsmittel handelt es sich um Keime der Mungbohne.[16] Die frischen, grünen Hülsen *(„Schoten“)* dienen außerdem direkt der menschlichen Ernährung.[17]

Medizinische Aspekte

Die Sojabohne ist reich an sogenannten Phytoöstrogenen - pflanzlichen Verbindungen, mit hormonähnlicher Wirkung. Deren Hauptvertreter, die Isoflavone Genistein und Daidzein, sind das Objekt zahlreicher aktueller Forschungsarbeiten. Sie wurden vor allem mit der niedrigeren Inzidenz (Häufigkeit) von Gefäßkrankheiten wie der koronaren Herzkrankheit in ostasiatischen Ländern in Verbindung gebracht[18] , wo Soja in viel höheren Mengen konsumiert wird als in Westeuropa und den USA.[19] Aufgrund der Datenlage erlaubt die amerikanische Arzneimittelzulassungsbehörde Food and Drug Administration (FDA) auf Sojaprodukten das Anbringen der werbenden Aussage: *"Eine an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin arme Diät, die 25 g Sojaprotein pro Tag enthält, kann das Risiko von Herzerkrankungen reduzieren."*[20]

Auch das geringere Auftreten von Tumorerkrankungen wie dem Brustkrebs[21] sowie chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen in diesen Ländern ist in Verbindung mit dem täglichen Phytoöstrogenkonsum gebracht worden, sodass Sojaisoflavonprodukte in jüngerer Vergangenheit auch mit Hinweis auf diese Eigenschaften intensiv beworben werden. Die Evidenz (Nachweis) für diese Indikationen bleibt jedoch dürftig.

Es gibt jedoch auch Forschungsergebnisse, die auf eine schädliche Wirkung von Isoflavonen hindeuten. So bewirkten diese zum Beispiel in der Zellkultur eine Zunahme des programmierten Zelltods in Herzmuskelzellen neugeborener Schweine.[22] Andere Forschungsergebnisse deuten auf einen Zusammenhang mit verringerter Spermienqualität hin.[23] Da Übertragbarkeit und Bedeutung dieser Ergebnisse aus der Grundlagenforschung unklar sind, lassen sich hieraus keine Ernährungsempfehlungen ableiten.

Technische Verwendung

Wie andere Pflanzenöle wird auch Sojaöl für eine Reihe von technischen Anwendungen genutzt. Vor allem in den letzten Jahr nahm seine Verwendung zur Herstellung von Biodiesel und Sojamethylester (SME) in den Vereinigten Staaten stark zu. Biodiesel aus Sojaöl liefert etwa 193% der in der seiner Produktion eingesetzten Energie und reduziert Treibhausgasemissionen gegenüber Treibstoffen aus Erdöl um 41%. Damit ist es deutlich effizienter als z. B. Ethanol aus Mais. Die Luftverschmutzung ist zudem geringer als bei Ethanol aus Mais.[24]

Biodiesel aus Sojaöl

Außerdem dient als schnelltrocknendes Öl zur Herstellung von Alkydharzen, Anstrichfarben und Spachtelmassen[25] sowie seit 1987 insbesondere für Druckfarben.[26] So werden in den USA etwa 50 % aller Zeitungen und sogar 75 % aller Tageszeitungen heute mit Druckfarben auf Sojaölbasis gedruckt, in Europa liegt der Anteil bei etwa 15 %.[26]

Die enthaltenen Fettsäuren finden vor allem Verwendung in Kosmetik- und Körperpflegemitteln sowie in einem großen Spektrum weiterer Anwendungen,[25] vor allem als Wirkstoffträger für lipidlösliche Pflanzeninhaltsstoffe und Vitamine sowie als Grundlage für Badeöle und Cremes.[26] Obwohl Sojaöl keine abstoßende Wirkung auf Insekten hat, wird es auch verwendet, um die nur kurze Wirkdauer ätherischer Öle wie Geranienöl zu verlängern.[27] [28]

Forschung

Das Genom der Sojabohne ist das erste eines Hülsenfrüchtlers, das vollständig entschlüsselt wurde.[29] . Es umfasst rund 1,1 Milliarden Basenpaare. Die Forscher kamen bei der Analyse des Genoms unter anderem zu dem Ergebnis, dass es sich vor etwa 59 und 13 Millionen Jahren jeweils verdoppelt hat (Polyploidie). Die Kenntnis der Genomsequenz bildet die Grundlage für ein verbessertes Verständnis und eine bessere Nutzbarkeit der Sojabohne. Beispielsweise könnte sie für Mensch und Tier verdaulicher gemacht werden, wenn es gelingen würde, den Gehalt an Stachyose zu verringern.

Siehe auch

- Texturiertes Soja
- Liste der Gemüse
- Sojajoghurt

Belege und weiterführende Informationen

Literatur

- Gunther Franke: *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Band 3: Spezieller Pflanzenbau*. Ulmer, Stuttgart 1994, S. 270-282. ISBN 3-8252-1769-8 (Merkmale).
- W. Diepenbrock, G. Fischbeck, K.-U. Heyland, N. Knauer: *Spezieller Pflanzenbau*. 3. Auflage, Ulmer, Stuttgart 1999, S. 240-250. ISBN 3-8252-0111-2 (Merkmale).

Weblinks

- *Wissenswertes zur Sojabohne* [30]
- *Lebensmittellexikon* [31]
- *Biosojaanbau in Süddeutschland* [32]
- *Anbauanleitung für Sojabohnen 2007* (PDF) [33] – Hrsg. Regierungspräsidium Freiburg (100 kB)
- *135 Jahre Sojabohne und Sojaforschung in Österreich* (PDF) [34] (1,38 MB)

Referenzen

[1] lebensmittellexikon.de: *Hülsenfrüchte* (http://www.lebensmittellexikon.de/h0000030.php), abgerufen am 15. Februar 2010

[2] Nutrient Data Laboratory. USDA Agricultural Research Service (http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/)

[3] G. Franke: *Nutzpflanzen der Tropen 1994, S. 273.*

[4] Wilson, R. (2008): Soybean: Market Driven Research Needs. Kapitel 1 in: Stacey, G. (hrsg.): Genetics and genomics of soybean. Springer, 2008.

[5] Sauer, J. (1993): Historical geography of crop plants: a select roster. CRC Press.

[6] Berlan, J.-P., Bertrand, J.-P., Lebast, L. (1977): The growth of the American 'soybean complex'.European Review of Agricultural Economics, Vol. 4, pp. 395-416.

[7] Statistik der FAO (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor)

[8] Exportdaten der FAO, abgerufen am 15.Februar.2010 (http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor)

[9] transgen.de: *Anbauflächen 2009* (http://www.transgen.de/anbau/eu_international/531.doku.html), abgerufen am 25. Februar 2010

[10] SPIEGEL: Die Gier nach Soja frisst den Regenwald (http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,456376,00.html)

[11] FAO: FAOStat – PRODStat (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor) – Produktionsmengen für 2007.

[12] Joachim Drews: *Die 'Nazi-Bohne'. Anbau, Verwendung und Auswirkung der Sojabohne im Deutschen Reich und Südosteuropa (1933–1945).* Lit Verlag, Münster, 2004 (http://books.google.de/books?id=khC3rX_rArwC&pg=PA87&lpg=PA87&dq=Sojabohnenanbau+Schlesien&source=web&ots=mGs-8tWW7E&sig=dFxS-Q2xSprUa9CZLNUWDhH6bYg&hl=de#PPA5,M1)

[13] USDA Foreign Agricultural Service. Oilseeds Report 10/09. (http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2009/October/Oilseedsfull1009.pdf)

[14] U.S. Soybean Oil Consumption 2004. (http://www.soystats.com/2005/page_22.htm)

[15] (http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/67.sojabohne.html)

[16] R.M. Nöcker: *Das große Buch der Sprossen und Keime - Mit vielen Rezepten*, 5. Auflage, W. Heyne Verlag,München, S. 154-157, ISBN 3-453-05422-9.

[17] Soybean Meal Use Review. Iowa Soybean Association (http://www.soymeal.org/worldlitarticles_new/soysegmentreview.html)

[18] Menotti et al.: *Food intake patterns and 25-year mortality from coronary heart disease: cross-cultural correlations in the Seven Countries Study. The Seven Countries Study Research Group.* Eur J Epidemiol. 1999;15(6):507-15. PMID 10485342

[19] Yamori: *Worldwide epidemic of obesity: hope for Japanese diets.* Clin Exp Pharmacol Physiol. 2004; 31 Suppl. 2:S. 2-4. PMID 15649277

[20] Henkel: *Soy: Health Claims for Soy Protein, Questions About Other Components.* FDA Consumer magazine. May-June 2000 (http://www.fda.gov/fdac/features/2000/300_soy.html#health)

[21] Wu et al.: *Epidemiology of soy exposures and breast cancer risk.* Br J Cancer. 2008; 98(1): 9-14. Epub 2008 Jan 8. PMID 18182974

[22] Mau et al.: *Effects of dietary isoflavones on proliferation and DNA integrity of myoblasts derived from newborn piglets.* Pediatr Res. 2008;63(1):39-45. PMID 18043503

[23] Jorge E. Chavarro, Thomas L. Toth, Sonita M. Sadio, Russ Hauser: *Soy food and isoflavone intake in relation to semen quality parameters among men from an infertility clinic* Hum. Reprod. 23/08

[24] Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S., Tiffany, D. (2006): Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. Proceedings fo the National Academy of Sciences, Vol. 103, pp. 11206-11210.

[25] Stichwort *Soybean Oil* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 264. ISBN 3-527-30114-3.

[26] Sabine Krist, Gerhard Buchbauer, Carina Klausberger: *Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle.* Springer Verlag, Wien 2008; S. 428-434. ISBN 978-3-211-75606-5.

[27] Barnard, D.R. and R. Xue. 2004. Laboratory evaluation of mosquito repellents against Aedes albopictus, Culex nigripalpus, and Ochlerotatus triseriatus (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 41(4):726-730.

[28] Fradin, M.S. and J.F. Day. 2002. Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. N. Engl. J. Med. 347:13-18.

[29] Genome sequence of the palaeopolyploid soybean (http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7278/full/nature08670.html) *Nature* vom 14. Januar 2010, 463, S. 218-222 (englisch)

[30] http://www.proplanta.de/web/themen.php?MOF1=1200149696&MRID=1200331226&MLF1=1142936157&MLID=1200331219&MHID=6&MUID=5&MOID=1&__utmc=77131348&__utmb=77131348&Fu1GrI=1142936052&Fu1=1142936157&con=&lasu=&&T=1203408637&&SITEID=1142936157&_404=

[31] http://www.lebensmittellexikon.de/s0000130.php

[32] http://www.dradio.de/dlf/sendungen/umwelt/244097/

[33] http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1201149_l1/Anbauanleitung%20f%C3%BCr%20Sojabohnen%202007%20_2_.pdf

[34] http://www.soja-aus-oesterreich.at/downloads/Tagungsband_Soja_Symposium.pdf

Sojamethylester

Sojaölmethylester	
Andere Namen	Sojamethylester (SME)
Kurzbeschreibung	Kraftstoff für selbstzündende Kolbenmotoren (Dieselkraftstoffe), Lösungsmittel
Herkunft	biosynthetisch
Eigenschaften	
Aggregatzustand	flüssig
Kinematische Viskosität	7,5 mm²/s (bei 20 °C)[1]
Dichte	0,88 kg/L (bei 20 °C)
Brennwert	32,36 MJ/L = 37,2 MJ/kg (bei ? °C)[2]
Sicherheitshinweise	
Gefahrstoffkennzeichnung *keine Gefahrensymbole*	
R- und S-Sätze	R: *keine R-Sätze*
	S: *keine S-Sätze*
UN-Nummer	1202
Gefahrnummer	30
Soweit möglich und gebräuchlich, werden SI-Einheiten verwendet. Wenn nicht anders vermerkt, gelten die angegebenen Daten bei Standardbedingungen.	

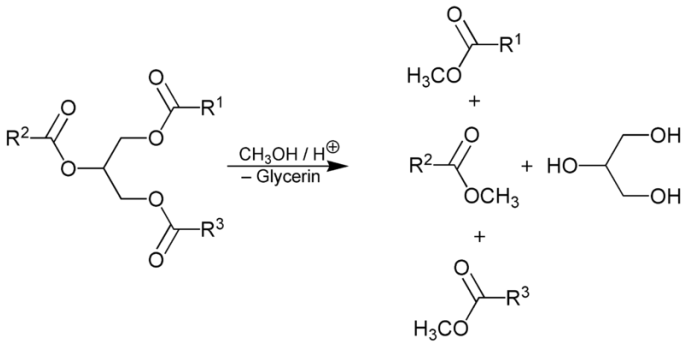
Sojamethylester (SME; auch **Sojaölmethylester**) ist ein Gemisch von Methylestern, das aus gesättigten und ungesättigten Fettsäuren mit 16 bis 22 Kohlenstoffen besteht. Durch die chemische Umsetzung von raffiniertem Sojaöl mit Methanol wird Sojamethylester als klare, dünnflüssige, brennbare und in Wasser unlösliche Flüssigkeit gewonnen.

In Nordamerika und damit weltweit stellt der aus Soja gewonnene SME den größten Anteil des Biodiesels, in Europa rangiert aus Importsoja hergestellter SME an Rang 2 nach dem Rapsmethylester. SME auf Basis von Vollraffinaten wird auch als Lösungsmittel in der industriellen Produktion verwendet.

Sojabohnen

Herstellung

Unter Zugabe von Methanol zum Sojaöl entsteht in einer katalytischen Reaktion der Sojamethylester; als Nebenprodukt fällt Rohglycerin an, welches durch weitere Reinigung und Destillation zu Pharmaglycerin verarbeitet wird. Die SME-Bildung erfolgt durch Umsetzen von Sojaöl mit Methanol nach folgender Reaktionsgleichung:



Vorbehandlung des Sojaöls

Nach der Anlieferung der Ausgangs- und Hilfsprodukte wird das eingesetzte Sojaöl gereinigt. Zunächst wird das Rohöl durch Zugabe von Phosphorsäure unter Abspaltung von Phosphatiden entsäuert. Dabei entstehen Schleimstoffe, die mit Hilfe einer Zentrifuge vom Öl getrennt werden. In der nächsten Prozessstufe wird die restliche Seife aus dem neutralisierten Öl ausgewaschen und anschließend in einem Vakuumtrockner getrocknet. Bevor das Rohöl in eine Waschzentrifuge gegeben wird, wird Natronlauge zugegeben. Auf diese Weise werden die zuvor zugegebene Phosphorsäure und die restlichen Fettsäuren vollständig neutralisiert. Im Anschluss an das Zentrifugieren werden in einem Separator die Schleimstoffe abgetrennt.

Umesterungsprozess

Der Hauptprozess der Methylester-Herstellung, die Umesterung, beruht auf der chemischen Reaktion von Triglyceriden mit Methanol zu Methylester und Glycerin, die in Gegenwart eines alkalischen Katalysators beschleunigt verläuft. Die Umesterung findet in zwei hintereinandergeschalteten Reaktoren statt, die jeweils mit verschiedenen Reaktionskammern versehen sind, um eine möglichst hohe Umsetzung zu dem Methylester zu erzielen. Den Reaktoren wird parallel sowohl Methanol als auch der Katalysator Natriummethylat zugeführt, um den Umesterungsprozess wie gewünscht zu ermöglichen. Bei Normaldruck und Temperaturen um 60 °C im 1. Reaktor und etwa 50 °C im 2. Reaktor werden die Esterbindungen der Triglyceride aufgetrennt. Mit Hilfe von

Phasentrennern lässt sich der Methylester und Glycerin aufgrund der unterschiedlichen Dichte voneinander trennen.

Reinigung des Produktes

Die Phase mit dem Ester enthält weiterhin Methanol, Glycerin, Katalysatoren, Seifen und weitere Komponenten. Die wasserlöslichen Stoffe werden durch einen Waschvorgang entfernt, bevor der SME dann in Vakuumtrocknern getrocknet wird und schließlich zur wirtschaftlichen Verwertung zur Verfügung steht.

Einsatzgebiete

Bus mit Sojadieselwerbung

SME weist eine deutlich geringere Viskosität auf als unbehandeltes Sojaöl; 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 Kunststoffteile gegenüber dem Methylester beständig sein.

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.

Literatur

Norbert Schmitz, Jan Henke, Gernot Klepper : *Biokraftstoffe - Eine vergleichende Analyse* [3]. 2. Auflage, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2009

Referenzen

[1] Viskosität von Biodiesel bei *hydrogeit*.de (http://www.hydrogeit.de/biodiesel.htm)

[2] Norbert Schmitz, Jan Henke, Gernot Klepper : *Biokraftstoffe - Eine vergleichende Analyse* (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?id=1202&idtitel=236). 2. Auflage, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2009

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

Sojaöl

Sojaöl	
Rohstoffpflanze(n)	Sojabohne (*Glycine max* (L.) Merr.)
Farbe	hellgelb
Inhaltsstoffe	
Ölsäure	14-39 %[1] , 23-31 %[2]
Linolsäure	48-59 %[1] , 49-51 %[2]
Linolensäure	5-11 %[1] , 2-11 %[2]
Weitere Fettsäuren	2-11 % Palmitinsäure,[2] 2-7 % Stearinsäure[2]
Σ gesättigte Fettsäuren	14 %
Σ einfach ungesättigte Fettsäuren	24 %
Σ mehrfach ungesättigte Fettsäuren	62 %
Eigenschaften	
Dichte	0,93 kg/dm^3[3]
Viskosität	63,5 mm^2/s[3]
Oxidationsstabilität	6,0
Rauchpunkt	213 °C[4]
Flammpunkt	350 °C[3]
Iodzahl	114-138[3]
Brennwert	37,1 MJ/kg[3]
Cetanzahl	39[3]
Herstellung & Verbrauch	
Produktion weltweit	37,7 Mio. t (2007/08)[5]
Wichtigste Produktionsländer	USA, Argentinien, China, Brasilien
Verwendung	Nahrungsmittel, Futtermittel, Bioenergie, Oleochemie

Sojaöl (auch *Sojabohnenöl*, Oleum sojae) ist ein aus der Sojabohne (*Glycine max*) gewonnenes pflanzliches Öl, das hauptsächlich als Nahrungsmittel Verwendung findet. In den letzten Jahren wird es vor allem in den Vereinigten Staaten auch verstärkt zur Herstellung von Biodiesel verwendet, daneben gibt es eine Reihe weiterer Nutzungen.

Gewinnung

Das Sojaöl kann sowohl durch Pressen wie auch durch eine Extraktion aus den Sojabohnen gewonnen werden.

Zur Extraktion des Sojaöls werden die Bohnen geschrotet, im Wassergehalt eingestellt, in Flocken gepresst und mit Hexan extrahiert. Das Öl wird raffiniert und für verschiedene Anwendungen verblendet; manchmal wird das Öl hydriert. In der Regel stellt das extrahierte Öl etwa 19 % des Trockengewichts der Bohnen dar, wobei der Ölgehalt direkt mit den Temperaturen und der Sonnenscheindauer während der Bohnenentwicklung korreliert.[6]

Eigenschaften

Sojaöl ist in seiner Farbe abhängig vom Gewinnungsprozeß. Dabei ist Sojaöl, dass durch Auspressen gewonnen wird, hellgelb währen extrahiertes Sojaöl bräunlich gelb ist. Der Geruch ist stechend, modrig oder nussig und wird als angenehm beschrieben.[2] Die Dichte beträgt 0,93 kg/dm^3[3] und die Viskosität 63,5 mm^2/s.[3]

Der hohe Anteil mehrfach ungesättigter, oxidationsempfindlicher Säuren führte zu Anwendungsproblemen im Ernährungsbereich. Daher kam es in den 1990er Jahren zu Sojabohnenölzüchtungen, die unter 1 % Linolensäure enthielten. Die partielle Hydrierung der Öle an Nickel-Katalysatoren führt zu trans-Säuren, während natürliche Öle in der cis-Form vorlagen. Je nach Zusammensetzung und Bearbeitung wurden Sojaöl verschiedene CAS-Nummern zugewiesen; 8001-22-7 für das reine Öl bzw. seine Extrakte und 8013-07-8 als epoxidiertes Sojaöl (mit mindestens 7 % Oxiransauerstoffgehalt).

Produktionsvolumen

Sojaöl stellt in der Weltölproduktion mit einem Anteil von 32 % weltweit vor Palm- und Rapsöl das am meisten produzierte Pflanzenöl dar. Die Produktionsmenge steigt jährlich zurzeit um etwa 5,5 % und erreichte 2006/07 eine Rekordmarke von 35.823 Millionen Tonnen, was einer Verfünffachung der Produktion von 1970/71 mit 6.199 Tonnen entspricht. 26 % der Weltproduktion werden in den USA produziert, 15 % stammen aus Brasilien und 7 % aus der Europäischen Union.[6]

Anwendungen

Während das Sojaöl eine Reihe von Anwendungsgebiete besitzt, werden die als Kuppelprodukte anfallenden proteinreichen Rückstände in Form von Sojaextraktionsschrot udn Sojapresskuchen in der Regel als Futtermittel in der Tierhaltung verwendet.

Nahrungsmittel

Die Hauptverwendung von Sojaöl findet in der Ernährung statt, wo es für ein großes Spektrum von Salatölen, Backfetten bis zu Margarine genutzt wird. Es ist zudem in einer Reihe von Fertigprodukten als Pflanzenölbestandteil enthalten. Vor allem in den USA ist Sojaöl das am meisten verwendete Pflanzenöl in der Küche - 80 % der Margarineproduktion und mehr als 75 % der Gesamtnutzung pflanzlicher Fette und Öle in den USA stellt Sojaöl dar.[6]

Durch den hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren, vor allem der Omega-3-Fettsäure Linolensäure, wird Sojaöl eine positive Wirkung bei der Reduzierung von Herzerkrankungsrisiken zugeschrieben. Äußerlich wird es in der Dermatologie bei Hautkrankheiten angewendet.

Technische und sonstige Anwendungen

Biodiesel aus Sojaöl

Wie andere Pflanzenöle wird auch Sojaöl für eine Reihe von technischen Anwendungen genutzt. Vor allem in den letzten Jahr nahm seine Verwendung zur Herstellung von Biodiesel und Sojamethylester (SME) in den Vereinigten Staaten stark zu.

Außerdem dient als schnelltrocknendes Öl zur Herstellung von Alkydharzen, Anstrichfarben und Spachtelmassen[7] sowie seit 1987 insbesondere für Druckfarben.[2] So werden in den USA etwa 50 % aller Zeitungen und sogar 75 % aller Tageszeitungen heute mit Druckfarben auf Sojaölbasis gedruckt, in Europa liegt der Anteil bei etwa 15 %.[2] .

Die enthaltenen Fettsäuren finden vor allem Verwendung in Kosmetik- und Körperpflegemitteln sowie in einem großen Spektrum weiterer Anwendungen,[7] vor allem als Wirkstoffträger für lipidlösliche Pflanzeninhaltsstoffe und Vitamine sowie als Grundlage für Badeöle und Cremes.[2] Obwohl Sojaöl keine abstoßende Wirkung auf Insekten hat, wird es auch verwendet, um die nur kurze Wirkdauer ätherischer Öle wie Geranienöl zu verlängern.[8] [9]

Weblinks

- The Soy Daily Club, Artikel zum Thema Gesundheit und Sojaöl [10]
- Kommerzielle Informationen zum Thema Pflanzenöle [11]
- Homepage der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft [12]

Referenzen

[1] Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft: Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle (http://www.dgfett.de/material/fszus.htm) (PDF)

[2] Sabine Krist, Gerhard Buchbauer, Carina Klausberger: Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle. Springer Verlag, Wien 2008; S. 428-434. ISBN 978-3-211-75606-5.

[3] FNR: Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland. Oktober 2008. (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_174-basisdaten_biokraftstoff-freigabe.pdf) (pdf)

[4] Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 2002: Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke. Reihe: Materialien Umwelt & Entwicklung Bayern. S. 18.

[5] Graser, S.; Jack, N.; Pantoulier, S. (Hrsg.): Agrarmärkte 2007. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 4/2008, S. 83-85

[6] *Soybean Oil.* In: Commodity Research Bureau: *The CRB Commodity Yearbook 2008.* John Wiley & Sons, New Jersey 2008; S. 243. ISBN 978-0-470-23021-3.

[7] Stichwort *Soybean Oil* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 264. ISBN 3-527-30114-3.

[8] Barnard, D.R. and R. Xue. 2004. Laboratory evaluation of mosquito repellents against Aedes albopictus, Culex nigripalpus, and Ochlerotatus triseriatus (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 41(4):726-730.

[9] Fradin, M.S. and J.F. Day. 2002. Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. N. Engl. J. Med. 347:13-18.

[10] http://thesoydailyclub.com/NewsPage.cfm?CategoryID=0

[11] http://www.oilworld.biz/app.php?ista=0ab4c229f1ba9987515142e7967bea75

[12] http://www.dgfett.de/index.htm

Sonnenblume

Sonnenblume
Sonnenblume (*Helianthus annuus*)
Systematik
Ordnung: Asternartige (Asterales)
Familie: Korbblütler (Asteraceae)
Unterfamilie: Asteroideae
Tribus: Heliantheae
Gattung: Sonnenblumen (*Helianthus*)
Art: Sonnenblume
Wissenschaftlicher Name
Helianthus annuus
L.

Die **Sonnenblume** im engeren Sinne (*Helianthus annuus*) ist eine Pflanzenart aus der Gattung der Sonnenblumen (*Helianthus*) innerhalb der Familie der Korbblütler (Asteraceae).

geschlossener Blütenkopf

Herkunft

Die wilde Sonnenblume hatte ein großes Verbreitungsgebiet, das sich von Nord- bis Mittelamerika erstreckte. Neueste archäologische Forschungen zeigen, dass die Sonnenblume etwa 2500 v. Chr. sowohl in der Region des Mississippi als auch in Mexiko City domestiziert wurde [1] . Francisco Pizarro beobachtete Inkas, welche die Sonnenblume als Abbild ihres Gottes verehrten. Sowohl Abbildungen

wie auch Samen der Sonnenblume wurden 1552 von spanischen Seefahrern aus Amerika nach Europa gebracht. Dort wurde sie zunächst als Zierpflanze angebaut.

Sonnenblumenfeld

Heliotropismus

In vielen Sprachen taucht im Namen der Sonnenblume das Wort Sonne auf, auf englisch heißt sie *sunflower*, auf niederländisch *zonnebloem*, auf russisch *Подсолнечник* (*Podsolnetschnik*, dtsch.: »unter der Sonne«), auf französisch *tournesol*, auf spanisch und portugiesisch *girasol*, auf italienisch *girasole*, auf rumänisch *floarea soarelui*, auf ungarisch *napraforgó*, auf finnisch *auringonkukka* und auf serbokroatisch *suncokret*. *Girasol(e)*, *tournesol*, *napraforgó* und *suncokret* bedeuten soviel wie »die sich nach/zu der Sonne dreht«. Diese Eigenart der Pflanze, sich immer dem Sonnenlicht zuzuwenden, nennt man Heliotropismus. An sonnigen Tagen verfolgt die Knospe die Sonne auf ihrer Reise entlang des Himmels von Ost nach West, während sie nachts oder in der Morgendämmerung auf ihre nach Osten gerichtete Position zurückkehrt. Auch wenn dies vielfach für die reifende Pflanze angenommen wird, so drehen sich nur die Blätter und Knospen nach der Sonne, nicht jedoch die Fruchtstände. Diese weisen in der Regel nach Osten – dorthin, wo die Sonne aufgeht. Die Bewegung wird von Motorzellen im Pulvinus, einem flexiblen Segment des Stamms gerade unterhalb der Knospe, ausgeführt. Der Stamm verhärtet am Ende der Knospenstufe seine östliche Ausrichtung und, wenn die Überstrahlungsstufe erreicht wird, »friert« der Stamm sie gewissermaßen ein. Auf diese Art blühende Sonnenblumen sind nicht mehr heliotrop und die meisten Köpfchen zeigen in Richtung des Sonnenaufgangs.

Weit fortgeschrittener Blütenstand einer Sonnenblume.

Unterseite der tellerförmigen Korbblüte.

Ursprung des Namens

Die botanische Bezeichnung für Sonnenblume, *Helianthus annuus*, leitet sich von den griechischen Wörtern *helios* (Sonne) und *anthos* (Blume). Der Name stammt aus der griechischen Mythologie und ist in einem Gedicht von Ovid überliefert: Einst verliebte sich das Mädchen Clytia in den Sonnengott Apollon. Die Verliebte tat nichts, außer neun Tage lang nur zu schauen, wie Apollon seinen Wagen über den Himmel bewegte. Daraufhin wurde sie in eine Blume („Helianthus“) verwandelt. Da die heute als Sonnenblume bezeichnete Pflanze aus Amerika stammt, muss das Gewächs aus der griechischen Mythologie etwas anderes gewesen sein; vermutlich ein Vertreter der Gattung Sonnenwenden (*Heliotropium*). Das Epitheton *annuus* leitet sich von der Bezeichnung für „jährlich“ ab und bezieht sich auf die einjährige Vegetationsphase.

Sonnenblumenkerne in einem Blütenstand

Anbau

Optimales Wachstum zeigen Sonnenblumen, die auf humus- und nährstoffreichen Böden (Stickstoffdüngung ca. 100 kg N/ha) mit guter Wasserversorgung und einer Wärmesumme über 1450 °C gesät wurden. Die Aussaat erfolgt am besten bei 7 bis 8 °C Bodentemperatur Anfang April. Die Samen sollten einzeln einen Abstand von 45 cm haben (Anbau in Breitreihenkultur) und in 2,5 cm Tiefe liegen. Bei einer Saatdichte von 6 bis 7 Pflanzen/Quadratmeter wachsen dann pro Hektar 60.000 bis 70.000 Sonnenblumen.

Sonnenblumenkerne mit und ohne Schale

Nutzung

Ab dem 17. Jahrhundert verwendete man die Kerne für Backwaren oder geröstet als Ersatz für Kaffee und Trinkschokolade. Erst seit dem 19. Jahrhundert wird die Sonnenblume auch als Ölpflanze genutzt. Außerdem werden die Kerne als „Imbiss“ gegessen sowie direkt zum Kochen und als Zugabe zu Salaten verwendet. Daneben spielt die Verwendung als Vogelfutter eine große Rolle. Hauptanbaugebiete sind China, Russland, die Ukraine, die Vereinigten Staaten und Europa.

Keimlinge

Sonnenblumenöl

→ *Hauptartikel: Sonnenblumenöl*

Das Sonnenblumenöl ist sehr wertvoll für die menschliche Ernährung und kann wegen seiner hohen Hitzebeständigkeit auch als Frittieröl verwendet werden. Bei landwirtschaftlich genutzten Sonnenblumen liegt der Ölgehalt der Frucht zwischen 48 und 52 %. Sonnenblumenöl, gepresst aus den Samen, wird zum Kochen verwendet. Unraffiniertes Öl, wie es in osteuropäischen Ländern häufiger anzutreffen ist, weist im Gegensatz zu raffiniertem Öl einen starken Eigengeschmack auf und eignet sich daher besonders als Geschmacksträger für die Zubereitung von Kochspeisen und Salaten. Raffiniertes Öl kann in Schmieröl, Treibstoffen und Weichmachern verwendet werden. Die Pressrückstände bzw. das entfettete Mehl können als Viehfutter dienen.

Neben der Verwendung als Speiseöl wird Sonnenblumenöl auch in Pharmazie und Medizin sowie für industrielle Verwendungen eingesetzt. In der Pharmazie stellt das Öl ein Füllmaterial in Weichgelatinekapseln dar, daneben wird es für Salben und Cremes verwendet und kann Olivenöl oder Erdnussöl in Medizinprodukten ersetzen. Traditionell angewendet wird Sonnenblumenöl bei Verstopfung sowie äußerlich zur Wundbehandlung und bei Rheuma.[2]

Industriell wird Sonnenblumenöl für Farben und Lacke verwendet, zudem ist es in Öl- und Künstlerfarben enthalten. Auch in der Lederbearbeitung und in der Tuchfabrikation (Konservierungsmittel) wird es eingesetzt.[2] Als Biokraftstoff kann reines Sonnenblumenöl als Pflanzenölkraftstoff eingesetzt werden, anders als bei Rapsölkraftstoff sind die Kraftstoffqualitäten jedoch nur wenig erforscht, und die Ermäßigung der Mineralölsteuer entfällt. Üblich ist dagegen die Erzeugung von Biodiesel aus Sonneblumenöl: Rund 10% des 2007 in Europa erzeugten Biodiesels bestehen aus Sonnenblumenöl (Sonnenblumenöl-Methylester, SME)[3] .

Sonnenblumenkerne

Zu den Inhaltsstoffen gehören über 90 % ungesättigte Fettsäuren, Vitamin E, Vitamin D, Vitamin K, Vitamin B, Vitamin A, Vitamin F, Karotin, Calcium, Iod und Magnesium. Sie machen die Sonnenblumenkerne zu einem gesunden Nährmittel. Das Öl der Kerne stärkt Herz und Kreislauf, sorgt für starke Knochen und dient der Vorbeugung gegen Zahnfleischbluten und Parodontose. In Russland werden geröstete Sonnenblumenkerne als sog. *Semitschki* gegessen. Dort sind sie bereits abgepackt in Tüten fertig zu kaufen und werden unterwegs geschält und gegessen.

Entgiftende Wirkung

In der russischen und ukrainischen Volksmedizin wird Sonnenblumenöl für das sogenannte Ölziehen verwendet. Diese Praktik soll dazu dienen, den Organismus zu entgiften und zu entschlacken.

Des Weiteren besitzt die Pflanze die Fähigkeit, dem Boden Schadstoffe zu entziehen, aufgrund dessen sie auch zur Reinigung von belasteten Böden eingesetzt wird.

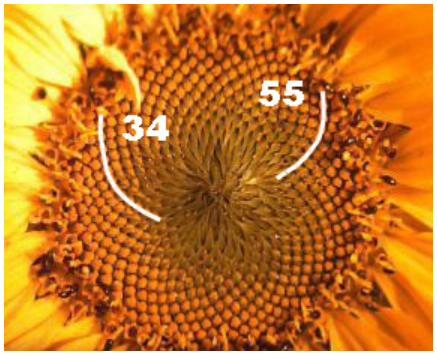
Typen

Sonnenblumen lassen sich in vier Typen unterteilen:

- Der *Öltyp* weist besonders viele Röhrenblüten auf. Die Sonnenblumenkerne besitzen einen sehr geringen Schalenanteil. Für einen Liter Öl werden die Kerne von rund 60 Sonnenblumen benötigt.
- Der *Futtertyp* bildet besonders viel Blattsubstanz aus. Er findet Verwendung als Grünfutterpflanze und zur Silagegewinnung sowie im Stoppelfruchtanbau zur Gründüngung.
- Der *Ziertyp* wächst in Gärten und besitzt oft mehrere Blütenstände pro Pflanze.
- Der *Speisetyp* zeichnet sich durch große und locker sitzende Kerne aus. Zu erwähnen sind auch neue transgene Sorten, die gegen einige Krankheiten immun sind.

Mathematisches

Wie viele andere Pflanzen weist die Sonnenblume im Bauplan ihres Blütenstandes Spiralen auf, deren Anzahl durch die Fibonacci-Folge gegeben ist. Das ist der Fall, weil der Winkel zwischen architektonisch benachbarten Samen bzw. Teilblüten bezüglich der Pflanzenachse der Goldene Winkel ist. Hintergrund ist der Umstand, dass die rationalen Zahlen, die den zugrunde liegenden Goldenen Schnitt am besten approximieren (annähern), Brüche von aufeinanderfolgenden Fibonacci-Zahlen sind. Die Spiralen werden daher von Pflanzenelementen gebildet, deren Platznummern sich durch die Fibonacci-Zahl im Nenner unterscheiden und damit fast in die gleiche Richtung weisen.



Sonnenblume mit 34 und 55 Fibonacci-Spiralen.

Auch im vegetativen Bereich sind die Seitenorgane (Blätter und Blütenstände) so angeordnet, dass die Pflanze die beste Lichtausbeute erzielt. Der Versatz um das irrationale Verhältnis des Goldenen Winkels sorgt dafür, dass ein Organ nie genau senkrecht über einem anderen steht, sondern sich bei optimaler Raumnutzung gegenseitig nur wenig beschatten.

Sonnenblumensorten (Auswahl)

Zwergsorten erreichen eine Höhe bis zu 70 cm. Sie sind standfester als die meterhoch wachsenden Sonnenblumensorten und bieten sich für Balkonkästen an. Zu den Sorten gehören:

- 'Sunspot', die goldgelb blüht und 40 bis 60 Zentimeter hoch wird.
- 'Double Dandy', die halbgefüllte, pollenfreie rote Blüten hat und etwa 60 Zentimeter hoch wird.

Hochwachsende Sorten sind:

- 'Ring of Fire', bis zu 120 cm hoch, rot-gelb geflammte Blütenblätter
- 'Sunrich Orange', bis zu 170 cm hoch, orange Blüten
- 'Titan', bis zu 3,50 m hoch, leuchtend gelbe Blüten
- 'King Kong', bis über 4 m hoch mit riesigen Korbblüten

Eine rote Farbvariante der Sonnenblume

Symbolisches

- Die Sonnenblume ist als „*Helianth*“ der Titel des bedeutendsten Romans von Albrecht Schaeffer.
- Weiterhin ist sie ein Staatssymbol des US-Staates Kansas und eine der Stadtblumen von Kitakyushu, Japan.
- Sie ist ferner das Erkennungssymbol der politischen Partei Bündnis 90/Die Grünen, sowie anderer internationaler und ökologisch orientierter Parteien aus den Neuen Sozialen Bewegungen.
- Außerdem wird die Sonnenblume oftmals als Symbol für persönliches Wachstum/Entwicklung gesehen.
- Weiterhin stehen Sonnenblumen als Zeichen der Hippiebewegung (Blumenkinder).
- Ein Ausflugsschiff für Pflegebedürftige: MS De Zonnebloem

Kurioses

2009 hat Hans-Peter Schiffer aus Kaarst in seinem Garten eine Sonnenblume von 8,03 m Höhe gezogen. Mit diesem Exemplar will er in das Guinnesbuch der Rekorde.[4]

Literatur

- S. Krist, G. Buchbauer und C. Klausberger, 2008: *Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle.* Springer Verlag, Wien. S. 434-441. ISBN 978-3-211-75606-5
- Atlant Bieri: *Zweimal gehegt, stets gepflegt.* [5] Neue Zürcher Zeitung NZZ am Sonntag, Zürich, 25. Mai 2008, S. 84
- Walter Schuster, Die Züchtung der Sonnenblume, 1993, ISBN 3-489-53310-0

Referenzen

[1] Atlant Bieri: *Zweimal gehegt, stets gepflegt*. NZZ am Sonntag, Zürich, 25. Mai 2008, S. 84

[2] S. Krist, G. Buchbauer und C. Klausberger, 2008: *Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle.* Springer Verlag, Wien. S. 434-441. ISBN 978-3-211-75606-5

[3] www.biokraftstoff-portal.de: Globale Biodieselproduktion verbraucht rund acht Millionen Tonnen Pflanzenöl. (http://www.biokraftstoff-portal.de/bb-be/index.php?tpl=aktn&id=3561&kr=&bk=&bs=&hl=Sonnenblumenöl&sr=1&red=aktlistn) Nachricht vom 17.03.2008, abgerufen am 27.10.2009

[4] „Ein riesiges Geschenk Gottes“ (http://www.faz.net/s/Rub9FAE69CECEA948EAAFE2806B54BF78AA/Doc~ECF9125AAD2824A7488A9601BF16AEA24~ATpl~Ecommon~Scontent.html?rss_aktuell)

[5] http://www.atlant.ch/webpage/index.php?option=com_content&task=view&id=85&Itemid=41

Sonnenblumenöl

Sonnenblumenöl	
Rohstoffpflanze(n)	Sonnenblume (*Helianthus annuus*)
Herkunft	Samen
Farbe	hellgelb
Inhaltsstoffe	
Ölsäure	14-39%[1] (HO-Sorten:70-92%)[2]
Linolsäure	48-74% (HO:2-17%)[1]
Linolensäure	0-0,3%[1]
Weitere Fettsäuren	5-8% (HO:3-5%) Palmitins., 3-6% Stearins.[1]
Σ gesättigte Fettsäuren	8
Σ einfach ungesättigte Fettsäuren	27
Σ mehrfach ungesättigte Fettsäuren	65
Eigenschaften	
Dichte	0,93 kg/l bei 15 °C[3]
Viskosität	68,9 mm^2/s[3]
Oxidationsstabilität	1,5-2,5 h (raffiniert)[4]

Schmelzpunkt	-16 bis -18 °C[2]
Rauchpunkt	209-213 °C[5]
Flammpunkt	316[3]
Iodzahl	118-144[3]
Brennwert	37,1 MJ/kg[3]
Cetanzahl	36[3]
Herstellung & Verbrauch	
Produktion weltweit	10,0 Mio. t (2007/08)[6]
Wichtigste Produktionsländer	Russland, Europäische Union, Argentinien, Ukraine[6]
Verwendung	Lebensmittel, Futtermittel, Bioenergie, Industrie

Sonnenblumenöl ist ein aus den Samen der Sonnenblume gewonnenes Pflanzenöl, mit hellgelber Farbe und mildem Geschmack. Es ist reich an ungesättigten Fettsäuren und wird hauptsächlich in der Ernährung verwendet. Daneben wird Sonnenblumenöl zur Erzeugung von Biodiesel und für pharmazeutische und technische Zwecke benutzt. Sonnenblumenöl ist das Pflanzenöl mit der vierthöchsten Produktionsmenge weltweit.

Eigenschaften

Durch Kaltpressung gewonnenes Sonnenblumenöl ist hellgelb, heiß gepresstes ist rotgelb. Nach Extraktion und Raffination ist das Öl hellgelb und klar. Das Öl ist fast geruchlos, es riecht leicht aromatisch fettig, nussig und holzig und weist eine Röst- oder Grünnote auf. Der Geschmack ist mild.

Zusammensetzung

Die Fettsäurezusammensetzung im Sonnenblumenöl ist je nach Herkunft (Sorte) der Saat deutlich unterschiedlich. Neben dem herkömmlichen Sonnenblumenöl, bei dem ähnlich wie bei Distelöl Linolsäure mit 48 bis 74% ein Hauptbestandteil der ungesättigten Fettsäuren ist, werden verschiedene Sorten mit erhöhten Anteilen bestimmter Fettsäuren unterschieden.

Bei High-Oleic-Sonnenblumen (HO-Sonnenblumen) wurde durch konventionelle Züchtung der Anteil von Ölsäure auf 70-92% erhöht und der Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren auf ca. 10% gesenkt. High-Oleic-Sonnenblumenöl hat damit eine ähnliche Zusammensetzung wie Olivenöl. Dadurch soll eine höhere Hitzestabilität gewährleistet werden.

Weitere Sorten mit veränderten Fettsäureanteilen ergeben beispielsweise Sonnenblumenöl mit hohem Linolensäureanteil von 76%. Auch Sonnenblumenöle mit hohem Palmitin- und Linolsäureanteil (27,3% Palmitins./46,8% Linols.), mit hohem Palmitin- und Ölsäureanteil (24,6% Palmitins., 59,8% Linols.) oder mit hohem Stearin- und Ölsäureanteil (11% Stearins./79,1% Öls.) kommen vor.[2]

Fettsäuren in Sonnenblumenöl[1]			
Kurzbezeichnung	**Name**	**Anteil in %**	**Anteil in % (high oleic)**
C12:0	Laurinsäure	bis 0,1	-
C14:0	Myristinsäure	bis 0,2	bis 0,1
C16:0	Palmitinsäure	5,0-7,6	2,6-5,0
C16:1	Palmitoleinsäure	bis 0,3	bis 0,1
C17:0	Margarinsäure	bis 0,2	bis 0,1
C17:1	Delta-9-cis-Heptadecensäure	bis 0,1	bis 0,1
C18:0	Stearinsäure	2,7-6,5	2,9-6,2
C18:1	Ölsäure	14,0-39,4	75,0-90,7
C18:2	Linolsäure	48,3-74,0	2,1-17,0
C18:3	Linolensäure	bis 0,3	bis 0,3
C20:0	Arachinsäure	0,1-0,5	0,2-0,5
C20:1	Gadoleinsäure	bis 0,3	0,1-0,5
C22:0	Behensäure	0,3-1,5	0,5-16
C22:1	Cetoleinsäure	bis 0,3	bis 0,3
C22:2	Delta-13-cis, 16-cis-Docosadiensäure	bis 0,3	-
C24:0	Lignocerinsäure	bis 0,5	bis 0,5

Der Großteil aller in Pflanzenölen vorliegenden Fettsäuren ist als Triglycerid an einen Glycerinrest gebunden. Der Anteil freier Fettsäuren (FFA) im Sonnenblumenöl liegt mit unter 1,8% vergleichsweise niedrig, die Peroxidzahl ist unter 8,0 meq/kg. Auffällig ist der hohe Vitamin E-Gehalt in Sonnenblumenöl. Dieser schützt vor oxidativem Verderb und verbessert daher die Lagerfähigkeit.[7]

Bei Kaltpressung des Öls bleiben viele Vitamine und ernährungsphysiologisch wertvolle Fettsäuren in ihrer bioaktiven Form erhalten, wenn die Flüssigkeit nicht über 30 °C erwärmt wird.

Geschichte

Sonnenblumenöl wurde in Nordamerika bereits vor drei bis vier Jahrtausenden genutzt. Vermutlich brachten spanische Entdecker die Ölpflanze mit nach Europa, wo sie vor allem in Italien, Deutschland und Frankreich genutzt wurde. Heute ist Russland der wichtigste Erzeuger von Sonnenblumenöl, weitere wichtige Erzeugerregionen sind die EU, Argentinien und die Ukraine. Mit einer geschätzten weltweiten Produktionsmenge von 11,5 Mio t (Wirtschaftsjahr 2008/09) ist Sonnenblumenöl nach Palm-, Soja- und Rapsöl das mengenmäßig viertwichtigste Pflanzenöl.[8]

Gewinnung und Lagerung

Zur Gewinnung des Öl werden die reifen Sonnenblumensamen geschält, gemahlen und anschließend kalt ausgepresst, für die industrielle Verwendung ist auch die Heißpressung möglich. Eine höhere Ölausbeute ist durch Extraktion möglich. Das gewonnene Öl wird teilweise raffiniert, um unerwünschte Bestandteile zu entfernen.

Pflanzenöl wird kühl (< 20 °C), trocken und lichtgeschützt gelagert. Sonnenblumenöl ist vergleichsweise lagerstabil, die Haltbarkeit liegt bei max. 12 Monaten nach der Produktion.

Aus geschälten Sonnenblumenkernen wird das Öl gepresst.

Verwendung

Neben der Verwendung als Speiseöl wird Sonnenblumenöl auch in Pharmazie und Medizin sowie für industrielle Verwendungen eingesetzt. Das Pflanzenöl gilt als wertvolles Speiseöl, das vielseitig verwendbar ist: in Salaten und ungekochten Gerichten, Dressings und Saucen sowie beim schonenden Dünsten von Gemüse. Sonnenblumenöl von "High Oleic"-Sorten ist hitzestabiler und wird daher auch zum Frittieren eingesetzt. Sonnenblumenöl eignet sich auch zur Verwendung in Babynahrung sowie zur Herstellung von Mayonnaise und Margarine.

In der Pharmazie stellt das Öl ein Füllmaterial in Weichgelatinekapseln dar, daneben wird es für Salben und Cremes verwendet und kann Olivenöl oder Erdnussöl in Medizinprodukten ersetzen. Traditionell angewendet wird Sonnenblumenöl bei Verstopfung sowie äußerlich zur Wundbehandlung und bei Rheuma.

Industriell wird Sonnenblumenöl für Farben und Lacke verwendet, zudem ist es in Öl- und Künstlerfarben enthalten. Auch in der Lederbearbeitung und in der Tuchfabrikation (Konservierungsmittel) wird es eingesetzt. Als Biokraftstoff kann reines Sonnenblumenöl als Pflanzenölkraftstoff eingesetzt werden, anders als bei Rapsölkraftstoff sind die Kraftstoffqualitäten jedoch nur wenig erforscht, und die Ermäßigung der Mineralölsteuer entfällt. Üblich ist dagegen die Erzeugung von Biodiesel aus Sonneblumenöl: Rund 10% des 2007 in Europa erzeugten Biodiesels bestehen aus Sonnenblumenöl (Sonnenblumenöl-Methylester, SME)[9] .

Literatur

- S. Krist, G. Buchbauer und C. Klausberger, 2008: Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle. Springer Verlag, Wien. S. 434-441. ISBN 978-3-211-75606-5

Referenzen

[1] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: *Deutsches Lebensmittelbuch - Leitsätze für Speisefette und Speiseöle.* (http://www.bmelv.de/cln_045/nn_854172/SharedDocs/downloads/02-Verbraucherschutz/Lebensmittelsicherheit/LeitsaetzeGesc-OrdnungLebensmittelbuch/LeitsaetzeSpeisefette,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/LeitsaetzeSpeisefette.pdf) 2008. (PDF)

[2] Krist et al.

[3] *Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland.* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_174-basisdaten_biokraftstoff-freigabe.pdf) In: *fnr-server.de.* Oktober 2008. (pdf)

[4] Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft: *Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle* (http://www.dgfett.de/material/fszus.htm). (PDF)

[5] Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: *Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke.* Materialien Umwelt & Entwicklung Bayern. München 2002, S. 18.

[6] Siegfried Graser, N. Jack, S. Pantoulier (Hrsg.): *Agrarmärkte 2007.* Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Bd 4. Freising-Weihenstephan 2008, S. 83-85. ISSN 1611-4159 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1611-4159)

[7] Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie, Technische Universität München: Regenerative Kraftstoffe auf Basis pflanzlicher Öle und tierischer Fette. (http://www.weihenstephan.de/blm/leu/forschung/kraftstoffe.shtml) Abgerufen am 27.10.2009

[8] Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2009: Agrarmärkte. Jahresheft 2008. S. 49-50 (pdf (http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_34638.pdf))

[9] www.biokraftstoff-portal.de: Globale Biodieselproduktion verbraucht rund acht Millionen Tonnen Pflanzenöl. (http://www.biokraftstoff-portal.de/bb-be/index.php?tpl=aktn&id=3561&kr=&bk=&bs=&hl=Sonnenblumenöl&sr=1&red=aktlistn) Nachricht vom 17.03.2008, abgerufen am 27.10.2009

Sorghumhirsen

Sorghumhirsen
Sorghum bicolor
Systematik
Monokotyledonen
Commeliniden
Ordnung: Süßgrasartige (Poales)
Familie: Süßgräser (Poaceae)
Unterfamilie: Panicoideae
Gattung: Sorghumhirsen
Wissenschaftlicher Name
Sorghum
Moench
Sektionen
• Sektion *Chaetosorghum* • Sektion *Heterosorghum* • Sektion *Parasorghum* • Sektion *Sorghum* • Sektion *Stiposorghum*

Als **Sorghumhirsen** werden die Arten der Gattung **Sorghum** (ˈzɔrgʊm) aus der Familie der Süßgräser (Poaceae) bezeichnet.

Wirtschaftlich bedeutendste Art dieses Taxons ist die Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*), die das wichtigste Brotgetreide in Afrika ist und auch in Südeuropa, Zentralamerika und Südasien angepflanzt wird. Es wird vornehmlich für die Produktion von Mehl und als Futter für Vieh verwendet und ist das Getreide, das 2008 die fünftgrößte Anbaufläche weltweit aufwies – nach Weizen, Mais, Reis und Gerste [1] . Es stammt ursprünglich aus Ostafrika und ist an heißes und trockenes Klima angepasst. Eine weitere bekannte Art ist das vor allem als Futterpflanze, aber auch als Energiepflanze eingesetzte Sudangras (*S. sudanense*).

Systematik und Nomenklatur

(siehe auch Artikel Hirse und Panicoideae)

Die Sorghumhirsen (*Sorghum sp.*) gehören zu einer Gattung aus dem Tribus Andropogoneae der Unterfamilie Panicoideae, die zur Familie der Poaceae gehört. Den Andropogoneae werden auch andere, bedeutende Nutzpflanzen, wie z. B. Mais (*Zea mays*) und Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*), zugeordnet.[2] [3] In der Unterfamilie Panicoideae finden sich weitere Gattungen bzw. Arten, die als Hirse bezeichnet werden. Wirtschaftlich bedeutende Arten dieses Getreides können so auch den Gattungen *Pennisetum* (z. B. Perlhirse), *Panicum* (z. B. Rispenhirse), etc. angehören. Auch landwirtschaftlich genutzte Arten anderer Unterfamilien, wie z. B. der Chloridoideae, werden als Hirse bezeichnet, wie z. B. die Fingerhirse (*Eleusine coracana*) aus der Gattung *Eleusine*. Auch bestimmte Ungräser, wie z. B. die in Deutschland bedeutende Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) aus der Unterfamilie Panicoideae, tragen die Bezeichnung Hirse. Die Sorghumhirsen stellen somit nur einen Teil der als Hirse bezeichneten Arten.

Die wirtschaftlich bedeutende Sorghumhirseart *Mohrenhirse* wird gelegentlich als *die Sorghumhirse* bezeichnet, obwohl diese Bezeichnung nach obiger Definition alle Arten der Gattung umfasst.[4]

Beschreibung

Sorghumhirsen ähneln im Pflanzenaufbau (Morphologie) dem Mais. Sie erreichen Wuchshöhen von bis zu 5 m und haben mit Mark gefüllte Halme, die an den Knoten Seitentriebe bilden können. Die Rispen sind 10 bis 60 cm lang und tragen Ästchen mit je zwei Ährchen, das obere bildet eine zwittrige, das untere zwei männliche Blüten. Die unbespelzten Körner sind 4 bis 5 mm dick, rund und von weißem, gelblichem bis rotem Farbton.

Arten

In der Gattung Sorghumhirsen *Sorghum* gibt es etwa 30 Arten:[2]

Sorghum bicolor in Burkina Faso.

- *Sorghum almum*
- *Sorghum* × *almum* (= *S. bicolor* × *S. halepense*)
- *Sorghum amplum*
- *Sorghum angustum*
- *Sorghum arundinaceum* (Syn.: *Sorghum virgatum* (Hack.) Stapf)
- Mohrenhirse *Sorghum bicolor*, siehe Bild rechts
- *Sorghum brachypodum*
- *Sorghum bulbosum*
- *Sorghum burmahicum*
- *Sorghum* × *drummondii* (= *S. bicolor* × *S. arundinaceum*)
- *Sorghum ecarinatum*
- *Sorghum exstans*
- *Sorghum grande*
- *Sorghum halepense* (Wilde Mohrenhirse) (Syn.: *Andropogon controversus* Steud., *Andropogon halepensis* (L.) Brot., *Andropogon halepensis* var. *anatherus* Piper, *Andropogon miliaceus* Roxb., *Andropogon miliformis* Schult., *Holcus exiguus* Forssk., *Holcus halepensis* L., *Holcus halepensis* var. *miliformis* (Schult.) Hitchc., *Holcus sorghum* var. *exiguus* (Forssk.) Hitchc., *Sorghum controversum* (Steud.) Snowden, *Sorghum miliaceum* (Roxb.) Snowden, *Sorghum miliaceum* var. *parvispicula* Snowden)
- *Sorghum interjectum*
- *Sorghum intrans*
- *Sorghum laxiflorum*

- *Sorghum leiocladum*
- *Sorghum macrospermum*
- *Sorghum matarankense*
- *Sorghum nitidum*
- *Sorghum plumosum*
- *Sorghum propinquum*
- *Sorghum purpureosericeum*
- *Sorghum stipoideum*
- Sudangras *Sorghum sudanese*
- *Sorghum timorense*
- *Sorghum trichocladum*
- *Sorghum versicolor*
- *Sorghum vulgare* (Jowar)

Anbau und Verwendung

Anbau

(siehe auch Artikel Mohrenhirse und Sudangras)

Die genetische Herkunft der landwirtschaftlich bedeutenden Art *Sorghum bicolor* liegt im heutigen Äthiopien. Sorghum wurde im südsaharischen Afrika domestiziert. Ab ca. 2000 v. Chr. lässt sich Sorghum auch in Zentralindien nachweisen, zusammen mit anderen afrikanischen Kulturpflanzen wie Lablab (*Lablab purpureus*) und der Augenbohne (*Vigna unguiculata*). In Ägypten wurde es in der frühislamischen Zeit zu einer wichtigen Nutzpflanze.

Weltweit wurden 2007/08 rund 66 Mio. t Sorghum geerntet, wovon fast 31 Mio. t als Futtermittel verwendet wurden. Der EU-Import wird auf 3,5 Mio. t geschätzt, die weltweit größten Exporteure sind die USA und Argentinien.[5] In 2008/09 betrug die Erntemenge rund 62 Mio. t.[6]

Die heutigen Erträge liegen meist um 10 dt/ha, in den USA werden durch Hybridzüchtung dagegen 42 dt/ha, bei idealer Bewässerung und Düngung bis zu 100 dt/ha erreicht. Daher ist der Hauptproduzent von Sorghum auch die USA mit fast 12 Mio. t (2008/09), obwohl die Anbauflächen in Afrika und Asien deutlich ausgedehnter sind.

Angaben des United States Department of Agriculture (USDA) und der Food and Agriculture Organization (FAO) zu den größten Anbauländern liegen nur für die gesamte Gattung der Sorghumhirsen vor, wobei dies mutmaßlich überwiegend *Sorghum bicolor* ist. Folgende Tabelle gibt einen Überblick auf Basis des USDA:

Die größten Produzenten von Sorghumhirsen (2008/09)[6]

Rang	Land	Produktion (in Tsd. t)	Anteil
1	Vereinigte Staaten	11.998	19,22 %
2	Nigeria	11.000	17,63 %
3	Indien	7.240	11,60 %
4	Mexiko	6.300	10,09 %
5	Sudan	4.700	7,53 %
6	Äthiopien	2.619	4,20 %
7	Australien	2.400	3.85 %
8	Argentinien	2.300	3,69 %

9	Brasilien	2.000	3,20 %
10	Burkina Faso	1.800	2,88 %
11	China	1.800	2,88 %
12	Niger	1.000	1,60 %
13	Ägypten	900	1,44 %
14	Tansania	900	1,44 %
15	EU-27	521	0,83 %
	Sonstige	4.932	7,90 %
	Welt	62.410	100,00 %

Nahrungs- und Futtermittel

(siehe auch Artikel Hirse)

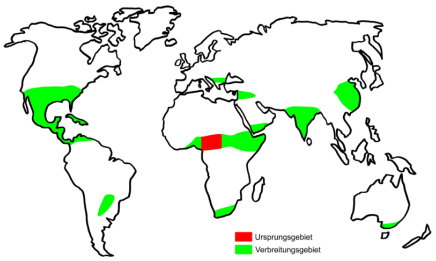
Sorghum bicolor eignet sich kaum zum Backen, findet aber in Form von Brei, Grütze oder Fladen Verwendung als Lebensmittel. Auch zur Bierherstellung wird es genutzt, zum Beispiel für das traditionell hergestellte *Dolo* in Westafrika, *Pombe* in Ostafrika und *Merisa* im Sudan. Für die industrielle Bierproduktion ist Sorghum von Bedeutung, da es für die Herstellung von glutenfreiem Bier für Menschen mit Glutenunverträglichkeit (Zöliakie) geeignet ist. Sorghum kann ähnlich dem Mais gut als ganze Pflanze als Futter verwendet werden, muss aber entweder frisch verfüttert[7] oder zur Senkung des Gehalts des cyanogenen Glycosids Dhurrin siliert oder getrocknet werden.

Wissenschaftler arbeiten derzeit an Sorghumsorten mit verbessertem Gehalten an Nährstoffen, wie Vitamin A, Zink, Eisen und mehreren Aminosäuren.[8]

Sorghum bicolor in Sachsen-Anhalt

Nachwachsender Rohstoff

(siehe auch Artikel Mohrenhirse und Sudangras)



Anbaugebiete

Zunehmende Bedeutung haben Sorghumhirsen als nachwachsende Rohstoffe. Untersuchungen zeigen den Wert von *Sorghum sudanense* und anderen Arten, wie der als Zuckerhirse bezeichneten zuckerreichen Form der Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*), als Energiepflanze zur Strom- oder Gaserzeugung aus Biomasse.[9] In den USA wird aus Zuckerhirse Bioethanol hergestellt. Eine parallele Nutzung der Fasern (*Faserhirse*) kann möglich sein. In Deutschland wird die Nutzbarkeit von Zuckerhirse und Sudangras als Gärsubstrat zur Erzeugung von Biogas intensiv untersucht.[10] [11]

Die Fachzeitschrift Nature berichtete im Juni 2007, dass die Volksrepublik China bis 2020 15 Prozent ihres Treibstoffbedarfs aus nachwachsenden Rohstoffen gewinnen und daher in wachsendem Maße vor allem Sorghum (statt Mais) anbauen will. [12]

Referenzen

[1] FAOSTAT: Statistik der FAO (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor), abgerufen am 4. April 2010

[2] www.ars-grin.gov: *GRIN Species Records of Sorghum* (http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/splist.pl?11304), Seite des Germplasm Resources Information Networks (GRIN) der United States Department of Agriculture (USDA), abgerufen am 4. April 2010

[3] www.ars-grin.gov: *GRIN Genera of Poaceae tribe Andropogoneae* (http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1469), Seite des Germplasm Resources Information Networks (GRIN) der United States Department of Agriculture (USDA), abgerufen am 4. April 2010

[4] *Sorghumhirse (Sorghum bicolor) als Energie- und Rohstoffpflanze* (http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/16459/07brs017a_sorghumhirse_als_energie_und_rohstoffpflanze.pdf), Informationsblatt des Technologie- und Förderzentrums des bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, abgerufen am 4. April 2010

[5] Andrea Meyer: Hirse - ein neues Futtermittel. In: Land & Forst 15/2008, S. 59.

[6] USDA (United States Department of Agriculture): Foreign Agricultural Service – Production, Supply and Distribution Online (http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx)

[7] René T. J. Chappers, Roman Footprints at Berenike. Los Angeles 2006

[8] http://www.grandchallenges.org/ImproveNutrition/Challenges/NutrientRichPlants/Pages/Sorghum.aspx

[9] Pfanzenbauliche Aspekte der NaWaRo-Beschaffung und der Verwertung der Gärsubstrate. Laurenz, L., 2005. www.landwirtschaftskammer.de (http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/biogas/veroeffentlichungen/2005-11-09-laurenz.pdf) (pdf)

[10] Landwirtschaftskammer Niedersachsen/ 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe: *Nachwachsende Rohstoffe - Anbauhinweise für die energetische Nutzung und stoffliche Verwertung*, Oldenburg 2008, S. 11 bis 15

[11] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): *2. Symposium Energiepflanzen (2009)* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_413-pdf_413gfg_nr_band_34_energiepflanzen.pdf), Publikation zum Symposium am 17./18. November 2009, aus der Reihe Gülzower Fachgespräche, Band 34, 291-seitig, als pdf

[12] W. Dongjun: *China looks for alternative biofuel options.* In: Nature, Band 447, 21. Juni 2007, S. 897

Spanplatte

Spanplatten, oft auch als **Flachpressplatten** (P2 bis P7, ehemals FPY) bezeichnet, sind die größte und bekannteste Untergruppe der Holzspanwerkstoffe. Sie bestehen aus unterschiedlich großen beleimten Spänen, die in zumeist drei bis fünf Schichten zu Mehrschichtplatten verpresst werden. Die äußeren Schichten bestehen dabei fast immer aus dem feineren Spanmaterial, insbesondere wenn sie anschließend zu dekorativen Zwecken beschichtet werden (z.B. im Möbelbau). Da der massive Holzverbund aufgehoben ist, haben diese Platten in Richtung der Plattenebene, also Länge und Breite der Platte, nahezu die gleichen Quell- und Schwindeigenschaften, allerdings auch wesentlich geringere Festigkeiten als Vollholz.

Ein kleines Stück einer Flachpressplatte

Geschichte

Sie wurde in den 1930er-Jahren vom Deutschen Max Himmelheber erfunden, um den Verwertungsgrad von Bäumen, der damals um die 40 Prozent betrug, zu steigern. Da für Spanplatten neben Klebstoff hauptsächlich Holzabfälle wie Holzspäne und Sägemehl, aber auch Äste verwendet werden, beträgt der Verwertungsanteil heute rund 80 Prozent.

Der Querschnitt einer 16 mm starken Flachpressplatte

Die Grundlagen, die zur Entwicklung der NOVOPAN-Spanplatte führten, wurden seit Ende der Dreißiger Jahre durch Fred Fahrni (1907-1970) systematisch erarbeitet, wofür ihm später die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) in Zürich die Würde eines Ehrendoktors verlieh. 1946 entstand in Klingnau (Schweiz) das erste NOVOPAN-Werk, das erstmals in der Welt die industrielle Produktion großformatiger dreischichtiger Spanplatten aufnahm.

Die Oberfläche einer Flachpressplatte

Seit Himmelheber hat es nur wenig Weiterentwicklung bei der Herstellung von Spanplatten gegeben. Technisch erwähnenswert ist die Entwicklung von den Etagenpressen zu den modernen Contiroll-Anlagen, die einen Produktivitätsschub von rund 50% gebracht haben. Auf Seiten der Rohstoffe haben sich vor allem die Leimsysteme ausdifferenziert: Vom E2 Leim der 1970er Jahre zum E1 Leim, der heute Standard ist und weiter zu den E1-Halbe Leimen, die auf Anforderung von IKEA und den Umweltvorschriften Kaliforniens (CARB) entwickelt wurden. Ein weiterer Trend ist die Entwicklung von leichten Holzwerkstoffen. Hervorzuheben ist hier das von der BASF patentierte Konzept der Kaurit-Light (r)-Platten: In der Mittelschicht von Spanplatten wird Holz durch EPS (Styropor) ersetzt. Die Gewichteinsparung beträgt bis zu 30%, wobei sowohl Leim als auch Holz eingespart werden kann. Nolte Holzwerkstoff hat als erster Hersteller derartige Spanplatten unter dem Namen AirMaxx (R) hergestellt. AirMaxx-Werkstoffe werden in der Küchenindustrie (Arbeitsplatten), aber auch im Messe- und Ladenbau sowie im Schiffbau eingesetzt.

Da seit einigen Jahren die Produktion des Brennstoffes Holzpellets stark zunimmt, entstehen Nutzungskonkurrenzen zur Holzwerkstoffindustrie, die etwa drei Viertel der Sägespäne aus Sägewerken beispielsweise für die Spanplattenindustrie nutzt.

Merkmale und Klassifizierung

Die Einteilung der Spanplatten erfolgt nach Festigkeit und Feuchtebeständigkeit (früher V 20, V 100 und V 100 G).

allgemeine Verwendung (nicht Teil der Baustatik):	allgemein belastbar für tragende Verwendung als Teil der Baustatik	hochbelastbar für tragende Verwendung als Teil der Baustatik
P1 für leichte Verkleidungen im Trockenbereich	P4 Trockenbereich	P6 Trockenbereich
P2 für Möbel- und Innenausbau im Trockenbereich		
P3 im Feuchtbereich	P5 Feuchtbereich	P7 Feuchtbereich

Alle Holzwerkstoffe müssen ein **CE-Kennzeichen** aufweisen, das garantiert, dass nicht mehr als 0,124 mg Formaldehyd/m^3 abgegeben wird. Der PCP-Gehalt (Pflanzenschutzmittel Pentachlorphenol) darf maximal 5 ppm betragen. Die Brandschutzklasse D-s2,d0 bedeutet, dass die Platte normalentflammbar (D) ist und eine mittlere Rauchentwicklung (s2) beim Brennen hat. Es dürfen jedoch von der brennenden Platte keine Partikel abfallen (d0). Sollte eine Platte mit Holzschutzmitteln ausgerüstet sein, muss Art, Menge und Einbringverfahren im CE-Kennzeichen vermerkt sein.

Die Bezeichnung "Flachpressplatte" leitet sich von der Herstellungsweise, dem Flachpressverfahren (von den großen Flächen her) ab. Dabei werden die Späne in Richtung der Plattenebene ausgerichtet. Die andere Gruppe, die in Kammern von den Kanten gepressten Strangpressplatten ES (Vollplatten) und ET (mit Röhren) haben die Späne senkrecht zur Plattenebene. Sie sind dadurch weniger biegesteif und werden für Verkleidungen und Türfüllungen benutzt.

Flachpressplatten sind wurf- und windgeschüttet, wodurch bei der Herstellung ein allmählicher Übergang von der grobspanigen Mittelschicht zur feinen Deckschicht erreicht wird. Die Rohdichte beträgt etwa 660 kg/m^3. Einschichtplatten bestehen aus einer homogenen Schicht, Dreischicht- und Mehrschichtplatten aus mehreren Schichten, wobei die Mittellage grob und die äußeren Schichten immer feiner werden.

Technische Kennzahlen

Die folgenden Werte gelten für Platten der Normtypen V20 und V100:

Eigenschaften	Plattendicke in mm				
	bis 13	>13-20	>20-25	>25-32	>32-40
Rohdichte (kg/m³)	750-680	720-620	700-600	680-580	650-550
Biegefestigkeit flach (N/mm²)	25-18	22-16	20-15	18-13	15-12
Biege-E-Modul flach (N/mm²)	4500-3200	4000-2800	3500-2500	3000-2000	2500-1600
Biege-E-Modul hochkant (N/mm²)	2200	1900	1600	1300	1000
Biegefestigkeit hochkant (N/mm²)	18-13	15-12	13-11	12-10	11-9
Zugfestigkeit in Plattenebene (N/mm²)	10-8	10-8	9-7	9-7	8-6
Zug-E-Modul in Plattenebene (N/mm²)	3000-2500	2800-2300	2700-2200	2600-2100	2500-1900
Druckfestigkeit in Plattenebene (N/mm²)	15-13	15-13	14-12	14-12	13-11
Druck-E-Modul in Plattenebene (N/mm²)	3000-2500	2800-2300	2700-2200	2600-2100	2500-1900
Querzugfestigkeit trocken (N/mm²)	1,0-0,5	0,8-0,4	0,7-0,35	0,6-0,3	0,5-0,25
Blockscherfestigkeit (N/mm²)	2,8-1,4	2,2-1,1	2,0-1,0	1,0-0,9	1,4-0,7
Scherfestigkeit senkrecht zur Plattenebene (N/mm²)	10-7	9-6	9-6	8-5	8-5
Abhebefestigkeit (N/mm²)	1,6-0,8	1,6-0,8	1,6-0,8	1,6-0,8	1,6-0,8

Brinellhärte	50-40	45-35	45-35	40-30	40-30

Im Handel erhältliche Abmessungen

Dicke: 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 35 und 40 mm, extra dünn ab 2,5 mm (dann auch Dünnspanplatte genannt) und extra dick bis 80 mm.

Format: bis 5600 × 2070 (2100) mm oder im Dünnspanplatten bereich die Endlosplatte als Coil aufgewickelt bis zu 100 Meter lang.

Nut- und Feder: 2050 x 925 mm (Deckmaße 2040 x 915) und 2050 x 615 mm (Deckmaße 2040 x 605)

Herstellung

Spanplatten werden aus Kostengründen hauptsächlich aus Holzresten (Koppelprodukten der Holzbe- und verarbeitung), Durchforstungsholz und zunehmend auch Gebrauchtholz hergestellt. Weiterhin werden Klebstoffe (Holzleime und Zementmilch) zur Verbindung der Späne und diverse Netz- und Trennmittel für den Pressvorgang eingesetzt. Während des Herstellungsprozesses können Pilzschutzmittel und Feuerschutzmittel für spezielle Plattenanforderungen beigemischt werden.

Holzaufbereitung

Da eine Spanplatte eine möglichst glatte Oberfläche hat, aber gleichzeitig auch Belastungen standhalten soll, muss das Holz in verschiedenen Größen vorliegen. Kleine Teile für die Oberfläche (Deckschicht), möglichst große, flache Teile für den Kern (Mittelschicht), der die Belastung aufnimmt. Für die Oberfläche werden häufig Säge- und Hobelspäne eingesetzt. Für die Nachzerkleinerung dieser Stoffe verwendet man Zerfaserer (Refiner) oder Spezialmühlen. Die anderen Späne werden auf speziellen Zerspanermessern aus Voll- oder Sägerestholz erzeugt. Dabei ist darauf zu achten, dass die einzelnen Holzsorten mit dem Leim abgestimmt werden.

Nach der Zerspanung wird das Material getrocknet, dabei wird die Restfeuchte auf etwa 2 % reduziert. Dieser Prozess ist extrem feuergefährlich. Sehr häufig kommen Trommeltrockner zum Einsatz. Diese bestehen aus einer großen, leicht in Richtung Ausgang geneigten Trommel, die langsam um die Längsachse rotiert und dabei von heißer Luft durchströmt wird. In dieser bewegen sich die leichten Späne schneller fort als die schweren, dadurch wird eine gleichmäßige Trocknung erreicht.

Trockner

Anschließend wandern die Späne in Sichter, in denen sie nach Größe getrennt werden, zu große Teile werden nachverarbeitet oder werden zur Energiegewinnung verbrannt.

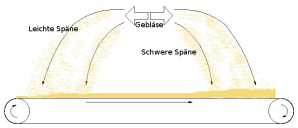
Verpressung

Über Bunker werden die Späne zur Beleimung gefördert und anschließend verpresst. Dabei kommen fast nur noch kontinuierliche Pressen zum Einsatz, die eine „unendliche“ Platte produzieren, die am Ende auf die richtige Länge geschnitten wird.

Eine derartige Presse ist bis zu 70 m lang und besteht aus zwei Endlos-Stahlbändern (Ober- und Unterseite), zwei beheizten Pressplatten, den Rollstäben, den Presszylindern, dem Heizsystem und einer Gegenheizung. Die Rollstäbe reichen über die gesamte Pressplattenbreite, werden seitlich von Ketten gehalten und von diesen mitgenommen. Sie befinden sich zw. der statischen Pressplatte und dem sich bewegenden Stahlband. Die Rollstäbe mindern die Reibung zwischen Heizplatte und Stahlband und garantieren die Wärmeübertragung. Zylinder und Heizsystem sind in Längsbereiche oben und unten unterteilt, um Temperatur und Druck separat steuern zu können. Quer sind jeweils

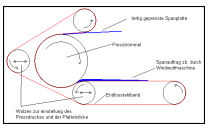
mehrere Zylinder angeordnet. Die Presstemperatur liegt etwa zwischen 200 °C und 250 °C.

Die Späne werden auf ein Förderband gestreut, mittels einer Windwurfmaschine wird dabei dafür gesorgt, dass die Oberflächen aus dem feinsten Streugut bestehen und die größten Teile in der Mitte des „Kuchens“ landen. In der Presse bindet unter Druck und Wärme der zugegebene Leim ab und es entsteht die Spanplatte. Diese wird auf die gewünschte Länge gesägt, besäumt und die Breitfläche normalerweise beschliffen. Vor dem Schliff kann noch eine Auskühlphase zwischengeschaltet sein. Der anfallende Staub wird teilweise in der Produktion für die Deckschicht verwendet, sonst zur Energiegewinnung verbrannt.



Funktionsweise Windwurfmaschine

Streubunker und Windwurfmaschine


Schema einer Spanplattenpresse

Sternwender zum Auskühlen der Platten

Hersteller

Zu den größten europäischen Herstellern zählen die österreichischen Unternehmen Kaindl und Egger. In Deutschland gehört Glunz, als Teil der portugiesischen Sonae Indústria, zu den größten Herstellern von Spanplatten und Holzwerkstoffen. Weitere wichtige Anbieter sind die Pfleiderer AG, die Wilhelm Mende GmbH & Co und speziell für die Möbelindustrie die Firma Nolte.

Nutzung

Hauptabnehmer von Spanplatten ist die Möbelindustrie, gefolgt von der Bauindustrie für den Innenausbau. Ungefähr 50 % der in Deutschland hergestellten Spanplatten werden zu Möbeln verarbeitet. In vielen Verwendungsbereichen kann die Spanplatte gleichermaßen wie Sperrholz eingesetzt werden und ersetzt dieses aus Kostengründen. Dort jedoch, wo hohe Anforderungen an die Festigkeit und Formstabilität des Werkstoffs gestellt werden, ist Sperrholz klar im Vorteil.

Wirtschaftliche Bedeutung

Deutschland ist der größte Hersteller von Holzwerkstoffen in Europa und die Spanplatte ist mengenmäßig das bedeutendste Produkt der deutschen Holzwerkstoffindustrie. 2008 wurden 7,5 Mio. m3 Spanplatten in Deutschland produziert. Im Vergleich zum Vorjahr sank die Produktion um 6,5%. Im gleichen Zeitraum wurden europaweit 34,5 Mio. m3 Spanplatten produziert und die Produktion sank wie der Verbrauch um 9%. [1]

Siehe auch

- Grobspanplatte
- Harte Faserplatte
- Holzwolle-Leichtbauplatte
- Mitteldichte Holzfaserplatte
- Mittelharte Holzfaserplatte
- Multiplex-Platte
- Tischlerplatte
- Weiche Holzfaserplatte

Literatur

- Hans-Joachim Deppe, Kurt Ernst: *Taschenbuch der Spanplattentechnik*. DRW-Verlag, Stuttgart 1991, ISBN 3-871-81320-6
- Karl-Reinhard Volz: *Untersuchung über die Eigenschaften der Rinde von Fichte, Kiefer und Buche und ihre Eignung als Rohstoff für Flachpreßplatten*. WKI-Bericht, Nr. 3. Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung, Braunschweig 1974
- M. Dunky, P. Niemz: *Holzwerkstoffe und Leime*. Springer, Heidelberg, 2002, ISBN 3-540-42980-8
- 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) [3]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [4]

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

[3] http://www.europanels.org/

[4] http://www.holzhandel.de/platten.html

Sperrholz

Sperrholz besteht aus mindestens drei Holzlagen, deren Faserverlauf unter einem Winkel von 90° verleimt wird. Dadurch werden richtungsgebundene Werkstoffeigenschaften wie z.B. das Quell- und Schwindverhalten über die Plattenebene homogenisiert. Durch die Art, Anzahl und Anordnung der Holzlagen ergeben sich der Plattenaufbau und seine spezifischen Festigkeitseigenschaften.

Die Lagen des Sperrholzes können aus Massivholztafeln, Furnieren, Stäben oder anderen Holzwerkstoffen bestehen. Je nachdem wird unterschieden nach

- Stab- bzw. Stäbchensperrholz, auch **Tischlerplatte** genannt, besteht aus einer Mittellage aus gesägten Vollholzleisten (Stäben) oder Schälfurnierstreifen (Stäbchen).
- Furniersperrholz, auch **Furnierplatte** genannt, besteht ausschließlich aus einer ungeraden Anzahl an Furnieren, die symmetrisch zur Furniermittellage kreuzweise verleimt werden. Eine Platte über 12 mm Dicke und mit mindestens 5 Lagen wird als Multiplex-Platte bezeichnet.
- Brettsperrholz, auch **Kreuzlagenholz** genannt, besteht aus mehreren, über Kreuz flach übereinanderliegenden Massivholztafeln
- **Zusammengesetztes Sperrholz** besteht aus einer oder mehrerer Innenlagen anderer Holzwerkstoffe wie Spanplatten oder nicht holzhaltigen Materialien wie Kunststoffschichten, beispielsweise zur Schalldämmung. Die Außenlagen bestehen aus Furnier.

Herstellung

Die getrockneten Holzlagen werden beleimt, kreuzweise übereinander gelegt und unter Wärmeeinwirkung gepresst. Spezialpressen ermöglichen die Herstellung beliebiger Formen - hier kommen überwiegend Buchenschälfurniere zum Einsatz.

Verwendung

Für Sperrholz gibt es eine breite Anwendungspalette: als Baustoff für Außenwände, Dachschalungen, Innenwände und Betonschalungen im Rohbau und für Wand- und Deckenbekleidungen, Dachausbauten, Türen, Treppen und als Trägermaterial für Holzfußböden im Ausbau. Im Möbelbau wird es für Schränke, Regale, Tische, Wohn- und Sitzmöbel verwendet. Insbesondere dort, wo trotz hoher Belastung dünne Querschnitte gefordert sind, wird Sperrholz eingesetzt. Sperrholz ist, was die Festigkeit und Formstabilität betrifft, gegenüber der Spanplatte klar im Vorteil. Darüber hinaus wird es im Fahrzeug- und Bootsbau sowie als Verpackungsmaterial verwendet.

Wirtschaftliche Bedeutung

Gemessen an der Gesamtproduktion von Holzwerkstoffen macht Sperrholz mit ungefähr 1,5% nur einen kleinen Teil aus. 2008 wurden in Deutschland 175.000 m3 Sperrholz produziert, davon etwas über 150.000 m3 Tischlerplatten (Stab- bzw. Stäbchensperrholz) und 22.000 m3 Furniersperrholz. In Europa betrug die Sperrholzproduktion im Jahre 2008 etwa 4 Mio. m3 . [1]

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

- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V (deutsch) [2]
- European Panel Federation (englisch) [3]
- Gesamtverband deutscher Holzhandel e.V. (deutsch) [4]
- Qualitätsgemeinschaft Sperrholz e.V. (deutsch) [2]

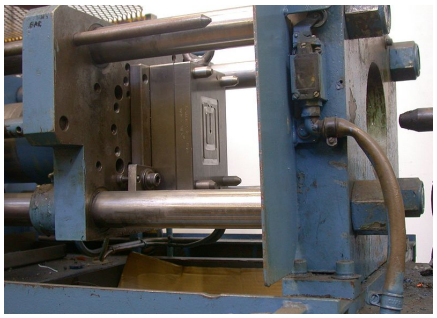
Referenzen

[1] Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI). Branchendaten 2008
[2] http://www.qg-sperrholz.de

Spritzgießen

Das **Spritzgießen** (oft umgangssprachlich auch als **Spritzguss** oder **Spritzgussverfahren** bezeichnet) ist ein Urformverfahren, das hauptsächlich in der Kunststoffverarbeitung eingesetzt wird.
Mit diesem Verfahren lassen sich wirtschaftlich direkt verwendbare Formteile in großer Stückzahl herstellen. Dazu wird mit einer Spritzgießmaschine der jeweilige Werkstoff, meist Kunststoff, in einer Spritzeinheit plastifiziert und in ein Spritzgießwerkzeug eingespritzt. Der Hohlraum, die Kavität, des Werkzeugs bestimmt die Form und die Oberflächenstruktur des fertigen Teils. Es sind heute Teile von wenigen Zehntel Gramm bis in den zweistelligen Kilogramm-Bereich herstellbar.
Mit dem Spritzgießen lassen sich Gegenstände mit hoher Genauigkeit, wie zum Beispiel für die Feinwerktechnik, und/oder Massenprodukte in kurzer Zeit herstellen. Dabei kann die Oberfläche des Bauteiles nahezu frei gewählt werden. Glatte Oberflächen für optische Anwendungen, Narbungen für berührungsfreundliche Bereiche, Muster und Gravuren lassen sich herstellen.
Das Spritzgussverfahren ist (fast nur) für größere Stückzahlen wirtschaftlich sinnvoll. Die Kosten für das Werkzeug machen einen großen Teil der notwendigen Investitionen aus. Dadurch ist selbst bei einfachen Werkzeugen die Schwelle der Wirtschaftlichkeit erst bei einigen tausend Teilen erreicht. Dafür können die Werkzeuge für die Herstellung von bis zu einigen Millionen Teilen verwendet werden.

Spritzgießmaschine



Form

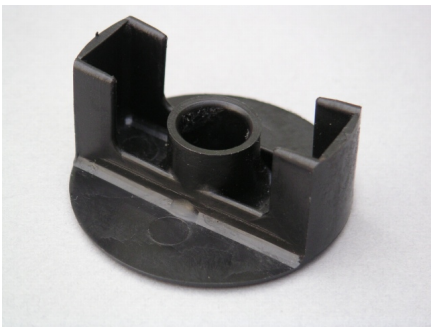
Spritzguss-Prototyp einer Triola

Verfahren

Folgende spezielle Spritzgießverfahren werden angewandt:

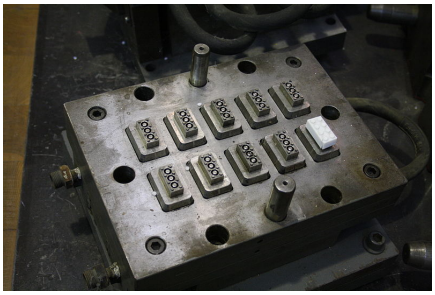
- Thermoplast-Spritzgießen
- Thermoplast-Schaumgießen (TSG)
- Elastomer-Spritzgießen
- Duroplast-Spritzgießen
- Naturfaser-Spritzguss
- Mehrkomponenten-Spritzgießen

- In-Mold-Verfahren
- Pulverspritzgießen (PIM: Powder Injection Molding)
- Gasinnendruck-Spritzgießen (GID)
- Gashinterdruck-Verfahren (GHD)
- Wasserinnendruck-Spritzgießen (WID)
- Schmelzkern-Spritzgießen
- Spritzprägen
- Spritzblasen
- Exjection (Extrusionsspritzgießen)
- Unterdruckspritzen



Spritzgussteil aus Kunststoff

Plastifiziereinheit (Plastification unit)



Lego Spritzgusswerkzeug, Unterseite

Schnecke

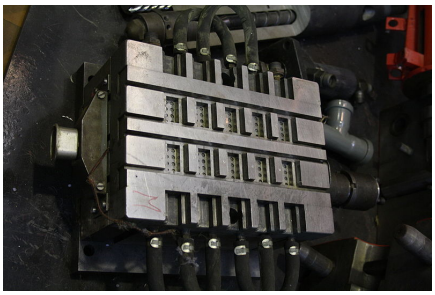
Schneckenbelastungen

- Torsion = Verdrehung (beim Dosieren)
- Verschleiß (durch Glasfasern, Gesteinsmehl)
- Temperaturbelastung (Einzug = Kühlung; Düse = Heizung)
- Temperaturwechselbelastung speziell im Einzugsbereich durch Schneckenbewegung beim Einspritzen und Dosieren
- Korrosion (z. B. Flammhemmer oder korrosive Abbauprodukte)

Lego Spritzgusswerkzeug, Detail Unterseite

Schneckenwerkstoff

- ist aus Nitrierstahl mit σB = 1000 N/mm², wenn abrasive und korrosive Beanspruchungen nicht vorliegen; nitriert
- durchgehärteter Kaltarbeitsstahl bis etwa 80 mm Schneckendurchmesser, darüber häufig steggepanzerte Schnecken
- bei sehr hohen abrasiven Beanspruchungen auch pulvermetallurgisch hergestellte Stähle, Link: Pulvermetallurgie
- sehr korrosive Fluor-Polymere (z. B. PVDF, PFA) werden auch mit Ni-Basis-Legierungen verarbeitet, siehe Nickellegierung
- kann mit PVD (Link: Physikalische Gasphasenabscheidung) (z. B. Titannitrid) oder Hartmetallen (z. B. Vanadiumcarbid) beschichtet sein



Lego Spritzgusswerkzeug, Oberseite

Schneckenspiel: Die Rückstromsperre sitzt am Schneckenende und besteht gewöhnlich aus drei Teilen: Der Spitze oder auch Schneckenspitze genannt, dem Sperrring und dem Druckring. Der Sperrring sitzt auf der Schneckenspitze und vor dem Druckring und beide gemeinsam fungieren als Anschlag. Wird dosiert, so drückt die Schmelze den Sperrring an die Schneckenspitze, sodass ein Spalt zwischen dem Sperrring und dem Druckring entsteht (Sperrringhub), durch den die Schmelze fließen kann. Wird eingespritzt, presst sich der Sperrring an den Druckring und verschließt so die Schneckengänge. Der Abstand zwischen dem Sperring und dem Zylinder wird als Schneckenspiel bezeichnet.

Schneckenprofil

- eingängige 3-Zonenschnecken mit Einzugs-, Kompressions- und Austragszone

Lego Spritzgusswerkzeug, Detail Oberseite

- Barriereschnecken meist zur Leistungssteigerung
- kernprogressive PVC-Schnecken

Rückstromsperre

verhindert das Rückströmen der Schmelze aus dem Schneckenvorraum beim Einspritzen

- Mehrflügelsperre
- Kugel- und Kegelsperren für große Schneckendurchmesser und bei leichtfließenden Kunststoffen

Plastifizierzylinder

Belastungen wie bei der Schnecke, jedoch fast keine Torsion

Werkstoff: Für unkritische Anwendungen aus Nitrierstahl, häufig jedoch geschleuderte Bimetallzylinder. Der Plastifizierzylinder ist härter als die Schnecke, da:

- die Schnecke leichter zu wechseln ist
- der Plastifizierzylinder die teurere Komponente ist
- ungleich harte Werkstoffe weniger zum Kaltverschweißen (Fressen) neigen

Einfülltrichter

Anforderungen

- absperrbar durch einen Schieber
- entleerbar
- Füllstandsanzeige
- evtl. Metallabscheider (Magnet) mit Sieb
- evtl. Aufnahmen für Farbmisch- und Dosiergeräte
- evtl. Vorrichtung zum Ableiten statischer Ladungen

Trichter-Arten

- für pulverige Formmassen (rieseln schlecht)
  - Trichter mit elektromagnetischen Vibratoren
  - Trichter mit Rührwerk
- Für luftfeuchtigkeitsaufnehmende (Hydrophile) Kunststoffe (z. B. PC, PA, PET, PBT)
  - heizbarer Trichter
  - Förderung direkt vom Thermolift in die Plastifiziereinheit
  - direkte Montage des Trockners auf der Maschine
- für nicht rieselfähige Formmassen
  - Trichter mit Stopfvorrichtung

Heizung

- dient zur Unterstützung des Aufschmelzens der Formmassen
- mit Heizbändern für Thermoplaste
- mit Flüssigkeitstemperierung für vernetzbare Kunststoffe

Kühlung

- im Einzugsbereich mit Wasser, um Pfropfen- oder Brückenbildung zu vermeiden
- bei schwerfließenden Fittingmaterialien, insbesondere bei PVC, um Überhitzungen zu vermeiden. Wird mit zunehmender Zylindergröße häufiger eingesetzt.

Vorgänge im Plastifizierzylinder

Fördern der Formmassen bei wandhaftenden Thermoplasten

- Die Oberfläche der Schnecke hat eine kleinere Reibung als die Zylinderoberfläche, sonst dreht sich die Formmasse auf der Stelle.
- Die Schnecke schabt das geschmolzene Material vom Zylinder, dabei wird es vermischt (homogenisiert). Zusätzlich wird noch Staudruck zum Homogenisieren benötigt.
- Die Formmasse darf in der Einzugszone nicht aufschmelzen, sonst wird die Reibung am Zylinder kleiner und es entstehen Brücken (siehe oben). Deshalb wird der Tragkörper mit Wasser gekühlt.
- Um die Reibung am Zylinder zusätzlich zu erhöhen, verwendet man auch genutete Zylinder (deutlich seltener als bei Extrusionszylindern, da sich die axial bewegliche Schnecke bei zu hoher Reibung wie ein Korkenzieher herausschrauben kann)

Antrieb des Plastifizierzylinders

Der Plastifizierzylinder kann wie die Schließeinheit elektromechanisch oder hydraulisch angetrieben werden.

Schließeinheit (Clamping unit)

Hydraulische Schließeinheit

Sie besteht aus 2 Einheiten

- der Formschlusshydraulik (großer Weg / kleine Kraft)
- der Zuhaltehydraulik (kleiner Weg / große Kraft)

Kraftarten

- Schließkraft – schließt und öffnet das Werkzeug
- Zuhaltekraft – Kraft, die das Werkzeug gegen Einspritzen und Nachdrücken zuhält (= Hochdruck)

Gegenüberstellung: Elektromechanische und hydraulische Schließeinheit

Vorteile der Hydraulik

- genauer einstellbare Schließ- und Zuhaltekräfte
- große Schließ- und Zuhaltekräfte sind erreichbar

Nachteile der Hydraulik

- Werkzeughöheneinstellung ist nötig, da der Schaltpunkt von Schließkraft auf Zuhaltekraft eingestellt werden muss (Werkzeugsicherung)
- Spritzgussmaschine ist meist laut
- höherer Energiebedarf, da große Ölmengen bewegt werden; starke Erwärmung bei kurzen Zyklen
- Leckageverluste

Elektromechanische Schließeinheit und Maschine

- arbeitet mit Servomotoren, die z. B. über Kugelumlaufspindeln oder Rollengewindetriebe den Kniehebel, die Schnecke, den Auswerfer usw. antreiben

Vorteile

- leiser
- geringer Energiebedarf bei langen Zyklen
- schnellere Bewegungen
- alle Bewegungen parallel möglich
- kein Hydrauliköl notwendig (Ölwechsel/ Umweltschutz)
- Maschine arbeitet genauer (z.B. Öffnungsweg bei komplexer Roboterentnahme)

Nachteile

- Zuhaltekraft von Kugelgewindetrieben ist relativ begrenzt (Dieser vermeintliche Nachteil kann jedoch durch den Einsatz teurerer Rollengewindetriebe weitgehend eliminiert werden.)
- aufwendige und ungenaue Druckmessung
- teurer in der Anschaffung
- teurer Strom durch Stromspitzen beim Anfahren
- hohe Anforderungen an Elektromotoren bei langen Nachdruckzeiten
- Für hydraulische Werkzeugkernzüge ist ein zusätzliches Hydraulikaggregat erforderlich.
- Elektrische Werkzeugkomponenten sind meist teurer als hydraulische.

Verriegelungsarten der Schließeinheit

Mechanische Verriegelung mit Kniehebel (formschlüssig)

Das Werkzeug ist bei leicht abgeknicktem Kniehebel geschlossen. Der Restweg des Kniehebels erzeugt die Zuhaltekraft. Restweg = Holmdehnung

Hydromechanische Verriegelung (formschlüssig)

1. Schließen des Werkzeugs mit dem Schließzylinder
2. Verriegeln der Schließeinheit
3. Aufbau der Zuhaltekraft mit dem Zuhaltezylinder

Dabei wird die Werzeugauftriebskraft über das Rohr des Schließzylinders von der Verriegelung aufgenommen. Damit reichen kleinere Schließzylinder für große Maschinen

Spritzeinheit (Injection unit)

Einspritzachse

- kennzeichnend für Spritzeinheiten sind der elektrische Antrieb der Einspritzachse
- bei der Einspritzbewegung wird die hohe Drehzahl des Servomotors mittels eines Gewindetriebes direkt und hochdynamisch in die lineare Bewegung umgesetzt
- die Gewindespindeln sind mit einem speziellen Kühl-Schmier-System ausgestattet, das einen hohen Wirkungsgrad bei geringem Serviceaufwand und höchster Lebensdauer sichert.

Dosierachse

- die rotatorische Dosierbewegung wird über eine Getriebestufe und einen Gewindetrieb mit einem hohen Drehmoment umgesetzt

Die Servomotoren der Einspritz- und Dosierachse sind flüssigkeitsgekühlt und mit einem Absolut-Wegmesssystem ausgestattet, so dass sich ein Referenzverfahren erübrigt.

Einspritzregelung

Die Schneckenbewegung ist kraft- und positionsgeregelt und damit hochdynamisch, genau und reproduzierbar. Durch die hohe Positioniergenauigkeit und die hochdynamische Beschleunigung in Verbindung mit der Lageregelung der Schneckenbewegung kann die Folgegenauigkeit bei den Spritzteilen positiv beeinflusst werden. Die Dosierbewegung ist drehzahl- und positionsgeregelt. Der elektrische Dosierantrieb wirkt sich bei vollelektrischen Maschinen in erster Linie positiv auf den Energieverbrauch aus.

Aufspannung von Werkzeugen

Die Aufspannung der Werkzeuge auf die Maschine erfolgt meist durch direkte Verschraubung der Aufspannplatten des Werkzeugs an den Aufspannplatten der Maschine oder mittels Spannpratzen.

Ein anderes Verfahren ist die Befestigung der Werkzeuge durch elektrische Magnete. Dieses Verfahren ist jedoch nicht weit verbreitet und durch die geringeren Haltekräfte nur eingeschränkt verwendbar.

Auswerfereinheit (Ejection unit)

Die Auswerfereinheit ist meist ein Hydraulikzylinder, der die im Werkzeug integrierten Auswerfer antreibt. Es ist jedoch auch möglich, dass das Werkstück nicht über das Hydrauliksystem der Maschine der Form entnommen wird, sondern über Kettenvorrichtungen oder Roboterarme.

Standzeit, Lebensdauer und Auslastung

Die Standzeit einer Spritzgussmaschine hängt wesentlich von deren Einsatz ab. Häufige Werkzeugwechsel wie auch schnelle Spritzzyklen über längere Zeit beeinflussen die Lebensdauer der Maschinen unter Umständen negativ, oft begrenzt jedoch nicht die Maschine sondern das Spritzgießwerkzeug die reale Auslastung des Systems.

Werkzeug

→ *Hauptartikel: Spritzgießwerkzeug*

Stabsperrholz

Das **Stab-** bzw. **Stäbchensperrholz** (Kurzzeichen: ST bzw. STAE) ist ein auch unter dem Namen **Tischlerplatte** bekannter Holzwerkstoff. Es besteht aus einer Mittellage aus parallel ausgerichteten Holzstäben bzw. -stäbchen und beidseitig quer dazu aufgeleimten Deck- oder Absperrfurnieren und ist normiert in der DIN 68705-2. Tischlerplatten sind - auch bei schwankenden Klimaeinflüssen - formstabil, biegesteif und besitzen ein hohes Stehvermögen. Auch sind sie sehr leicht, im Durchschnitt weisen sie eine Rohdichte um 450 kg/m³ auf, Spezialausführungen aus Albasia, Fuma oder Balsa erreichen bis zu 150 kg/m³ [1] . [2]

Aufbau

Für die meist zwischen 24 und 30 mm breiten Leisten der Mittellage, die eigentlichen Stäbe, werden meist leichte Hölzer wie Fichte oder anderen Nadelhölzer verarbeitet, gelegentlich aber auch noch leichtere tropische Holzarten. Beim Stäbchensperrholz wird die Mittellage aus bis zu 8 Millimeter dicken Schälfurnierstreifen gebildet, die hochkant zur Plattenebene stehen. [3]

Beim Stabsperrholz liegen die Stäbe in der Mittellage einfach nebeneinander und sind nur mit den Deckfurnieren verleimt. Beim Stäbchensperrholz sind die Stäbchen auch untereinander verleimt. Vorteile des Stäbchensperrholzes sind ein höheres Stehvermögen und eine feinere Oberfläche aufgrund der in der Mittellage stehenden Jahresringe. [3]

Üblich als Furnierhölzer sind Buche, Pappel, Fichte und Tropenhölzer, gelegentlich auch spezielle Ausführungen mit anderen, seltenen Hölzern. In der Regel werden Messerfurniere in einer Dicke von 0,6 Millimeter verwandt. [2]

Geschichte und Einsatzgebiete

Die Tischlerplatte diente in der Anfangszeit der serienmäßigen Möbelproduktion als flexibler, extrem stabiler und großflächig herstellbarer Werkstoff, der im Möbelbau neuartige Konstruktionen zu günstigen Preisen erlaubte. Als Werkstoff in der Massenproduktion ist sie dann durch andere Werkstoffe verdrängt worden, in der Produktion anspruchsvoller Objekte oder im handwerklichen Rahmen blieb sie jedoch ebenso in Verwendung wie als Regalboden. [2]

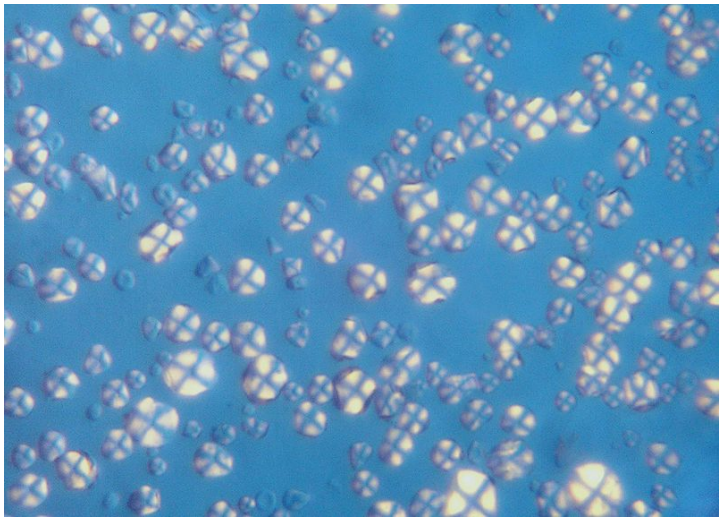
In neuerer Zeit hat sie aufgrund ihres niedrigen Gewichtes neue Anwendungen beim Messebau oder auch im Schiff-, Fahrzeug- oder Wohnwagenbau gefunden [2] . Eine Verwendung als tragendes Bauteil nach DIN 1052 (vgl. DIN EN 13986) ist nicht erlaubt.

Referenzen

[1] *Sperrholz*, In: Informationsdienst Holz spezial, 2008, S. 36
[2] *Sperrholz*, In: Informationsdienst Holz spezial, 2008, S. 27-28
[3] *Sperrholz*, In: Informationsdienst Holz spezial, 2008, S. 15

Stärke

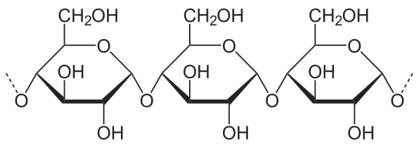
Stärke (lat. *Amylum*) ist eine organische Verbindung. Sie ist ein Polysaccharid mit der Formel $(C_6H_{10}O_5)_n$, das aus α-D-Glucose-Einheiten besteht. Das Makromolekül zählt daher zu den Kohlenhydraten. Stärke ist einer der wichtigsten Reservestoffe in pflanzlichen Zellen.



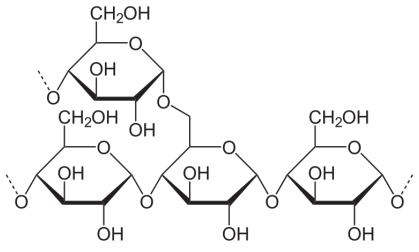
Stärkekörner bei 800-facher Vergrößerung mit Polarisationsfilter. Man sieht, dass Stärke optisch aktiv ist.

Natürliches Vorkommen in Stärkekörnern

Stärke ist ein Produkt der Assimilation von Kohlendioxid (siehe Calvin-Zyklus). Im Normalfall liegt sie in der Pflanzenzelle in Form organisierter Körner vor. Diese Stärkekörner besitzen, je nach Pflanzenart, eine unterschiedliche Größe und Form. Sie können kugelig, oval, linsen- oder spindelförmig aussehen, mitunter, wie im Milchsaft der Euphorbiaceae, auch stabartig mit angeschwollenen Enden. Manchmal sind sie durch gegenseitigen Druck polyedrisch. Nicht selten treten mehrere Körner zu einem abgerundeten Ganzen zusammen (zusammengesetzte Stärkekörner).



Ausschnitt aus einem Amylosepolymer



Ausschnitt aus einem Amylopektinpolymer

Stärkemoleküle bestehen aus D-Glucose-Einheiten, die über glykosidische Bindungen miteinander verknüpft sind. Stärke besteht zu

- 20–30 % aus Amylose, linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α-1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–80 % aus Amylopektin, stark verzweigten Strukturen, mit α-1,6-glykosidischen und α-1,4-glykosidischen Verknüpfungen.

Im Wasser liegende Stärkekörner lassen eine deutliche Schichtung erkennen, die dadurch hervorgerufen wird, dass um eine innere, weniger dichte Partie, das sogenannte Bildungszentrum, Schichten von ungleicher Lichtbrechung schalenartig gelagert sind; das Bildungszentrum liegt nur bei kugeligen Körnern genau im Mittelpunkt (konzentrisch), meist ist es exzentrisch, und die es umgebenden Schichten haben dementsprechend ungleiche Dicke. Die Schichtung wird durch den verschiedenen Wassergehalt und die dadurch bedingte unterschiedliche Lichtbrechung der Schichten verursacht, weshalb auch trockene oder in absolutem Alkohol liegende Körner ungeschichtet erscheinen. In polarisiertem Licht zeigen alle Stärkekörner ein helles, vierarmiges Kreuz, dessen

Mittelpunkt mit dem Schichtungszentrum zusammenfällt; sie verhalten sich demnach so, als wenn sie aus einachsigen Kristallnadeln zusammengesetzt wären.

Stärkenachweis

Normalerweise wird Stärke mithilfe von Iod in einer Iodprobe nachgewiesen. Das Nachweisreagenz ist Lugolsche Lösung, die einer stärkehaltigen Substanz zugegeben wird. Die aus Iod und Iodidionen gebildeten Polyiodidionen lagern sich im Innern der spiralförmigen Amylose an. Dadurch entsteht die charakteristische Blaufärbung. Bei Erwärmen der Lösung wird die Stärke entspiralisiert, da die Wasserstoffbrücken-Bindungen gespalten werden. Hierdurch werden die Polyiodidionen wieder freigesetzt, die Lösung erhält dann eine farblose bis gelbbraune Farbe. Unter Abkühlung kommt es zu einer Respiralisierung und einer erneuten Einlagerung der Polyiodidionen. Außerdem kann Stärke mit Hilfe eines Polarimeters nachgewiesen werden, indem die Stärke durch Kochen mit Säure gespalten, und nach Carrez I und II zugabe filtriert wird. Am Polarimeter lässt sich dann die optische Drehung bestimmen, was einen Rückschluss auf die Stärkemenge gibt.

Praktische Anwendungen findet die Iodprobe auch bei der vorgeschriebenen Markierung bestimmter Lebensmittel wie z. B. subventioniertem Butterfett. Diesen Lebensmitteln wird eine geringe Menge Stärke beigefügt. So gekennzeichnet lassen sich die betreffenden Produkte ohne aufwändige Analysemethoden mittels Iod-Kaliumiodid-Lösung nachweisen.

Stärke als pflanzlicher Speicherstoff

Rohstoffpflanze	**Stärkegehalt (in % der genutzten Pflanzenteile)**[1]
Erbse	40
Gerste	75
Kartoffel	82
Mais	71
Maniok	77
Reis	89
Roggen	72
Sorghum	74
Süßkartoffel	72
Triticale	74
Weizen	74

Mit Stärke speichern Landpflanzen und Grünalgen ihre überschüssige Energie als Reserve. Der Sinn der Stärkebildung ist hierbei die Speicherung der Glucose in unlöslicher und somit osmotisch unwirksamer Form. Stärke kann deshalb im Vergleich zu Glucose ohne viel Wasser, also viel kompakter, gespeichert werden. Die Stärke tritt in den verschiedenartigsten Geweben aller grünen Pflanzen auf. Während eine im Verzweigungsgrad etwas variierende Form von Stärke auch in Rotalgen vorkommt (sog. Florideophyceen-Stärke), verwenden die meisten anderen Organismen andere Reservestoffe (Diatomeen, Goldalgen und Braunalgen: Chrysolaminarin; Euglena: Paramylon; Cryptophyceae: Öle im Cytoplasma, Stärke im periplastidären Raum).

Endlich tritt in den Epidermiszellen einiger höherer Pflanzen eine mit Iod sich blau oder rötlich färbende Substanz in gelöster Form auf, die lösliche Stärke. In allen übrigen Fällen ist das Auftreten der Stärke in der beschriebenen

Körnerform die Regel. Sehr reich an Stärke sind die zur Reservestoffspeicherung dienenden Gewebe der Samen, Knollen, Zwiebeln und Rhizome sowie die Holzstrahlen und das Holzparenchym im Holzkörper der Bäume. Diese Reservestärke unterscheidet sich durch ihre Großkörnigkeit von der feinkörnigen im assimilierenden Gewebe auftretenden Stärke. Die Bildung der Stärke erfolgt entweder innerhalb der Chloroplasten oder in anderen Plastiden, etwa in den farblosen Leukoplasten. Letztere treten besonders in solchen chlorophyllfreien Geweben auf, in denen die Assimilationsprodukte in Reservestärke umgewandelt werden, wie in vielen stärkemehlhaltigen Knollen. Bei vielen chlorophyllhaltigen Algen, z. B. bei Spirogyra, treten die Stärkekörner an besonderen Bildungsherden im Umkreis von Pyrenoiden auf. Das Wachstum der anfangs ganz winzigen Stärkekörner erfolgt durch Einlagerung neuer Stärkemoleküle zwischen die schon vorhandenen, während die zusammengesetzten Stärkekörner sich durch nachträgliche Verschmelzung und Umlagerung mit neuen Schichten bilden.

Stärke ist das wichtigste Kohlenhydrat der menschlichen Ernährung. Auch viele Tiere ernähren sich von der pflanzlichen Stärke. Eine Zusammenstellung der Stärke liefernden Arten findet sich im Artikel Nutzpflanzen.

Unter der Speicherstoffeigenschaft wäre letztlich noch der technische Zugriff auf den Energieinhalt zu nennen, erläutert z. T. unter Bioenergie, oder Ethanol-Kraftstoff.

Stärkespaltung

Durch Enzyme (α-, β-Amylasen) kann Stärke gespalten werden. Dadurch entstehen Dextrine bzw. Doppelzucker. Dies geschieht z. B. auch im Innern von Pflanzenzellen, denn im Leben der Pflanze liefert die Stärke z. B. das Material für den Aufbau der Zellwand. Auf ähnliche Weise kann der tierische und menschliche Körper Energie aus Stärke gewinnen. Dagegen ist Resistente Stärke für die Verdauungsenzyme unzugänglich. Amylasen werden aber auch als Mehlbehandlungsmittel eingesetzt um Mehle besser backfähig zu machen. Speziell bei Roggen muss die Spaltung der Stärke in Folge natürlicher Amylase-Tätigkeit in der Regel jedoch eingedämmt werden, um die Backfähigkeit zu gewährleisten. Traditionell geschieht dies durch Säuerung der Teige.

Verhalten beim Erhitzen (Verkleisterung)

Stärke kann unter Hitzeeinwirkung ein Vielfaches ihres Eigengewichtes an Wasser physikalisch binden, aufquellen und verkleistern. Beim Erhitzen mit Wasser quillt die Stärke bei 47–57 °C, die Schichten platzen, und bei 55–87 °C (Kartoffelstärke bei 62,5 °C, Weizenstärke bei 67,5 °C) entsteht Stärkekleister, welcher je nach der Stärkesorte verschiedenes Steifungsvermögen besitzt (Maisstärkekleister größeres als Weizenstärkekleister, dieser größeres als Kartoffelstärkekleister) und sich mehr oder weniger leicht unter Säuerung zersetzt. Bei kühlen Temperaturen bildet sich dieser Effekt langsam wieder zurück – man spricht von Retrogradation. Verkleisterte Stärke und geronnenes Klebereiweiß bilden die Basisstruktur oder Krume von Gebäcken jeder Art.

Nach heutigem (2004) Wissen entsteht bei Überhitzung von Stärken, insbesondere beim Backen, Braten, Rösten, Grillen und Frittieren in Gegenwart der Aminosäure Asparagin das möglicherweise Krebs erzeugende Acrylamid.

Stärkegewinnung

Stärke wird in unseren Breiten meistens aus Kartoffeln oder Getreide gewonnen. Man gewinnt Stärke aber auch aus zahlreichen anderen Pflanzen, von denen neben Weizen und Kartoffeln auch Reis (Bruchreis aus den Reisschälfabriken) und Mais besonders wichtig sind. International ist noch Maniok (Tapioka) eine wichtige Stärkepflanze. Die Gewinnung erfolgt durch Auswaschen der Stärke aus den Pflanzenteilen mit Hilfe einer Kochsalzlösung.

Verwendung

Der Hauptteil von Stärke und deren Produkte wird im Bereich der Lebensmittelindustrie in der Herstellung von Süßwaren, Backwaren, Milchprodukten und insbesondere Getränken in Form von stärkebasierten Zuckerstoffen (vor allem Glukosesirup, Dextrose und Isoglukose) verwendet. Dieser Anteil beträgt nach Angaben des deutschen Fachverband der Stärke-Industrie e.V. derzeit 55% der in Deutschland verfügbaren Menge von 1,9 Mio. Tonnen[2] Aufgrund der Eigenschaften der Stärke als modifizierbares Polymer sowie seiner Zusammensetzung aus fermentierbaren Zuckereinheiten wird Stärke allerdings auch als nachwachsender Rohstoff in der chemisch-technischen Industrie vielfältig eingesetzt; der Verbrauch an Stärke und Stärkederivaten betrug beispielsweise 2007 in Deutschland nach Verbandsangaben 45% und damit mehr als 850.000 t im Jahr 2007. Von diesen gingen etwa 4,5% in die chemische und die Fermentationsindustrie, 95,5% wurden in der Papier- und Wellpappeproduktion eingesetzt.[2] Chemische Anwendungen sind vielfältig, in der Summe jedoch selten und der Einsatz in der Fermentation ist im Vergleich zu Saccharose (als Dicksaft und Melasse) relativ gering.

Verwendung in der Nahrungsmittelindustrie

Stärke wird als native und modifizierte Stärke in der Nahrungsmittelindustrie auf vielfältige Weise genutzt. Stärkehaltige Pflanzen wie Kartoffeln, Weizen, Reis und Maniok stellen international die wichtigsten Grundnahrungsmittel zur Versorgung mit Kohlenhydraten dar. Hinzu kommen Nudeln, Brot und andere Backwaren, für deren Herstellung Mehl aus verschiedenen stärkehaltigen Getreidearten wie Weizen, Roggen oder Gerste genutzt wird. Darüber hinaus dient Stärke zur Herstellung von verschiedenen stärkebasierten Zuckerstoffen wie Dextrinen, Traubenzucker, Maltodextrin sowie Glucosesirup, der als Süßungsmittel in der gesamten Lebensmittelindustrie eingesetzt wird (z. B. Limonaden, Speiseeis, Konfitüren, Süßwaren), allerdings mit z. T. kontrovers diskutierten Folgen (siehe Maissirup).

Einzelne Stärkearten (wie Kartoffelstärke oder Maisstärke) dienen auch als Zutat bei zahlreichen Kochrezepten sowie in der Nahrungsmittelindustrie, wo die Stärke häufig in Form von modifizierter Stärke verwendet wird (siehe Verdickungsmittel). Stärke ist das wichtigste Verdickungsmittel in der Lebensmittelindustrie und wird z. B. in Fertiggerichten aller Art eingesetzt.

Verwendung in der Industrie und als Werkstoff

→ *Hauptartikel: Stärke als nachwachsender Rohstoff*

Die Verwendung als Kleber für Wellpappe stellt eine wichtige Verwendung von Stärke dar.

Stärke gehört vor allem in Form von Kartoffelstärke, Maisstärke und Weizenstärke, aufgrund seiner vielfältigen Anwendungen in der chemisch-technischen Industrie neben Holz und Zucker (Saccharose) zu den wichtigsten nachwachsenden Rohstoffen. Die Hauptanwendungsbereich für Stärke liegen dabei in der Herstellung von Papier und Wellpappen als Papierstärke sowie in der Fermentationsindustrie als fermentierbares Substrat zur Herstellung verschiedener Plattformchemikalien und Bioethanol als Biokraftstoff. In den USA stellt Maisstärke den Hauptrohstoff für Bioethanol dar. Nach Angaben der deutschen Bioethanolwirtschaft 2009 (BDB 2009) wird auch in Deutschland der größte Teil des Bioethanols aus stärkehaltigen Pflanzen, vor allem Weizen, gewonnen. In einigen anderen Ländern wird der Biokraftstoff vorwiegend aus Zucker gewonnen, beispielsweise in Brasilien aus dem Anbau von Zuckerrohr.

Stärke dient auch zum Beizen von Baumwolle, zur Färbung mit Anilinfarben, zum Leimen von Papier, sowie zum Verdicken von Farben in der Zeugdruckerei. Im Offsetdruck wird ein Stärkepuder-Luftgemisch, häufig aus Mais, mittels Puderapparaten auf die frisch bedruckte Oberfläche aufgetragen. Das Puder wirkt als Abstandhalter zwischen den übereinandergestapelten Papierbogen und fördert wegen der mit eingeschlossenen Luft das oxidative Trocknen der Druckfarbe.

Relativ neu ist der werkstoffliche Einsatz als Biokunststoff in Form der sogenannten thermoplastischen Stärke z. B. für kompostierbares Einweg-Geschirr und -Besteck oder als aufgeschäumtes Polstermaterial in Paketen (Stärke-Duroplast). In der Pharmazie verwendet man Stärke in der Tablettenherstellung, bei der sie als Füllstoff, Sprengmittel und Bindemittel und als Pudergrundlage dienen kann.

Historisches

Stärke war bereits der Antike bekannt, nach Dioskurides wurde sie *amylon* genannt, weil sie nicht wie andere mehlartige Stoffe in Mühlen gewonnen wird. Nach Plinius wurde sie zuerst auf Chios aus Weizenmehl hergestellt. Über die Fortschritte der Fabrikation im Mittelalter weiß man wenig, nur so viel ist sicher, dass die Holländer im 16. Jahrhundert Stärke im großen Maßstab herstellten und bedeutende Mengen exportierten. Die Stärkeindustrie entwickelte sich vorwiegend als landwirtschaftliches Gewerbe. Mit einfachsten Vorrichtungen gewann man zwar nur eine mäßige Ausbeute, doch die Fortschritte in der Vervollkommnung der Maschinen und Apparate führten dann zu einer größeren Ausbeute, vor allem durch Einführung besonders konstruierter Zentrifugalmaschinen.

Die Spaltung der Stärke in Glucose entdeckte der Apotheker Constantin Kirchhoff.

Stärkefabrikanten

- AGRANA Stärke GmbH (Kartoffel + Maisstärke)
- AVEBE (Kartoffelstärke)
- Cerestar / Cargill
- chamtor (Weizenstärke)
- Crespel&Deiters (Weizenstärke)
- Emsland Group (Kartoffelstärke)
- Jäckering Mühlen-u. Nährmittelwerke (Weizenstärke)
- Kröner-Stärke / Hermann Kröner GmbH (Weizenstärke)
- National Starch (Vorwiegend Maisstärke)
- Remy Industries (Reisstärke)
- ROQUETTE (Kartoffel-/Mais-/Weizen-/Erbsenstärke)
- Südstärke GmbH (Kartoffelstärke)
- Ehemalige Hoffmann's Stärkefabriken in Bad Salzuflen (Kartoffel-, Reis- und Weizenstärke)
- Ehemalige Stärkefabrik R. Hundhausen in Hamm, später in Ahlen/Westf. (Weizenstärke)

Siehe auch

- Lösliche Stärke nach Zulkowsky
- Maissirup
- Native Stärke
- Physikalisch modifizierte Stärke
- Wäschestärke

Literatur

- International Starch Institute (Hrsg.): *Technical Memorandum on Production of Potato Starch*. Link [3].
- Chulaporn Kamnerdpetch: *Enzymatic Hydrolysis and Peptide Mapping of Potato Pulp Protein*. Hannover 2006. Link [4].
- National Starch: *Food starch technology*. PDF, 1,4 MB [5]
- Acrylamid – wie kommt es in Lebensmittel?. Link [6].

Referenzen

[1] Artikel *Starch* und *Starch, Composition.* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Ressources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seiten 265-266, 267. ISBN 3-527-30114-3.

[2] *Zahlen und Daten zur deutschen Stärkeindustrie.* (http://www.staerkeverband.de/html/zahlen.html) Angaben vom Fachverband der Stärke-Industrie e.V.

[3] http://home3.inet.tele.dk/starch/isi/starch/tm5www-potato.htm

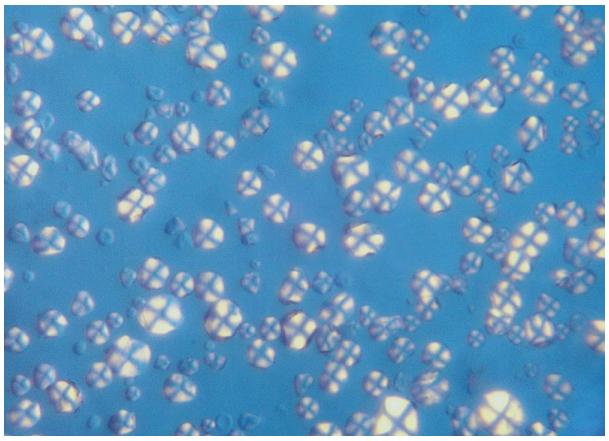
[4] http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=981637280

[5] http://www.foodinnovation.com/products_services/pdfs/foodstarch.pdf

[6] http://www.chemie-im-alltag.de/articles/0031/index.html

Stärke als nachwachsender Rohstoff

Stärke, vor allem Kartoffelstärke, Maisstärke und Weizenstärke, gehört aufgrund seiner vielfältigen Anwendungen in der chemisch-technischen Industrie neben Holz und Zucker zu den wichtigsten nachwachsenden Rohstoffen. Die Hauptanwendungsbereiche für Stärke liegen in der Herstellung von Papier und Wellpappen als Papierstärke sowie in der Fermentationsindustrie als fermentierbares Substrat zur Herstellung verschiedener Plattformchemikalien und Bioethanol als Biokraftstoff.



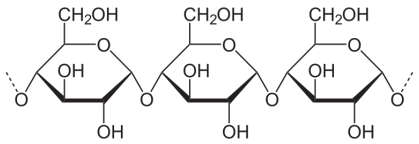
Stärkekörner bei 800-facher Vergrößerung mit Polarisationsfilter.

Aufbau und Eigenschaften

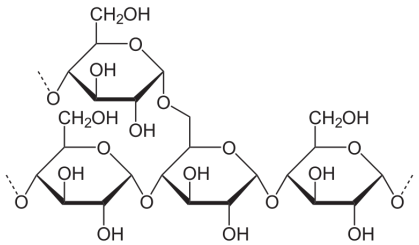
→ *Hauptartikel: Stärke*

Stärke ist als Polysaccharid ein natürliches Biopolymer, das in Form von Stärkekörnern als Energiespeicherstoff in die Zellen von Pflanzen eingelagert wird. Sie besteht aus α-D-Glucose-Einheiten (Monomere), die über glykosidische Bindungen miteinander verknüpft sind. Dadurch ergibt sich die chemische Formel $(C_6H_{10}O_5)_n$, wobei C für den enthaltenen Kohlenstoff, H für den Wasserstoff und O für den Sauerstoff steht. Im Normalfall besteht ein Stärkemolekül aus 10^4 bis 10^6 Glucoseeinheiten, wobei es zwei verschiedene Typen gibt:

- 20–30 % der Stärke besteht aus Amylose, linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α-1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–80 % besteht aus Amylopektin, stark verzweigten Strukturen, mit α-1,6-glykosidischen und α-1,4-glykosidischen Verknüpfungen.



Ausschnitt aus einem Amylosepolymer



Ausschnitt aus einem Amylopektinpolymer

Aufgrund der OH-Gruppen sowie der glykosidischen Bindung der einzelnen Monomere lässt sich Stärke auf unterschiedliche Arten chemisch modifizieren und so für unterschiedliche Zwecke nutzbar machen. So gewinnt man durch verschiedene Substitutionen Stärkeether (Stärke-O-R) oder Stärkeester (Stärke-O-CO-R), außerdem lassen sich verschiedene Moleküle mit dem Stärkepolymer verknüpfen (R-O-Stärke-O-R und/oder R-OC-O-Stärke-O-CO-R). Durch Oxidation der primären OH-Gruppen lassen sich oxidierte Stärken sowie Stärkemoleküle mit vermehrten COOH- oder CHO-Gruppen gewinnen, bei einer Oxidation der sekundären OH-Gruppen resultieren vermehrte CHO- und CO-Gruppen sowie Ringbildungen der Moleküle C_2 und C_3. Bei der Thermolyse und der Pyrolyse lässt sich unter Abscheidung von Wasser Laevoglucosan gewinnen, das als Ausgangsstoff für eine Reihe von Produkten genutzt werden kann.[1]

Durch Hydrolyse mit Hilfe von Enzymen oder Säuren können die glykosidischen Bindungen aufgebrochen werden, wodurch verschiedene modifizierte Stärken, Dextrine sowie stärkebasierte Zuckerstoffe entstehen. Zu letzteren gehören vor allem Glucose (Dextrose), Maltodextrin, Glucosesirup, Maltose, Fructose und Sorbitol.

Herkunft und Zusammensetzung

Rohstoffpflanze	Stärkegehalt (in % der genutzten Pflanzenteile)[2]
Erbse	40
Gerste	75
Kartoffel	82
Mais	71
Maniok	77
Reis	89
Roggen	72
Sorghum	74
Süßkartoffel	72
Triticale	74
Weizen	74

Stärke für technische Anwendungen wird aus verschiedenen Nutzpflanzen gewonnen. Die international wichtigsten stärkeliefernden Pflanzen stellen dabei Kartoffeln, Mais und Weizen dar, national können Stärkepflanzen wie Maniok (Tapioka, auch Cassava), Reis und Süßkartoffel eine größere Rolle spielen. Diese Pflanzen stellen den Hauptteil der Weltproduktion von etwa 45 Millionen Tonnen. Hinzu kommen weitere Getreidearten (Gerste, Roggen, Triticale), Erbsen, Sagopalmen (Sago) und Yamswurzeln, die vor allem als Stärkelieferanten für Nahrungs- und Futtermittel dienen. In Deutschland wurde im Jahr 2007 aus Kartoffeln, Weizen und Mais 1,53 Mio. t Stärke produziert[3] .

Die Anteile der Stärkearten Amylose und Amylopektin variieren je nach Art und Sorte der Stärkepflanze. Da für die industrielle Verwertung vor allem Amylopektin benötigt wird, werden Stärkepflanzen mit möglichst hohem Amylopektingehalt bevorzugt. So befindet sich in der EU derzeit die gentechnisch veränderte Stärke-Kartoffelsorte Amflora im Zulassungsverfahrern, deren Stärke fast ausschließlich aus Amylopektinen besteht[4] . Andere Gerstensorten, deren Stärke zu 95 % aus Amylopektin besteht, beruhen auf konventionellen Züchtungsmethoden.

Die verschiedenen Arten und Sorten unterscheiden sich nicht nur in ihrem Stärkegehalt, sondern auch in der Zusammensetzung der Stärke sowie dem Gehalt an anderen Inhaltsstoffen wie Proteinen, Lipiden und Mineralstoffen, sowie im Feuchteghalt der unbehandelten Stärke. Diese Inhaltsstoffe machen im Regelfall etwa ein Prozent aus, die Feuchte liegt zwischen 10 und 20 % der Stärkemasse. Geforderte Feuchtegehalte und Inhaltsstoffe werden in nationalen und internationalen Standards festgeschrieben.

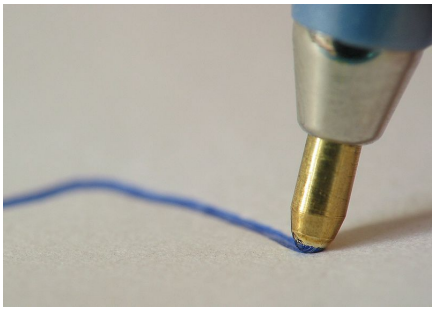
Verwendung

Der Hauptteil von Stärke und deren Produkte wird im Bereich der Lebensmittelindustrie in der Herstellung von Süßwaren, Backwaren, Milchprodukten und insbesondere Getränken in Form von stärkebasierten Zuckerstoffen (vor allem Glukosesirup, Dextrose und Isoglukose) verwendet. Dieser Anteil betrug nach Angaben des deutschen Fachverband der Stärke-Industrie e.V. im Jahr 2008 56% der in Deutschland verfügbaren Menge von 1,82 Mio. Tonnen[3] Aufgrund der Eigenschaften der Stärke als modifizierbares Polymer sowie seiner Zusammensetzung aus fermentierbaren Zuckereinheiten wird Stärke allerdings auch als nachwachsender Rohstoff in der chemisch-technischen Industrie vielfältig eingesetzt; der Verbrauch an Stärke und Stärkederivaten im Non-Food-Bereich betrug 2008 in Deutschland nach Verbandsangaben mehr als 800.000 t. 10% bzw. 182.000 t

gingen in die chemische und die Fermentationsindustrie, 35% bzw. 637.000 t wurden in der Papier- und Wellpappeproduktion eingesetzt.[3]

Stärke in der Papierindustrie

Der größte technische Verbraucher von Stärke ist in Deutschland derzeit die Papierindustrie, die mit 35% der Gesamtstärkenutzung etwa 637.000 t pro Jahr nachfragt.[3]



Ohne Leimung würden Schreibtinten auf dem Papier verlaufen

Stärke wird bei der Papierherstellung zur Behandlung der Papieroberfläche, der so genannten Leimung bzw. Imprägnierung, eingesetzt. Sie verschließt aufgrund der Polymerisierung des enthaltenen Gluten die Oberfläche und verbessert damit die Eigenschaften des Papiers, um es beschreib- oder mit wässrigen oder alkoholischen Tinten bedruckbar zu machen. Der Effekt beruht auf einer Hydrophobierung des Papiers, das in seinem Normalzustand hydrophil ist. In ungeleimtem Zustand würden wasserbasierte und niedrigviskose Schreibmaterialien wie Tinte oder Tusche verlaufen, und die Kapillarität des Papieres würde so ein sauberes Schriftbild behindern, wie es bei ungeleimten Produkten wie etwa Toilettenpapier oder Küchenkrepp der Fall ist. Ähnliche Effekte können auch durch den Einsatz von modifizierter Cellulose (beispielsweise Carboxymethylcellulose) oder Polyvinylalkohol erreicht werden.

Bei der Herstellung von Wellpappe wird Stärke vor allem als Stärkekleister eingesetzt, um die Papierschichten miteinander zu verkleben. Allein hierfür wurden 2008 in Deutschland mehr als 100.000 t Stärke in Form von Stärkeleim verbraucht.[3]

Stärke als Fermentationssubstrat

Bioethanolanlage in Burlington, Iowa.

Stärke stellt als Glucosepolymer einen natürlichen Energiespeicher für Pflanzen dar, der entsprechend im Stoffwechsel von fast allen Organismen abgebaut werden kann. In der Fermentationsindustrie bzw. Biotechnologie stellt Stärke entsprechend neben Saccharose das wichtigste Substrat zur Gewinnung verschiedener Produkte dar, die von Bakterien oder Pilzen produziert werden. Das Spektrum reicht dabei von Bioethanol über verschiedene Aminosäuren, Organische Säuren wie Zitronensäure und Essigsäure, Enzymen und Antibiotika bis zu Biomonomeren und -polymeren wie Polyhydroxyalkanoate (PHA; u.a. Polyhydroxybuttersäure, PHB) oder Polymilchsäure (PLA). 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[5] .

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.

Stärkebasierte Kunststoffe

→ *Hauptartikel: Biokunststoff*

Verpackungschips aus thermoplastischer Stärke

Bei der Herstellung von Biobasierten Kunststoffen spielen Celluloseacetate eine Rolle. Sie werden verwendet für Kunststoffe auf der Basis von Zucker und Stärke. Wichtigste Biokunststoffe sind Thermoplastische Stärken (TPS) und Stärkeblends, extrudierte Stärke und Polymilchsäure (PLA) (in der Reihenfolge ihrer Marktanteile). Alle weiteren Biokunststoffe wie Polyhydroxyalkanoate (PHA) machen zusammen weniger als 5% aus.

Wichtig werden zudem international Kunststoffe, die traditionell petrochemisch hergestellt werden und für die heute Wege einer Herstellung auf biogener Basis bestehen. Dazu gehören vor allem Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET), Polypropylen (PP) und zukünftig wahrscheinlich auch Polyvinylchlorid (PVC) und Polymethylmethacrylat (PMMA).

Während Thermoplastische Stärke, Stärkemischungen und stärkegefüllte Polyolefine eine direkte Nutzung von Stärke bzw. modifizierten Stärken darstellen, werden PHAs und PLA durch Fermentation produziert. Das Fermentationssubstrat kann dabei – wie oben dargestellt – auf unterschiedlichen Rohstoffen aufbauen. Dabei wird aktuell für die Herstellung von PLA vor allem Maisstärke genutzt (NatureWorks in den USA).

Sonstige Anwendungen von Stärke

Stärkekleber

Neben den dargestellten Hauptverwendungen für Stärke gib es eine Reihe weiterer Verwendungen, vor allem im Bereich der chemischen Industrie, bei der Herstellung von Kosmektikprodukten und Klebstoffen (Stärkekleister) sowie in der Textilindustrie in Form von Wäschestärke. Für diese Anwendungen wird Stärke gegenüber den oben dargestellten Nutzungen nur in vergleichsweise geringen Mengen eingesetzt.

In der Pharmazie verwendet man Stärke in der Tablettenherstellung, bei der sie als Füllstoff, Sprengmittel, Bindemittel und als Pudergrundlage dienen kann.

Sie dient darüber hinaus unter anderem zum Beizen von Baumwolle, zur Färbung mit Anilinfarben, zum Leimen von Papier, sowie zum Verdicken von Farben in der Zeugdruckerei. Im Offsetdruck wird ein Stärkepuder-Luftgemisch, häufig aus Mais, mittels Puderapparaten auf die frisch bedruckte Oberfläche aufgetragen. Das Puder wirkt als Abstandhalter zwischen den übereinandergestapelten Papierbogen und fördert wegen der mit eingeschlossenen Luft das oxidative Trocknen der Druckfarbe.

Belege

Literatur

- Hans Zoebelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Ressources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seiten 265-266, 267. ISBN 3-527-30114-3.

Referenzen

[1] Artikel *Starch, Chemical Properties.* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Ressources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seiten 266-267. ISBN 3-527-30114-3.

[2] Artikel *Starch* und *Starch, Composition.* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Ressources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seiten 265-266, 267. ISBN 3-527-30114-3.

[3] *Zahlen und Daten zur deutschen Stärkeindustrie.* (http://www.staerkeverband.de/html/zahlen.html) Angaben vom Fachverband der Stärke-Industrie e.V.

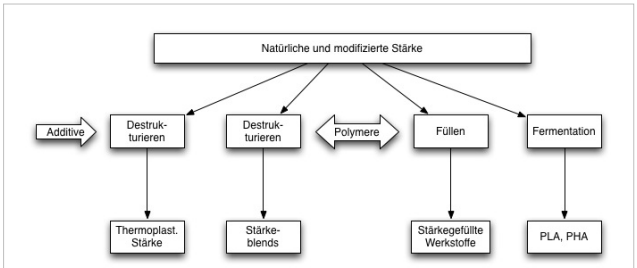
[4] www.bioSicherheit.de: Gv-Stärkekartoffel als Nachwachsender Rohstoff: Amflora - eine Kartoffel für die Industrie. (http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/staerke/32.doku.html) Abgerufen am 200904-08.

[5] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V. (BDBe): Bioethanolproduktion in Deutschland 1. Halbjahr 2009. (http://www.lab-biokraftstoffe.de/Zahlen_2009.html) Abgerufen am 2009-09-09.

Stärkeblend

Als **Stärkeblends** bezeichnet man Mischungen aus Thermoplastischer Stärke (TPS) und Kunststoffen, die entweder auf Erdöl oder auf nachwachsenden Rohstoffen basieren können. Diese Blends stellen international einen der größten Anteile der Biokunststoffe dar und variieren je nach Zusammensetzung in ihren Eigenschaften.

Zusammensetzung und Eigenschaften



Herstellung von Biopolymeren auf Stärkebasis

Thermoplastische Stärke (TPS) ist aufgrund seiner für die Nutzung negativen Eigenschaft, Wasser aufzunehmen, im Regelfall nur eine der Komponenten, aus der moderne Biokunststoffe auf Stärkebasis hergestellt werden. Der zweite Grundbestandteil dieser Kunststoffblends besteht aus wasserabweisenden, biologisch abbaubaren Polymeren wie Polyester, Polyesteramiden, Polyurethaneen oder Polyvinylalkohol. Ein Kunststoffblend setzt sich demnach aus zwei Phasen zusammen, aus der kontinuierlichen und hydrophoben (wasserunlöslichen) Polymerphase sowie aus der dispersen und hydrophilen (wasserlöslichen) Stärkephase. Der stärkebasierte Werkstoffanteil kann dabei zwischen 25 und 70&nbps;% betragen.

Während des Schmelzvorgangs im Extruder verbinden sich Stärkephase und Kunststoffphase zu einem wasserfesten Stärkekunststoff. Diese Erkenntnisse bildeten die Basis für die Weiterentwicklung und den schließlichen Durchbruch der Stärkekunststoffe (EP 0596437, EP 0799335)

Verwendung

Stärkeblends und –compounds werden je nach Einsatzgebiet individuell für ihre weitere Nutzung in der Kunststoff verarbeitenden Industrie entwickelt und produziert. Als Kunststoffgranulate lassen sie sich auf den vorhandenen Anlagen zu Folien, tiefziehbaren Flachfolien, Spritzgussartikeln oder Beschichtungen verarbeiten. Beispiele dafür sind Tragetaschen, Joghurt- oder Trinkbecher, Pflanztöpfe, Besteck, Windelfolien, beschichtete Papiere und Pappen. Auch durch chemische Veränderung wie die Umsetzung zu Stärkeestern oder Stärkeethern mit hohem Substitutionsgrad kann Stärke thermoplastisch modifiziert werden. Diese Verfahren haben sich aber wegen der damit verbundenen hohen Kosten bislang nicht durchgesetzt.

Literatur

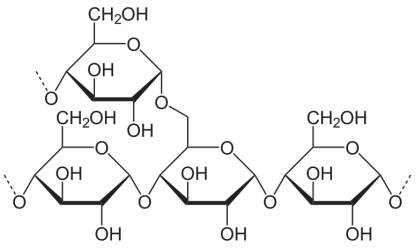
- Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths: *Technische Biopolymere.* Hanser-Verlag, München 2009. ISBN 978-3-446-41683-3.
- Jürgen Lörcks: *Biokunststoffe. Pflanzen - Rohstoffe, Produkte.* Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2005 (PDF-Download [1])

Referenzen

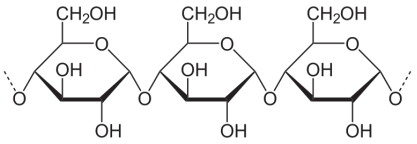
[1] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_224biokunststoff_2006.pdf

Stärkepflanze

Als **Stärkepflanzen** werden Nutzpflanzen bezeichnet, die Organe mit einem hohen Gehalt an Stärke besitzen. Wirtschaftlich bedeutend sind z. B. die Knollen von Kartoffeln, die Körner von Getreide (Weizen, Mais) und die Früchte oder Speichergewebe vieler anderer Arten. 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). Ein Teil der Stärke wird in aufgereinigter Form gewonnen und vor allem in der Nahrungsmittelindustrie und für die stoffliche Nutzung verwendet. Stärke ist ein Polysaccharid (Vielfachzucker) aus dem Monosaccharid (Einfachzucker) Glucose (Traubenzucker). Stärke besteht - je nach Art - zu unterschiedlichen Anteilen aus dem verzweigten Amylopektin und der linearen (unverzweigten) Amylose.



Ausschnitt aus einem Amylopektinpolymer



Ausschnitt aus einem Amylosepolymer

Kartoffelfeld

Stärkeliefernde Pflanzen

Unterschiedliche Pflanzenarten speichern die Stärke in unterschiedlichen Pflanzenteilen. Wichtige Stärkepflanzen sind im Folgenden nach Speicherorgan sortiert aufgeführt.

Weizen- und Gerstebestand

Rüben, Knollen, Wurzeln, Rhizome

- Kartoffel, Maniok, Knollenbohne, Batate, Yamswurzel, Knollen-Platterbse, Arakacha, Knolliger Sauerklee, Knollige Kapuzinerkresse, Ulluco, Ostindische Pfeilwurz, Pfeilwurz, Achira, Taro, Tannia, Weiße Seerose, Gelbe Teichrose, Chayote

Oberirdische Sprossachsen

- Sagopalme

Samen

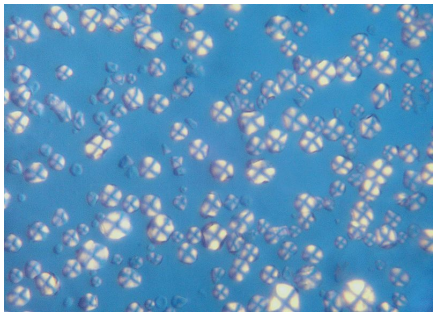
- Getreidepflanzen
  - Weizen (Dinkel, Emmer, Einkorn, Kamut), Gerste, Roggen, Hafer, Reis, Mais, Hirse, (Zwerghirse, Fingerhirse, Rispenhirse, Kutkihirse, Weizenhirse, Foniohirse, Perlhirse, Kolbenhirse, Mohrenhirse)
- Pseudozerealien (Pseudogetreide)
  - Buchweizen, Amarant, Quinoa, Stachelseerose
- Hülsenfrüchte
  - Erbsen, Bohnen, Linsen, Kichererbsen, Lupinen, Sojabohnen.

Maisfeld

Samen im Fruchtfleisch

- Jackfruchtbaum, Okwabaum, Brotnussbaum

Funktion der Stärke in der Pflanze



Isolierte Stärkekörner bei 800-facher Vergrößerung

Das Glucosepolymer Stärke dient Landpflanzen und Grünalgen als Energiespeicher. Anders als Glucose ist Stärke unlöslich und somit osmotisch unwirksam. So ist eine kompaktere Speicherung möglich. Die Stärke tritt in den verschiedenartigsten Geweben aller grünen Pflanzen auf. Bei Rotalgen dagegen kommt eine im Verzweigungsgrad variierende Form von Stärke (Florideophyceen-Stärke) vor. Die meisten anderen Organismen verwenden andere Reservestoffe (Diatomeen, Goldalgen und Braunalgen: Chrysolaminarin (Glucose-Polymer); Euglena: Paramylon (Glucose-Polymer); Cryptophyceae: Öle im Cytoplasma, Stärke im periplastidären Raum). In den Epidermiszellen einiger höherer Pflanzen findet sich lösliche Stärke, die mit Iod (Iodprobe) nachgewiesen werden kann. Meist tritt Stärke aber in Körnerform auf, vor allem in Geweben zur Reservestoffspeicherung (Samen, Knollen, Zwiebeln und Rhizome sowie die Holzstrahlen und das Holzparenchym im Holzkörper der Bäume). Diese Reservestärke ist großkörniger als Stärke in assimilierenden Geweben. Die Stärkekörnchen bilden sich innerhalb der Pflanzenzellen in Chloroplasten oder in anderen Plastiden, wie z. B. den farblosen Leukoplasten. Letztere finden sich vor allem in chlorophyllfreien Speichergeweben, in denen Assimilationsprodukte in Reservestärke umgewandelt werden (z. B. in Kartoffelknollen) und werden auch als Amyloplasten bezeichnet. Bei vielen chlorophyllhaltigen Algen, z. B. bei Spirogyra, treten die Stärkekörner an besonderen Bildungsherden im Umkreis von Pyrenoiden auf. Das Wachstum der anfangs winzigen Stärkekörner erfolgt entweder durch Einlagerung neuer Stärkemoleküle zwischen die schon vorhandenen, oder (bei zusammengesetzten Stärkekörner) durch nachträgliche Verschmelzung und Umlagerung mit neuen Schichten.

Stärkegewinnung

Rohstoffpflanze	Stärkegehalt (in % der genutzten Pflanzenteile)[1]
Erbse	40
Gerste	75
Kartoffel	82
Mais	71
Maniok	77
Reis	89
Roggen	72
Sorghum	74
Süßkartoffel	72
Triticale	74
Weizen	74

Die weltweit wichtigsten Stärkepflanzen sind Kartoffel, Mais und Weizen. In einigen Ländern spielen Maniok (Tapioka, auch Cassava), Reis und Süßkartoffel eine größere Rolle. Diese Pflanzen stellen den Hauptteil der Weltproduktion an isolierter Stärke von etwa 45 Millionen Tonnen. Hinzu kommen weitere Getreidearten (Gerste, Roggen, Triticale), Erbsen, Sagopalmen (Sago) und Yamswurzeln, die vor allem als Stärkelieferanten für Nahrungs- und Futtermittelzwecke dienen. In Deutschland wurden im Jahr 2008 rund 1,53 Mio. t (Europa: 9,4 Mio. t) Stärke produziert, wobei der größte Anteil aus Kartoffeln (42 %) stammt, gefolgt von Weizen (33 %) und Mais (25 %) (Europa: 16 %/ 37 %/ 47 %). Die verarbeitete Menge betrug in Deutschland 1,82 Mio. t (Europa: 8,8 Mio. t), von denen 56 % für die Nahrungsmittelherstellung, 34 % in der Papierproduktion und 10 % für chemische, Fermentations- und die technische Industrie verwendet wurden (Europa: 60 %/ 25 %/ 15 %). [2] .

Die Anteile von Amylopektin und Amylose an der Stärke variieren je nach Art und Sorte der Stärkepflanze. Da für die industrielle Verwertung vor allem Amylopektin benötigt wird, werden Stärkepflanzen mit möglichst hohem Amylopektingehalt bevorzugt. Einige Gerstensorten, deren Stärke zu 95 % aus Amylopektin besteht, beruhen auf konventionellen Züchtungsmethoden. In der EU befindet sich seit 1996 die gentechnisch veränderte Stärke-Kartoffelsorte Amflora im Zulassungsverfahren, deren Stärke fast ausschließlich aus Amylopektinen besteht[3] .

Die Stärke wird durch Auswaschen der Stärkekörner gewonnen. Diese Körner enthalten auch andere Bestandteile der Plastiden, in denen sie gebildet wurden, so dass keine hochreine Stärke vorliegt. Die verschiedenen Arten und Sorten unterscheiden sich nicht nur in ihrem Stärkegehalt, sondern auch in der Zusammensetzung der Stärke sowie dem Gehalt an anderen Inhaltsstoffen wie Proteinen, Lipiden und Mineralstoffen, sowie im Feuchtegehalt der unbehandelten Stärke. Diese Inhaltsstoffe machen im Regelfall etwa ein Prozent aus, die Feuchte liegt zwischen 10 und 20 % der Stärkemasse. Geforderte Feuchtegehalte und Inhaltsstoffe werden in nationalen und internationalen Standards festgeschrieben.

(zur Nutzung der aufgereinigten Stärke siehe Artikel Stärke)

Weblinks

- [4] - Seite des Fachverbands der Stärkeindustrie in Europa, inklusive pdf-Dokument "Daten und Fakten zur Stärke-Industrie - Ausgabe 2009", 2-seitig [5]

Referenzen

[1] Artikel *Starch* und *Starch, Composition.* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Ressources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; S. 265-266, 267, ISBN 3-527-30114-3.

[2] *Zahlen und Daten zur deutschen Stärkeindustrie.* (http://www.staerkeverband.de/html/zahlen.html) Angaben vom Fachverband der Stärke-Industrie e.V.

[3] 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.

[4] http://www.staerkeverband.de

[5] http://www.staerkeverband.de/downloads/FSI_zahlen2008.pdf

Stärkepolymer

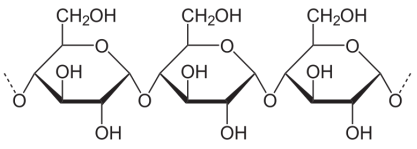
Als **Stärkepolymere** werden grundsätzlich alle Polymere bezeichnet, die auf das natürlich vorkommende Polysaccharid Stärke aufbauen. Während im Umfeld der biologisch-chemischen Forschung auch das Polymer der Stärke selbst als Stärkepolymer bezeichnet wird, bezieht sich diese Bezeichnung im technischen Sprachgebrauch vor allem auf Kunststoffe und andere Werkstoffe, die auf der Basis von Stärke hergestellt werden und als Biowerkstoffe Verwendung finden.

Aufbau und Eigenschaften der Stärke

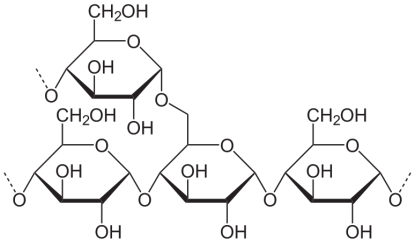
→ *Hauptartikel: Stärke, Stärke als nachwachsender Rohstoff*

Stärke ist als Polysaccharid ein natürliches Biopolymer, das in Form von Stärkekörnern als Energiespeicherstoff in die Zellen von Pflanzen eingelagert wird. Sie besteht aus α-D-Glucose-Einheiten (Monomere), die über glykosidische Bindungen miteinander verknüpft sind. Dadurch ergibt sich die chemische Formel $(C_6H_{10}O_5)_n$, wobei C für den enthaltenen Kohlenstoff, H für den Wasserstoff und O für den Sauerstoff steht. Im Normalfall besteht ein Stärkemolekül aus 10^4 bis 10^6 Glucoseeinheiten, wobei es zwei verschiedene Typen gibt:

- 20–30 % der Stärke besteht aus Amylose, linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α-1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–80 % besteht aus Amylopektin, stark verzweigten Strukturen, mit α-1,6-glykosidischen und α-1,4-glykosidischen Verknüpfungen.



Ausschnitt aus einem Amylosepolymer



Ausschnitt aus einem Amylopektinpolymer

Aufgrund der OH-Gruppen sowie der glykosidischen Bindung der einzelnen Monomere lässt sich Stärke auf unterschiedliche Arten chemisch modifizieren und so für unterschiedliche Zwecke nutzbar machen. So gewinnt man durch verschiedene Substitutionen Stärkeether (Stärke-O-R) oder Stärkeester (Stärke-O-CO-R), außerdem lassen sich verschiedene Moleküle mit dem Stärkepolymer verknüpfen (R-O-Stärke-O-R und/oder R-OC-O-Stärke-O-CO-R). Durch Oxidation der primären OH-Gruppen lassen sich oxidierte Stärken sowie Stärkemoleküle mit vermehrten COOH- oder CHO-Gruppen gewinnen, bei einer Oxidation der sekundären OH-Gruppen resultieren vermehrte CHO- und CO-Gruppen sowie Ringbildungen der Moleküle C_2 und C_3. Bei der Thermolyse und der Pyrolyse lässt sich unter Abscheidung von Wasser Laevoglucosan gewinnen, das als Ausgangsstoff für eine Reihe von Produkten genutzt werden kann.[1]

Durch Hydrolyse mit Hilfe von Enzymen oder Säuren können die glykosidischen Bindungen aufgebrochen werden, wodurch verschiedene modifizierte Stärken, Dextrine sowie stärkebasierte Zuckerstoffe entstehen.

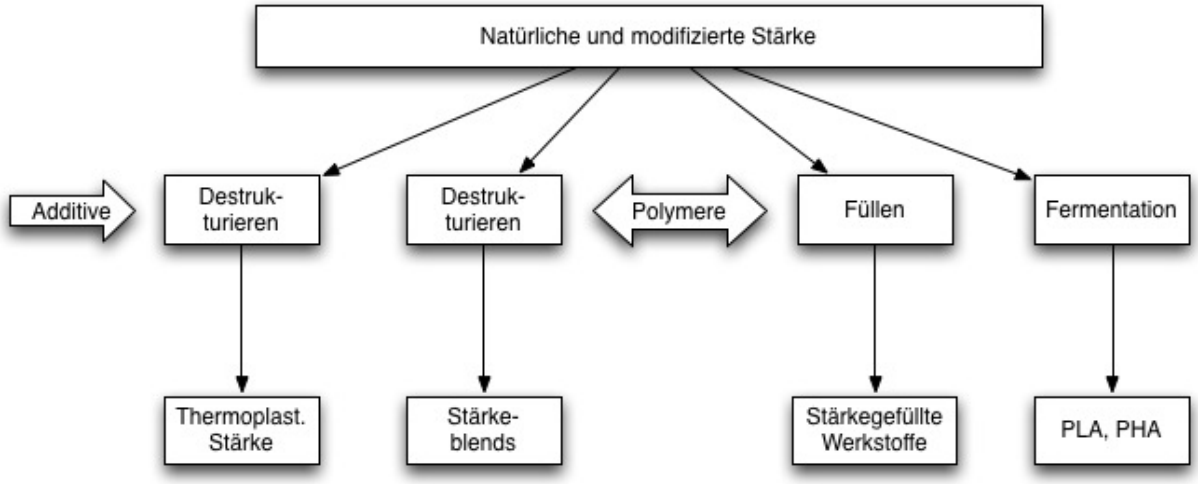
Stärkebasierte Werkstoffe

→ *Hauptartikel: Biokunststoff*

Bei der Herstellung von Biobasierten Kunststoffen spielt Stärke eine Rolle. Die wichtigsten Biokunststoffe auf Stärkebasis sind extrudierte Thermoplastische Stärken (TPS) und Stärkeblends sowie Polymilchsäure (PLA) (in der Reihenfolge ihrer Marktanteile). Alle weiteren Biokunststoffe wie Polyhydroxyalkanoate (PHA) machen zusammen weniger als 5% aus.

Während Thermoplastische Stärke, Stärkemischungen und stärkegefüllte Polyolefine eine direkte Nutzung von Stärke bzw. modifizierten Stärken darstellen, werden PHAs und PLA durch Fermentation produziert. Das

Fermentationssubstrat kann dabei – wie oben dargestellt – auf unterschiedlichen Rohstoffen aufbauen. Dabei wird aktuell für die Herstellung von PLA vor allem Maisstärke genutzt (NatureWorks in den USA).



Thermoplastische Stärke

→ *Hauptartikel: Thermoplastische Stärke*

Verpackungschips aus thermoplastischer Stärke

Thermoplastische Stärke (TPS) ist aufgrund ihrer für die Nutzung negativen Eigenschaft, Wasser aufzunehmen, im Regelfall nur eine der Komponenten, aus der moderne Biokunststoffe auf Stärkebasis hergestellt werden. Der zweite Grundbestandteil dieser Kunststoffblends besteht aus wasserabweisenden, biologisch abbaubaren Polymeren wie Polyester, Polyesteramiden, Polyesterurethanen oder Polyvinylalkohol. Ein Kunststoffblend setzt sich demnach aus zwei Phasen zusammen, aus der kontinuierlichen und der hydrophoben Polymerphase, sowie aus der dispersen und hydrophilen Stärkephase. Während des Schmelzvorgangs im Extruder verbinden sich die wasserlösliche, disperse Stärkephase und die wasserunlösliche, kontinuierliche Kunststoffphase zu einem wasserfesten Stärkekunststoff.

Mit einem Marktanteil von etwa 80 Prozent bildet thermoplastische Stärke den derzeit wichtigsten und gebräuchlichsten Vertreter der Biokunststoffe.

Stärkeblends

→ *Hauptartikel: Stärkeblend*

Als Stärkeblends bezeichnet man Mischungen aus Thermoplastischer Stärke (TPS) und Kunststoffen, die entweder auf Erdöl oder auf Nachwachsenden Rohstoffen Basieren können. Stärkeblends stellen international einen der größten Anteile der Biokunststoffe dar und variieren je nach Zusammensetzung in ihren Eigenschaften.

Stärkegefüllte Werkstoffe

Bei den Stärkegefüllten Verbundwerkstoffen wird die Stärke in partikulärer oder körniger Form als Füllstoff verwendet. Durch die Füllung können bei den Werkstoffen die technischen Werkstoffeigenschaften sowie die Abbaueigenschaften verbessert werden.

Letzteres ist zum einen bedingt durch den direkten biologischen Abbau der Stärke, zudem jedoch auch durch die durch die Stärkefüllung vergrößerte Oberfläche des Matrixkunststoffs. Dabei werden allerdings Matrix-Polymere

wie Polyethylen nicht biologisch abbaubar sondern es kommt dirch den Abbau der Stärkekörner zu einer makroskopischen Materialzersetzung.

Fermentativ hergestellte Werkstoffe

Zu den fermentativ, also durch Vergärung von Stärke, Zucker und anderen Rohstoffen durch verschiedene Mikroorganismen, hergestellten Biopolymeren gehören vor allem die Polyhydroxyalkanoate (insbesondere Polyhydroxybutyrat (PHB)) sowie die auf der Basis fermentativ hergestellter Milchsäure basierenden Polylactide. Da bei ihnen die Stärke über den Stoffwechsel der Organismen in ihrer Struktur vollständig umgebaut wird, werden diese Werkstoffe in der Regel nicht als Stärkepolymere sondern stattdessen nur als stärkebasierte Polymere bezeichnet.

Literatur

- Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths: *Technische Biopolymere.* Hanser-Verlag, München 2009. ISBN 978-3-446-41683-3.
- Jürgen Lörcks: *Biokunststoffe. Pflanzen - Rohstoffe, Produkte.* Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2005 (PDF-Download [1])
- P. Eyerer, P. Elsner, T. Hirth (Hrsg.): *Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften.* 6. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg 2005; Seiten 1444-1448. ISBN 3-540-21410-0

Referenzen

[1] Artikel *Starch, Chemical Properties.* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Ressources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seiten 266-267. ISBN 3-527-30114-3.

Stroh

Zu Rundballen zusammengepresstes Stroh

Der Begriff **Stroh** (das, -[e]s, kein Plural) ist ein Sammelbegriff für ausgedroschene und anschließend getrocknete Halme und Stängel, im engeren Sinn von jeglichen Feldfrüchten (vor allem Getreide), im weiteren Sinn aber auch von Hülsenfrüchten, Öl- und Faserpflanzen.

Das meiste Stroh wird als Humus- und Nährstoffquelle in den Boden landwirtschaftlicher Nutzflächen eingearbeitet, entweder direkt nach der Ernte der Feldfrüchte oder – vermischt mit Tierexkrementen als Mist – nachdem es als Einstreu genutzt wurde. Einige Stroharten dienen auch als nährstoffarme Futtermittel. Stroh wird auch energetisch genutzt als Brennmaterial und als Rohstoff für synthetische Biokraftstoffe. Zudem wird Stroh als Baumaterial (Strohballenbau), als Rohstoff für (kunst-)handwerkliche Arbeiten (z. B. Strohflechterei) sowie früher auch als Material zur Eindeckung von Dächern verwendet.

Im Unterschied zu Stroh besteht Heu aus luftgetrockneten, geschnittenen Futterpflanzen, d. h. meist aus Gräsern und Kräutern, zum Beispiel aus Klee.

Strohhut

Nutzung

Stroh kann sowohl stofflich als auch energetisch genutzt werden. Dabei lässt sich die Verwendung des Strohs bis in die vorgeschichtlichen Phasen der Menschheitsgeschichte mit den Anfängen der landwirtschaftlichen Nutzung von Getreidearten zurückverfolgen. Das Stroh verschiedener Getreidearten, im wesentlichen Weizen, Roggen, Gerste und Triticale, fällt als Koppelprodukt bei der Nutzung des Getreides zur Ernährung und Stärkegewinnung an. Im Jahr werden in Deutschland etwa 23 Mio. t Weizen auf 3,2 Mio. ha Fläche produziert, hinzu kommen 11,5 Mio. t Gerste auf 2 Mio. ha, 2,8 Mio. t Roggen auf 550.000 ha, 2,6 Mio. t Triticale auf 380.000 ha und 1,2 Mio. t Hafer auf 210.000 ha[1] So fallen jährlich etwa 21 Mio. t Getreidestroh an, davon 11 Mio. t Weizen-, 6,5 Mio. t Gersten-, 2 Mio. t Roggen-, 1,3 Mio. t Hafer- und 1,2 Mio. t Triticale-Stroh (berechnet auf der Basis des Korn-Strohverhältnisses). Davon können ohne Schaden für die Bodenfruchtbarkeit rund 20-30% dem Stoffkreislauf für eine energetische oder stoffliche Nutzung entnommen werden, andernfalls ist eine Zufuhr vergleichbarer organischer Substanz auf die Anbauflächen nötig, um eine ausgewogene Humusbilanz sicherzustellen.[2] [3]

Stoffliche Nutzung

Einstreu und gartenbauliche Nutzung

Der größte Teil des eingefahrenen Strohs dient als Tiereinstreu für die Großtierhaltung (Rinder, Pferde und Schweine) und wird nach der Nutzung wieder in den Nährstoffkreislauf zurückgeführt. Im Privatbereich wird Stroh für die Haltung von Kaninchen und anderen Kleintieren eingesetzt: Es kann hier als Alternative zu Sägespänen oder Schäben verwendet werden. Gerstenstroh hat gegenüber Stroh aus anderen Getreidearten eine deutlich hellere Farbe und nimmt schlechter Feuchtigkeit auf. Aus diesem Grunde eignet es sich nicht so gut als Einstreu. Geringere Mengen Stroh werden in der Pilzzucht als Aufzuchtssubtrat oder im Obstbau, vor allem als Abdeckung von Erdbeeren zum Kälteschutz, eingesetzt.

Bau- und Dämmstoff

Eine stoffliche Verwendung vor allem von Weizenstroh stellt seine Nutzung als Bau- und Dämmstoff dar. Im Hausbau ist der Strohballenbau etabliert, der bereits seit ca. 1890 in den USA praktiziert wurde und seit den 1980ern eine Renaissance erlebt, heutzutage dienen Strohballen als Baustoff in Nordamerika, Europa und Asien[4] . Bei der tragenden Strohballenbauweise bestehen die Wände gänzlich aus Strohballen und die Dachlast wird über die Strohballen getragen. Bei der nicht-tragenden Bauweise bildet ein Holzständerwerk das Tragwerk und die Zwischenräume (Gefache) werden mit Stroh ausgefüllt. Diese Konstruktionsart entspricht weitgehend dem Holzrahmenbau oder auch dem klassischen Fachwerkhaus [5] und wird in Deutschland meist vorgezogen, da Strohballen hier bauaufsichtlich noch nicht als lasttragende Baustoffe zugelassen sind [4] .

Stroh ist ein guter Dämmstoff und weist in Ballenform einen WLG-Wert von 046 auf. Fachgerecht verbaute Strohballen sind schimmelresistent, werden als normalentflammbarer Baustoff (B2) kategorisiert und sind mit Setzungswerten von 2,3% im Bauteil anderen Dämmstoffen ebenbürtig. [6] Die Rohdichte der Ballen liegt zwischen 90 und 150 kg/m³ [4] .

Darüber hinaus existieren zahlreiche Mischformen. So wurde Stroh im Lehmbau traditionell oft gemischt mit Lehm verwendet, es erhöht die Festigkeit und verbessert die Wärmedämmung. Außerdem wurden früher in vielen Regionen Strohdächer gefertigt. Erforscht wird die Nutzung von Stroh im Verbund mit Zement als plattenförmiger Baustoff ähnlich der Holzwolle-Leichtbauplatte[7] .

Andere stoffliche Nutzungen

Herstellung traditioneller Bienenkörbe aus Stroh in England

Vor allem historisch hatte die Verwendung von Stroh für eine Reihe von Produkten sehr viel größere Bedeutung, wurde jedoch durch andere Materialien abgelöst. Aus geflochtenem Stroh wurden Schuhe hergestellt, die so genannten Strohschuhe. Eine weitere Verwendung waren Bienenkörbe aus geflochtenem Stroh, die gelegentlich auch heute noch gefertigt werden[8] .

Überholt ist auch der Einsatz als Trinkhalm, obgleich Plastiktrinkhalme nicht selten immer noch als *Strohhalme* bezeichnet werden. Als Verpackungsmaterial wurden früher Strohhalme verwendet, um Erschütterungen zu dämpfen. Diese Funktion wird heute vor allem durch Styropor und andere Kunststoffe erfüllt, obwohl es auch neue Produkte auf Strohbasis als Verpackungsfüllmaterial gibt. Mitunter wird Stroh auch für die Herstellung von Papier verwendet[9] . Auch Zielscheiben für das Bogenschießen werden aus Stroh gefertigt[10] .

Im traditionellen Japan sind Strohmatten aus Reisstroh (Tatamis), die auf den Boden gelegt wurden, der Sitzplatz der Menschen, nicht Stühle oder Bänke. Durch Auflegen mehrlagiger Decken aus Baumwolle (Futons) auf diese Tatamis wurde der Boden auch zum Schlafplatz, so dass es auch keine Betten im europäischen Sinne gab. In Europa werden Tatamis unter anderem als Unterlage für die Ausübung von Judo und anderer japanischer Kampfsportarten verwendet.[11]

Lange Zeit diente auch in Europa Stroh als Bettstroh. Da aber die langen Halme schnell brachen, wurde das Lager hart und unbequem. Heute erlebt der Naturstoff in Strohkernmatratzen eine kleine Renaissance: Gereinigtes Stroh wird gepresst, mit einem Gewebe umgeben, mit Garn versteppt und oft auch mit Lagen anderer Naturmaterialien wie Naturkautschuk kombiniert.

Neben Holz, insbesondere auch schnellwachsenden Hölzern aus Kurzumtriebsplantagen, stellt Getreidestroh einen potenziellen Lieferanten für Lignocellulose als Rohstoff für die Nutzung in Bioraffinerien zur Herstellung verschiedener Plattformchemikalien dar. Entsprechende Vorhaben befinden sich allerdings noch in der Planung.[12]

Energetische Nutzung

Stroh ist in Deutschland gemäß der Kleinfeuerungsanlagenverordnung [13] als Regelbrennstoff für Heizungen zwischen 15 kW und 100 kW freigegeben, so dass ein Verbrennen in Anlagen für den Hausgebrauch ohne Sondergenehmigung gestattet ist. Für Anlagen von z.B. 15 bis 50 kW ergeben sich aus dieser Vorschrift Abgasgrenzwerte (pro m³ Abgas) von 0,15 g/m³ Feinstaub und 4 g/m³ Kohlenmonoxid (CO), die Nutzung in Heizungen für Einzelhaushalte ist jedoch wenig verbreitet, da die Anlagentechnik im Vergleich zu anderen Brennstoffen (Pellets, Holz) aufwendiger ist. In Dänemark ist die Verbrennung von Stroh zur dezentralen Wärme- und Stromgewinnung bereits relativ verbreitet. In Norddeutschland sind die ersten drei Strohheizkraftwerke Deutschlands geplant, deren Feuerungswärmeleistung je 49,8 MW betragen soll.[14] Es ist dabei abzugrenzen von der Getreideverbrennung, bei der das Korn zur Befeuerung genutzt wird. Die Herstellung von Energiepellets aus Stroh zur Verbrennung wird vereinzelt praktiziert, allerdings sind die meisten Pelletheizungen nur für Holzpellets

geeignet.

Die Verbrennungseigenschaften von Stroh unterscheiden sich deutlich von denen des Brennstoffs Holz. Unter anderem sind die Aschegehalte deutlich höher, bei gleichzeitig verringertem Ascheschmelzpunkt und höheren Flugstaubemissionen. Zudem sind die Konzentrationen von Stickstoff, Schwefel und Chlor für eine Verbrennung ungünstiger. Vor allem in Kleinanlagen ist die Einhaltung geltender Emissionsgrenzwerte mit erheblichen zusätzlichen Aufwendungen verbunden.[15]

Als cellulosereicher Rohstoff ist Stroh auch zur Herstellung von Biokraftstoffen geeignet, die Cellulose als Ausgangsprodukt nutzen (zum Beispiel BtL-Kraftstoff und andere synthetische Biokraftstoffe, Cellulose-Ethanol). Diese Kraftstoffe befinden sich noch weitgehend in der Entwicklungsphase.

Etymologie

Etymologisch hängt der Begriff Stroh mit dem alt- und mittelhochdeutschen Ausdruck *stro* (streuen) zusammen, bedeutet also eigentlich *Ausgestreutes* bzw. *Ausgebreitetes*. Ein weiterer Ausdruck für Stroh lautet Strüh und ist in der rheinischen Mundart zu finden.

Siehe auch

- Museum der Strohverarbeitung

Referenzen

[1] M. Schmidt, A. Maul, M. Richter, U. Gramm: *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2007.* Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup 2008.

[2] M. Kaltschmitt: Energetische Nutzung organischer Abfälle. In: Abfallenergienutzung – Technische, wirtschaftliche und soziale Aspekte, Akademie Verlag Berlin GmbH, 1995, S. 114 ISBN 3-05-501706-4 (Volltext (http://edoc.bbaw.de/oa/series/reAeaQ6eqvgDE/PDF/20XwCkvQy3TP2.pdf))

[3] Julia Münch, 2008: Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland. Positionspapier, ifeu. (pdf (http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU_Positionspapier_Stroh.pdf))

[4] Josef Spritzendorfer: *Nachhaltiges Bauen mit "wohngesunden" Baustoffen, 2007, ISBN 978-3-7880-7802-7, S.67-71*

[5] Lore Kelly: *Bauen mit Strohballen* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3-8167-6916-0, S.81-85

[6] Heidi Adensam: *Dämmen mit Stroh im vorgefertigten Wohnbau* In: Bauthema Naturdämmstoffe, 2006, ISBN 3-8167-6916-0, S. 62

[7] Mohamed Morsy, Harald Garrecht: Strohbeton - Verbundmaterialien aus Stroh und Zement. (http://www.wib-tud.de/forschung/baustoffe/nachwachsende_rohstoffe/strohbeton) Internetseite der TU Dresden, Institut für Massivbau, Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen. abgerufen am 31.8.2009

[8] Herold, Josef; Pieterek, Hubert, 1985: Das kleine Imker-ABC. Franz Ehrenirth Verlag, S. 143. ISBN 3-431-02668-0

[9] Underberg: Strohpapier als Verpackung. Abgerufen am 2009-09-03 (https://www.underberg.com/pages/content2.php?lang=de&flash=noflash&sid=&imgID=&id=23)

[10] Bogenschießen für Einsteiger: FAQ. (http://www.pfeilschuss.de/html/faq-_haufige_fragen.html) Abgerufen am 3.8.2009

[11] Michael Dreisigacker, 2009: Modische Maßeinheit aus Japan. (http://www.taz.de/1/archiv/print-archiv/printressorts/digi-artikel/?ressort=sp&dig=2009/04/11/a0087&cHash=b14f05eff5) tageszeitung, 11.4.2009, abgerufen am 3.9.2009.

[12] Wolfgang Kempkens, 2008: Holz, Gras und Stroh für die Bio-Raffinerie. Wirtschaftswoche, 8.9.2008, abgerufen am 3.9.2009 (http://www.wiwo.de/technik/holz-gras-und-stroh-fuer-die-bio-raffinerie-306123/)

[13] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV) (http://www.myschornsteinfeger.de/bilder_by/files/1bimschv.pdf)

[14] Johann Müller (2007): Energiekosten durch Stroh senken. Land & Forst (http://www.landundforst.de) 50/2007 vom 13.12.2007, S. 46-47.

[15] Obernberger, Ingwald und Thek, Gerold, 2009: Herstellung und energetische Nutzung von Pellets. Schriftenreihe Thermische Biomassenutzung Band 5, Institut für Prozesstechnik, TU Graz, S. 43-44. ISBN 978-3-9501980-5-8

Strohballenbau

Ein **Strohballenbau** ist ein Bauwerk, für dessen Wandaufbau Strohballen eingesetzt werden. Bei dieser Bauweise kommen überwiegend lokal oder regional verfügbare Ressourcen zum Einsatz (Holz, Stroh, Lehm, Schilf etc.). Verglichen mit herkömmlichen Bauweisen ist der Strohballenbau arbeitsintensiver, dafür aber kostensparender. Der Strohballenbau erfährt in Europa derzeit eine langsam steigende Beliebtheit.

Öffentliche Bücherei in Mattawa

Geschichte

Den Strohballenbau (bzw. die Strohballen-Architektur) gibt es seit Ende des 19. Jahrhunderts. In Nebraska wurden die Ballen von Wanderarbeitern wie Ziegelsteine zum Wandaufbau eingesetzt. Später entwickelte sich in den USA die Ständerbauweise mit Holzständerwerk. Während ursprünglich die Ballen aus Mangel an Holz zum Häuserbau verwendet wurden, stehen heutzutage die bauphysikalischen Eigenschaften der Strohballen im Vordergrund. Nach Angaben des Fachverbands Strohballenbau gibt es in Deutschland rund 80 Strohballen-Wohnhäuser sowie einige kleinere Geschäftsgebäude, nahezu ausschließlich in Ständerbauweise.

200 m^2 Lärmschutzwand aus Lärchenholz in Rahmenbauweise, gefüllt mit Strohballen.

Konstruktion

Es wird zwischen tragender und nichttragender Bauweise unterschieden. Bei der tragenden Strohballenbauweise bestehen die Wände gänzlich aus Strohballen und die Dachlast wird über die Strohballen getragen. Bei der nichttragenden Bauweise bildet ein Holzständerwerk das Tragwerk und die Zwischenräume (Gefache) werden mit Stroh ausgefüllt. Diese Konstruktionsart entspricht weitgehend dem Holzrahmenbau oder auch dem klassischen Fachwerkhaus. Darüber hinaus wurden zahlreiche Mischformen ausprobiert. Strohhäuser in Betonständerbauweise, die kostengünstiger und flexibler sein soll als der Holzrahmenbau, sind in der Schweiz in Planung[1] .

Bei der Konstruktion eines Strohballenbaus muss besonders auf wirksamen konstruktiven Feuchteschutz geachtet werden, da feucht gewordene Strohballen ihre Dämmwirkung verlieren und der biologische Abbau (Verfaulen) beginnt. Auf einen ausreichenden Dachüberstand sowie eine Feuchtigkeitssperre gegenüber dem Boden, zum Beispiel durch ein Punktfundament, ist in jedem Fall zu achten.

Der ideale Putz eines Strohballenhauses besteht aus Lehm, da dieser eindringende Feuchtigkeit rasch aufnehmen und später wieder abgeben kann.

Die Außenwände werden idealerweise als hinterlüftete Fassade ausgeführt, zum Beispiel als Holz- oder Putzfassade. Die Hinterlüftung bewirkt einen Kamineffekt, der eine dauerhafte Austrocknung gewährleistet und im Sommer einer Überhitzung durch Sonneneinstrahlung entgegenwirkt.

Baustoff Stroh

Ein mit Lehm verputzter Strohballenbau in Swalmen, NL

Stroh als Baustoff ist für den ökologischen Hausbau sehr gut geeignet. In der Energiebilanz bleibt dieser Baustoff neutral. Er schont die Umwelt, weil beim Wachstum des Getreides das Treibhausgas Kohlendioxid gebunden wird, das Material ohne großen Transportaufwand beschafft werden kann und eine energieintensive Verarbeitung entfällt.

Stroh ist ein guter Naturdämmstoff. Die gemessene Wärmeleitfähigkeit (Lambda10,tr) beträgt 0,038–0,067 W/mK, damit ist die wärmedämmende Wirkung ähnlich wie die herkömmlicher Dämmstoffe. Stroh besitzt eine Ausgleichsfeuchte von 8–18 %. Fachgerecht verbaute Strohballen weisen eine große Schimmelresistenz auf. Die Rohdichte der Ballen lässt sich zwischen 80 und 210 kg/m^3 einstellen. Die optimale Dichte in Bezug auf Dämmwirkung liegt bei etwa 100-120 kg/m^3. Bei zunehmender Dichte steigt die Wärmeleitfähigkeit, die wärmedämmende Wirkung nimmt also ab.

Die Herstellung der Strohballen für den Hausbau erfolgt mit landwirtschaftlichen Ballenpressen. Die Ballen enthalten ausschließlich Stroh und die für den Zusammenhalt erforderlichen Bindeschnüre, keine weiteren Zusätze.

Rechtliche Einstufung

In Deutschland beitzen nach definierten Kriterien erzeugte Baustrohballen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung als Wärmedämmstoff und können damit in nichttragender Bauweise verarbeitet werden.[2]

Strohballen erfüllen die Voraussetzungen für den Brandschutz, da sie – im stark gepressten Zustand – in die Kategorie „normal entflammbar“ fallen. Das entspricht der Mindestanforderung im Baurecht. Beidseitig mit 5 cm Lehmputz versehen entsprechen moderne Strohballengebäude der Brandschutzklasse F90 (Feuerwiderstandsdauer 90 min), was einer 20 cm dicken Betonwand entspricht [3] .

Literatur

- Gernot Minke, Friedemann Mahlke: *Der Strohballenbau*. Ökobuch Verlag, 2004. ISBN 978-3-936896-01-5
- Heidi Snel: *Stroh im Kopf – Ein alter Baustoff wiederentdeckt* [4]. ÖKOFILM Produktion, DVD, 2004. ISBN 3-938196-00-9
- Herbert & Astrid Gruber, Helmuth Santler: *Neues Bauen mit Stroh*. Ökobuch Verlag, 2008, ISBN 978-3-936896-35-0

Weblinks

- Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V. [5]
- Österreichisches Strohballen-Netzwerk [6]
- Schweizer Seite mit vielen Infos und Fotos zu lasttragender Bauweise und realisierten Gebäuden [7]
- Das Strohballenhaus des NABU Kreisverbands Gifhorn [8] (ausführliche Baubeschreibung)

Referenzen

[1] Lebensgemeinschaft SeelLeuDe: Strohballennau. (http://www.seelleude.ch/das-projekt/oekologie.html) Abgerufen am 4.8.2009
[2] Deutsches Institut für Bautechnik, 2009: Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung für den Wärmedämmstoff "Baustrohballen" (pdf) (http://www.downloads.fasba.de/oeffentlich/pruefzeugnisse/z-23.11-1595(2009).pdf)
[3] Prüfbericht der MA 39 (http://www.baubiologie.at/download/zertifikate/F90.html) Abgerufen am 27.8.2009
[4] http://www.oekofilm.de/index.php?id=6,3,0,0,1,0
[5] http://www.fasba.de
[6] http://www.baubiologie.at/asbn.htm
[7] http://www.atelierwernerschmidt.ch
[8] http://www.nabu-gifhorn.de/Strohballenhaus.htm

Strohpellet

Strohpellets (von englisch: *pellet = Kügelchen, Pille*) sind Pellets, also kleine Zylinder- oder Rundkörper, aus gepresstem Getreidestroh. Sie dienen wie Holzpellets vor allem als erneuerbarer Energieträger (Bioenergie), werden jedoch auch als Einstreu für Stall- und Haustiere verwendet.

Herstellung

Zur Herstellung der knapp zentimeterdicken und wenige Zentimeter langen Pellets wird Stroh sehr fein gehäckselt, leicht befeuchtet (um die Bindefähigkeit beim Pressvorgang zu erhöhen, aber es darf nicht zur Gärung oder Schimmelbildung kommen) und in üblichen Maschinen für Futterpellets gepresst.

Nutzung

Energetische Nutzung

Eine Tonne Strohpellets besitzt einen Heizwert von etwa 5000 kWh. Mit speziellen Heizanlagen, bei denen die Pellets computergesteuert über eine Förderschnecke in den Brennraum befördert werden, können sie annähernd ähnlich komfortabel wie Öl oder Gas zur Gebäudeheizung eingesetzt werden. Der Preis der Pellets entsprach 2005 einem Heizölpreis von ca. 0,24 bis 0,28 Euro je Liter. Der typische Handelspreis von Sackware bei Abnahme im Tonnenbereich betrug 2007 ca. 150€/t + Transportkosten.

Stroh hat oftmals einen größeren Gehalt an Kalium, Chlorid und Schwefel als Holz. Daher finden sich diese chemischen Elemente oder deren Verbrennungsprodukte auch in den Rauchgasen wieder. Die gebildeten Verbrennungsprodukte bewirken einen starken chem. Angriff auf die Rauchgasrohre. Es fällt auch mehr Schlacke an (ca. 4 bis 6 Gew.%)[1] gegenüber ca. 1 Gew.% bei Holzpellets. Diese neigt sehr stark zum Verklumpen, so dass der Verbrennungsvorgang stark gestört wird. Daher ist es nicht möglich Strohpellets dauerhaft in normalen Holzpelletöfen störungsfrei zu verfeuern.

Stoffliche Nutzung

Da Strohpellets sehr saugfähig sind, lassen sie sich auch als Einstreu für Pferdeställe, Haustierkäfige, Katzentoiletten usw. verwenden.

Weblinks

- Bericht der AG Energie & Umwelt Gymnasium Bad Essen [2]
- Bericht in Magazin "neue energie 03/2006" [3] (PDF-Datei; 601 kB)
- CARMEN eV "Der Brennstoff Strohpellets" [4] (PDF-Datei; 60 kB)

Referenzen

[1] Vergleich Zusammensetzung verschiedener Brennstoffe (http://www.zae-bayern.de/files/pub_a1_01.pdf)
[2] http://www.ag-energie.org/strohpellets.php
[3] http://www.kaliro.de/docs/stroh_vergolden.pdf
[4] http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/Info_Strohpellets.pdf

Substrat (Biogasanlage)

Als Substrat oder Biogassubstrat wird – in Anlehnung an die Mikro- und Zellbiologie – der Rohstoff bezeichnet, der in einer Biogasanlage zur Erzeugung von Biogas genutzt wird. Gelegentlich wird auch der nicht exakt definierte Begriff Gärsubstrat benutzt.

Maissilage, in Deutschland das häufigste Biogassubstrat, in der Zuführeinrichtung zum Biogasfermenter

Eigenschaften

Insbesondere stark wasserhaltige Biomasse, die nicht direkt thermisch genutzt werden kann, eignet sich als Substrat. Biomasse, die reich an Cellulose (z. B. Stroh) und Lignocellulose (Holz) ist, ist für den mikrobiellen Abbau schlecht zugänglich und daher ohne vorherigen Aufschluss der Cellulose als Substrat zur Biogaserzeugung nicht geeignet.

Verwendung

In Biogasanlagen findet ein anaerober mikrobieller Abbau (Fermentation) des Substrats statt. Das Substrat dient dabei als Nährstoff und Energiequelle für die Mikroorganismen. Das gasförmige Methan trennt sich vom flüssigen bis festen Substrat und kann beispielsweise in einem Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden.Die Hauptbestandteile des Biogases, Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2), sind zum einen Stoffwechselabfälle der Mikroorganismen, zum anderen ist das energiereiche Methan das Hauptprodukt einer Biogasanlage. Der nach der Vergärung verbleibende flüssige bis feste Anteil wird als Gärrest bezeichnet und kann als nährstoffreicher organischer Dünger genutzt werden, soweit keine erhöhte Belastung mit Schadstoffen oder Krankheitskeimen vorliegt.

Häufig werden neben einem Hauptsubstrat weitere Rohstoffe eingesetzt, die als **Cosubstrat** cofermentiert werden. Insbesondere bei Biogasanlagen, die hauptsächlich mit Gülle betrieben werden, können Cosubstrate wie Fettabscheiderrückstände einen großen Anteil des Methanertrags liefern.

Substrate der Biogaserzeugung

Um die Abrechnung für Biogas-Rohstoffe zwischen dem anbauenden Landwirt und der abnehmenden Biogasanlage korrekt durchzuführen, wird bei den Ausgangsmaterialien (hier: Maishäcksel) die Trockenmasse bestimmt

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 %

In Biogasanlagen werden sowohl nachwachsende Rohstoffe (Nawaro) als auch Rückstände aus der Tierhaltung sowie biogene Abfälle als Substrat verwendet.

Nachwachsende Rohstoffe

Bei Biogasanlagen, die nachwachsende Rohstoffe vergären, sieht das Erneuerbare-Energien-Gesetz neben einer festen Einspeisevergütung (EEG-Vergütung) zusätzliche einen Nawaro-Bonus für den eingespeisten Strom vor. Dadurch wird der Anbau von Energiepflanzen für die Verwendung als Substrat attraktiv. Mais, Ganzpflanzensilage, Zuckerrüben und Grassilage zählen zu den am häufigsten eingesetzten Substraten. Einige Energiepflanzen (z.B. Sonnenblume) werden vereinzelt oder regional eingesetzt. Die Eignung zahlreicher weiterer Energiepflanzen als Substrat wird derzeit erprobt.

Mais

Mais ist der bedeutendste Nachwachsende Rohstoff in der Biogaserzeugung. Gründe sind die hohen Hektarerträge, die durch die Zucht von sogenanntem Energiemais noch weiter verbessert werden sollen, die effiziente Ernte mit Feldhäckslern und die gute Lagerbarkeit als Maissilage. Zudem ist er gut in die Biogasanlage einbringbar, gut abbaubar durch einen hohen Stärkegehalt und enthält keine langen Fasern, die die Anlagentechnik stören könnten. Der Einsatz erfolgt ganzjährig als Maissilage.

Ganzpflanzensilage

Ein Substrat mit zunehmender Bedeutung ist Ganzpflanzensilage (GPS), vor allem aus Roggen und Triticale. Die Erträge an Trockenmasse pro Hektar sind rund 20 % geringer als bei Mais. Durch den Anbau einer Folgefrucht, wie beispielsweise Hirse, können die Erträge pro Hektar und Jahr noch deutlich erhöht werden. Bei frühzeitiger Ernte von Winterroggen als sogeannter Grünroggen ist auch ein anschließender Anbau von Mais möglich.

Zuckerrübe

Mit Zuckerrüben können hohe Hektarerträge erzielt werden. Zudem ist die Abbaubarkeit in Biogasanlagen gut. Problematisch sind Erdanhaftungen an der Rübe, die den Betrieb der Biogasanlage stören können. Eine Lagerung der Zuckerrübe ist nur bis zum Frühjahr möglich, da ein Konservieren durch silieren nicht durchführbar ist.

Grassilage

Häufig wird in Biogasanlagen ein geringer Anteil an Grassilage eingesetzt. Die enthaltenen langen Fasern erfordern eine geeignete Rührtechnik. Neben Gras von landwirtschaftlichen Flächen ist auch Grünschnitt aus der Landschaftspflege verfügbar. Vor allem für viehlos wirtschaftende Betriebe des ökologischen Landbaus kann die Verwertung von Kleegrassilage attraktiv sein, da damit eine Gründüngung direkt erlösbringend verwertet wird und gleichzeitig mit dem Gärrest ein zeitlich flexibel einsetzbarer Dünger gewonnen wird.

Rückstände der Tierhaltung

In den frühen landwirtschaftlichen Biogasanlagen wurde Gülle als Hauptsubstrat eingesetzt. Sie fällt in viehhaltenden Betrieben an und steht in der Regel kostenlos zur Verfügung. Schwer verdauliche Anteile der Viehfutters geben der Gülle noch ein gewisses Gaspotential. Weitere Argumente für die Vergärung von Gülle ist die Verringerung der Geruchsemissionen von Gülle durch die Vergärung. Zudem ist sie ein wichtiges Cosubstrat in pflanzenvergärenden Anlagen, da sie durch ihre hohe Pufferkapazität die bei der Vergärung ablaufenden Prozesse stabilisiert und liefert Stickstoffverbindungen (Ammonium: NH_3) und Spurenelemente, die die Aktivität und das Wachstum der Mikroorganismen optimieren. Zu beachten ist, dass eine Kontamination der Gülle mit Antibiotika und Desinfektionsmitteln aus der Viehhaltung die mikrobiologische Aktivität im Fermenter hemmen können. Für Mist gilt ähnliches wie für Gülle. Die festere Konsistenz erfordert eine andere Rührtechnik im Fermenter, andereseits ist auch die Vergärung im Verfahren der Trockenfermentation möglich. Das enthaltene Stroh liefert keinen nennenswerten Beitrag zur Gasausbeute, da es vor allem aus Cellulose besteht, die in herkömmlichen Biogasanlagen kaum abgebaut wird.

Durch eine sachgerechte Vergärung von Mist und Gülle können die Emissionen des stark klimaschädlichen Methans aus der Tierhaltung reduziert werden, zudem wirkt sich das Substrat anders als Einsatzstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen nicht auf die Flächenkonkurrenz im Ackerbau aus. Daher ist in der seit 2009 gültigen Fassung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) eine Bonuszahlung festgelegt ("Güllebonus"). diese wird gezahlt für Strom aus kleineren Biogasanlagen, die mit Gülle als Substrat betrieben werden. Zudem wird Gülle im Sinne des EEG zu den Nachwachsenden Rohstoffen gezählt, so dass für Strom aus güllebetriebenen Biogasanlagen auch der "Nawaro-Bonus" gezahlt wird. Mit einem Ausbau derartiger Anlagen aufgrund der Bonusregelung wird gerechnet.[2]

Der Gasertrag pro Tonne Gülle ist, unter anderem wegen ihres hohen Wasseranteils, viel geringer als der Ertrag der meisten anderen Substrate. Bei gegebener Anlagenleistung muss daher mehr Gärraum als z.B. bei Mais als Substrat vorgesehen werden, zudem ist Gülle als Gärsubstrat nur wenig transportwürdig. Bei unbehandelter Gülle ist der Transport als Substrat in der Regel nur über wenige Kilometer wirtschaftlich. Erste Projekte zur Gülleseparierung, bei der nur der für die Gärung relevante Anteil der Gülle als Substrat verwendet wird, werden durchgeführt.

Organische Reststoffe

Reststoffe der Agrarindustrie

Bei der Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte fallen Reststoffe an, die sich zur Biogaserzeugung eignen. Das sind beispielsweise

- Trester (Pressrückstände),
- Treber (Ausgelaugte Malzrückstände aus der Bierherstellung),
- Schlempen (Destillationsrückstände),
- Pülpe (Rückstände der Stärkegewinnung aus Kartoffeln)

und andere Reststoffe. Die Gaserträge pro Tonne Frischmasse sind bei den verschiedenen Reststoffen sehr unterschiedliche, korrelieren aber stark mit dem Gehalt an Trockensubstanz. Die Reststoffe gelten nicht als Nachwachsende Rohstoffe im Sinne des EEG. Sie dürfen jedoch in Biogasanlagen eingesetzt werden, die Nachwachsende Rohstoffe zur Stromproduktion vergären, ohne den Nawaro-Bonus der gesamten Anlage zu gefährden.

Abfälle

Verschiedene Arten biogener Abfälle wie

- Speisereste,
- Magen- und Panseninhalt von Schwein und Rind,
- Fettabscheiderrückstände aus Großküchen und Gastronomie,
- Bioabfälle

und anderes sind in Biogasanlagen verwertbar. Häufig fallen sie unregelmäßig an und werden daher als Cosubstrat eingesetzt. Bestimmte Hygienisierungschritte sind gesetzlich vorgeschrieben. Bioabfälle werden wegen des hohen Trockensubstanzgehalts meist in Trockenfermentationsanlagen verwertet. Häufig schwanken die Vergärungseigenschaften von Bioabfällen stark, so dass die Prozessführung relativ anspruchsvoll ist. In Anlagen, die den Nawaro-Bonus erhalten, dürfen keine Abfälle eingesetzt werden. In der Regel erhält der Anlagenbetreiber vom Substratlieferanten eine Vergütung für die Verwertung der Abfälle.

Sonstige Substrate

Viele andere Substrate werden derzeit auf ihre Eignung zur Biogaserzeugung untersucht, beispielsweise um Monokulturen zu vermeiden oder um durch bestimmte Fruchtfolgen höhere Erträge zu erzielen.[3] Auch Reststoffe aus der industriellen Verarbeitung von Biomasse, wie beispielsweise aus der Papierindustrie, werden auf ihre Eignung als Substrat untersucht. Beschränkend kann die Technik und die rechtliche Einteilung der Biogasanlage sein. Da die Mikrobiologie einer Biogasanlage längere Zeit benötigt, um sich auf ein Substrat einzustellen, kann die kurzfristige und kurzzeitige Verwendung eines neuen Substrats problematisch sein.

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): *Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung*, ISBN 3-00-014333-5, Online [4]
- Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG), Ausfertigungsdatum: 25. Oktober 2008. (pdf [5])

Referenzen

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

[2] Fachverband Biogas e.V., 2008: Fachverband Biogas sieht Aufwärtstrend für Biogasbranche. Pressemitteilung vom 29. August 2008, abgerufen am 31. August 2009. (pdf (http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/presse/08-08-26_PM_Entw_Biogas2009.pdf)

[3] Informationen zum Projekt "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" (EVA) der [[FNR|Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (http://www.energiepflanzen.info/projekte/eva.html)] (FNR)]

[4] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/Handreichung_Biogas_Index.htm

[5] http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/eeg_2009/gesamt.pdf

Sudangras

Sudangras	
Sudangras (*Sorghum ×drummondii*)	
Systematik	
	Commeliniden
Ordnung:	Süßgrasartige (Poales)
Familie:	Süßgräser (Poaceae)
Unterfamilie:	Panicoideae
Gattung:	Sorghumhirsen (*Sorghum*)
Art:	Sudangras
Wissenschaftlicher Name	
Sorghum ×drummondii	
(Steud.) Millsp. & Chase	

Das **Sudangras** (*Sorghum* × *drummondii*, oft auch unter dem Synonym *Sorghum sudanense*) ist eine Pflanzenart aus der Familie der Süßgräser (Poaceae).

Beschreibung

Das Sudangras ist eine einjährige Pflanze, ihre Halme werden zwischen 1 und 2,5 Meter groß und haben einen Durchmesser von 3 bis 6 Millimeter. Die Blattscheide ist kahl oder teils, unter anderem am Ansatz, behaart. Die kahle Blattspreite ist linealisch oder linealisch-lanzettlich, 15 bis 30 Zentimeter lang und 1 bis 3 Zentimeter breit, die Ligula ist braun.

Der Blütenstand ist eine lockere, schlank verzweigte Rispe, die 15 bis 30 Zentimeter lang sowie 6 bis 12 Zentimeter breit ist und sich aus je zwei bis fünf Ährchenpaaren zusammensetzt. Sitzende Ährchen sind elliptisch und 6 bis 7,5 Millimeter lang, ihr Kallus ist behaart, die untere Spelze ist ledrig, verjüngt sich nach oben, ist fein mit schlanken, steifen Borsten besetzt und deutlich mit elf bis dreizehn Seitenrippen nerviert. Die obere Deckspelze ist eiförmig oder eiförmig-elliptisch, an der Spitze zweilappig, die Granne ist 10 bis 16 Millimeter lang.

Gestielte Ährchen sind männlich oder steril, linealisch-lanzettlich und dauerhaft. Die Frucht (eine Karyopse) ist elliptisch bis umgekehrt-eiförmig elliptisch, 3,5 bis 4,5 Millimeter lang und von Spelzen eingefasst. Die Chromosomenzahl beträgt 2n=20.[1]

Verbreitung

Die Art ist heimisch in Nordost-Afrika im Sudan und Ägypten. Sie findet sich dort entlang von Flussufern und Bewässerungskanälen, sie verbreitet sich unkrautartig.[2] Sudangras ist eine C_4-Pflanze, wärmeliebend, und durchaus tolerant gegenüber Trockenheit[3] .

Systematik und Botanische Geschichte

Die Art ist hybriden Ursprungs und entstanden aus einer Kreuzung zwischen der Mohrenhirse *Sorghum bicolor* und *Sorghum arundinaceum*. Die zahllosen Formen dieser häufigen Kreuzung wurden beschrieben als *Sorghum* ×*drummondii* (Steudel) Millspaugh & Chase.

Anbau

Wegen der in Mitteleuropa nur geringen Anbauerfahrungen beruhen Angaben zu Anbauverfahren und Erntemengen bisher größtenteils auf Versuchsergebnissen.

Bei geringen Bodenansprüchen ist Sudangras wärmeliebend und frostempfindlich, jedoch erheblich trockentoleranter als Mais (die in Mitteleuropa dominierende Ackerfrucht zur Futter- und Biogasnutzung). Sudangras kann das Wachstum bei Trockenheit unterbrechen und später wieder aufnehmen. Wegen ihrer langsamen Jugendentwicklung gelten Sudangras-Kulturen in der Etablierungsphase als anfällig gegenüber Verunkrautung.

Einzelne Kutursorten sind verfügbar. Die Aussaat erfolgt im Mai. Geerntet wird Sudangras mit dem Feldhäcksler zu Beginn des Rispenschiebens in der zweiten Junihälfte sowie erneut Ende Oktober oder Anfang November. In Anbauversuchen konnten bei zwei Ernten zwischen 30 und 44 Dezitonnen pro Hektar (dt/ha) bei niedrigem Ertragsniveau und zwischen 67 und 82 dt/ha bei hohem Ertragsniveau geerntet werden.[4]

Mehrjährige Versuchsreihen in Deutschland (seit 2005 parallel in sieben Bundesländern[5]) bestätigen die prinzipielle Eignung der Pflanzen für den Anbau in Mitteleuropa. Größere Anbauflächen existieren aber derzeit noch nicht, nur einige wenige Flächen um Würzburg bzw. Worms. [6]

Verwendung

Sudangras wird vor allem als Futterpflanze verwendet, dabei liegt der Futterwert etwas geringer als der des Silomaises. Aufgrund ihrer Massenwüchsigkeit findet die Pflanze auch zunehmend Interesse in der Biogasbranche. Bei Reinvergärung von Sudangras können Biogasausbeuten von 500 bis 600 Kubikmeter pro Tonne organischer Trockensubstanz mit Methangehalten von 50 bis 55 Volumenprozent erzielt werden.[7]

Weblinks

- energiepflanzen.info:Sudangras [8] (Informationen zum Anbau als Energiepflanze)

Referenzen

[1] Shou-liang Chen, Sylvia M. Phillips: *Sorghum*. In: *Flora Of China*, Bd. 22, S. 601, Online (http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200026342)

[2] J. M. J. De Wet, J. R. Harlan, E. G. Price: *Origin of Variability in the Spontanea Complex of Sorghum bicolor*. In: American Journal of Botany, 57:6, 1970, Ss. 704-707

[3] Anonymus: *Pflanzen-Porträt 2 - Sudangras (Sorghum sudanense) aus der Gattung Sorghum aus der Familie der Süßgräser (Poaceae)*

[4] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.: Energiepflanzen - Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. S.141-150, KTBL, 2006. ISBN 3-939371-21-1

[5] Katja Gödeke, Arlett Nehring, Armin Vetter: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Ergebnisstand Februar 2007. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, Standort Dornburg. (http://www.tll.de/vbp/pdf/eva_gesamt.pdf) (PDF)

[6] B. Schulze: *Anbautelegramm Sudangras*, PDF Online (http://www.hs-nb.de/fileadmin/FB-SG/fb_aw/dokumente/Demogarten/Sudangras.pdf)

[7] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft: Sudangras (Sorghum sudanense) Anbau und Verwertung. März 2007. (http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/FB_Sudangras_Kennwortschutz.pdf) (PDF)

[8] http://www.energiepflanzen.info/cms35/Sudangras.1601+M5b99693ed9e.0.html

Sulfatverfahren (Papierherstellung)

Sulfatverfahren oder **Kraft-Aufschluss** nennt man einen chemisch-industriellen Prozess zur Herstellung von Zellulose aus dem Holz von Bäumen oder aus einjährigen Pflanzen wie Schilf, Getreide(stroh), Zuckerrohr (Bagasse), Mais- oder Sonnenblumen(stängeln). Die Zellwände werden dabei aufgeschlossen und das im pflanzlichen Material enthaltene Lignin sowie Polyosen werden dabei abgetrennt. Die entstehenden Zellstoffe können hervorragend als Verstärkungsfasern dienen. Das Sulfatverfahren, bei dem Holzschnitzel mehrere Stunden in Natronlauge gekocht werden, ist das häufigste Verfahren zur Herstellung von Papierzellstoff.

Kraft-Papiermühle am Sampit River, Georgetown, South Carolina

Verfahren

Beim Sulfat- oder Kraftverfahren erhitzt man Hackschnitzel oder zerkleinerte Pflanzenstängel in Druckkesseln drei bis sechs Stunden lang bei erhöhtem Druck (7 bis 10 bar) mit im wesentlichen Natronlauge, Natriumsulfid und Natriumsulfat. Hierbei wird durch einen nukleophilen Angriff des Sulfid-Anions das Lignin gespalten und geht in sog. Schwarzlauge (lösliches Alkali-Lignin) über, die dann mit Hilfe von Zellenfiltern von dem zurückbleibenden Zellstoff abgetrennt wird. Beim Kochen und Eindampfen der Lauge entwickeln sich übelriechende Thiole.

Vorprozesse

Durch eine dem Kraft-Aufschluss vorgeschaltete Hydrolyse kann der Anteil an Polyosen verringert und ein Zellstoff mit sehr hohem Zellulose-Gehalt gewonnen werden.

Nebenprozesse

Aus den Ablaugen der Sulfatverfahren lassen sich z.T. noch mehr brauchbare Chemikalien und Nebenprodukte gewinnen als aus den Ablaugen des konkurrierenden Sulfitverfahrens. Bei der Verarbeitung von harzreichen Hölzern (z.B. Kiefer) fallen auf je 1000 kg Zellstoff 30 kg Tallöl sowie Sulfat-Terpentinöl und verschiedene Holzzucker an. Die Harze können auch zu Papierleimungsmittel, zu Phenolharzen, zu Dispersionsmitteln usw. verarbeitet werden. Aus den Fettsäuren lassen sich Alkydharze, Tenside oder Weichmacher herstellen.

Das Beiprodukt Natrium-Lignin kann zur Produktion von Kunststoffen verwendet und Schwarzlaugen-Rückstände zu Düngemitteln verarbeitet werden. Deshalb bietet das Sulfatverfahren ökonomische Vorteile.

Verfahrensverbesserungen

Durch geschickte Kombination von Verfahrensschritten (z.B. Verbrennen der Sulfat-Ablauge) lassen sich die eingesetzten Chemikalien weitgehend wieder gewinnen. Der Zusatz von Anthrachinon, das als Katalysator die Spaltung des Lignins beschleunigt, kann die Energiebilanz des Verfahrens verbessern.

Eigenschaften und Einsatzgebiete

Mit einem geringen Einsatz an Schwefel gelingt es mit diesem Verfahren, aus minderwertigen, harzreichen Hölzern oder aus den Resten von einjährigen Pflanzen einen Zellstoff mit guten papiertechnischen Eigenschaften herzustellen. Sowohl Recyclingfasern als auch Holzfasern aus dem Sulfitverfahren reichen in der Regel nicht aus,

um erhöhte Papierfestigkeiten zu erreichen, Daher wird Sulfat-Zellstoff als Verstärkungs-Faserstoff mit verwendet, um beispielsweise Papiersäcke, Pappen, technische Schmirgelpapiere, Kraftpapiere und Erntebindegarn herzustellen.

Beim Aufschluss wird nur etwa die Hälfte des einsetzten Rohmaterials Holz als direktes Hauptprodukt in Form des Zellstoffs gewonnen. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird gesteigert, wenn die Nebenprodukte verwertet werden.

Marktbedeutung

Bei der Produktion von Zellstoff für die Papierherstellung findet aktuell (2009) hauptsächlich dieses Verfahren Verwendung. Rund 85% des in Deutschland verbrauchten Zellstoffs wird im Sulfatverfahren gewonnen, im Jahr 2008 waren dies 3,7 Millionen Tonnen Sulfatzellstoff. Das Sulfitverfahren wird für lediglich ca. 15% des in Deutschland verbrauchten Zellstoffs angewendet.[1]

Literatur

- Jürgen Falbe/Manfred Regitz *Römpp Chemie Lexikon A -Cl*. Stuttgart, New York 1995
- E. Gruber *Grundlagen der Zellstofftechnologie* [2] (pdf)

Weblinks

- US-Umweltbundesamt über das Sulfatverfahren [3] (PDF-Datei; 264 kB)
- Best Verfügbare Techniken in der Papier- und Zellstoffherstellung (Europäische Kommission, 2001) [4]

Referenzen

[1] Verband deutscher Papierfabriken e.V.: Papierkompass 2009 (pdf (http://www.vdp-online.de/pdf/Kompassdeutsch(1).pdf))

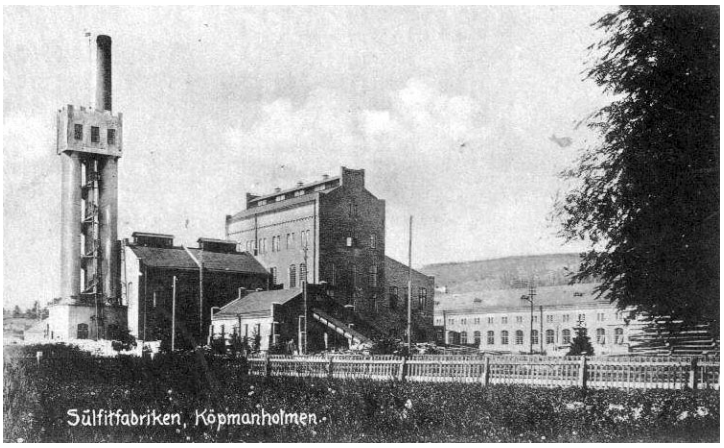
[2] http://www.cellulose-papier.chemie.tu-darmstadt.de/Deutsch/Vorlesungen_und_Veranstaltungen/Vorlesungen/Zellstoffherstellung(BA)/Texte/10Kraftaufschluss.pdf

[3] http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch10/final/c10s02.pdf

[4] http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Sulfitverfahren

Das **Sulfitverfahren** ist ein im 19. Jahrhundert entwickelter chemisch-industrieller Prozess zur Herstellung von Zellulose aus Holz. Bei ihm wird im sauren Milieu das Holz aufgeschlossen. Dabei wird das Lignin unter Molekülverkleinerung aus den Zellulosefasern herausgelöst, so dass die verbleibenden Fasern für die Herstellung von Zellstoff oder Papier verfügbar werden.



Sulfitfabrik in Köpmanholmen (Schweden) um 1900 mit dem für das Sulfitverfahren charakteristischen Sulfit-Turm

Verfahren

Das entrindete, maschinell in Hackschnitzel zerkleinerte Holz wird in Druckkochern mit Calciumhydrogensulfit-Lauge 7 bis 15 Stunden bei erhöhtem Druck (5 bis 7 bar) erhitzt. Dabei geht das Lignin in wasserlösliche, aus dem Prozess entfernbare Ligninsulfonsäure über (die im Abwasser ebenso wie der auch enthaltende Holzzucker zu ökologischen Problemen führen kann). Die Holzstückchen werden beim Kochen weich, so dass sie sich unaufwändig zerdrücken lassen. Anschließend werden sie zu zwei bis vier Millimeter langen Fasern zerkleinert, mehrfach gewaschen sowie im Bedarfsfall gebleicht, bevor sie in Form dicker Pappen getrocknet werden.

Zur Herstellung von 1000 kg Zellstoff benötigt man etwa fünf Festmeter Holz und 90 kg Schwefel. Anstelle von Calciumhydrogensulfit lassen sich auch Magnesium-, Ammonium- oder Natriumsulfit-Laugen verwenden.

Nebenprozesse

Häufig wird das Abwasser mit seinem hohen Holzzucker-Gehalt zur Herstellung von Ethanol verwendet (sog. Laugenbranntwein oder Sulfit-Spirit). Das ist insbesondere beim Aufschluss von Nadelhölzern möglich. Teilweise sind auch Nebenfabriken für die Aufbereitung der Ligninsulfonsäure angeschlossen. Ebenso wird das Magnesium häufig wieder zurückgewonnen.

Geschichte

Das Sulfitverfahren wurde 1866 von dem Amerikaner B. Tilghman (US-Patent 1867) und unabhängig davon von Alexander Mitscherlich 1874 erfunden. 1879 entstand in Löhnbergerhütte die erste nach dem Verfahren von Mitscherlich arbeitende Fabrik; fast zeitgleich wurde eine Fabrik in Hannoversch Münden eingerichtet. Eine ebenfalls am Ende der 1870er Jahre entstandene Fabrik in Schweden beruhte auf dem Einsatz von Magnesiumsulfitlauge, wie es Carl Daniel Ekman beschrieben hatte. In der Papierherstellung hat sich mit dem Sulfatverfahren ein konkurrenzfähigeres Aufschlussverfahren entwickelt. Rund 15% des in Deutschland verbrauchten Zellstoffs werden im Sulfitverfahren gewonnen, im Jahr 2008 waren dies 723.000 t Sulfitzellstoff[1] .

Relevanz

Insbesondere aus Fichtenholz wird überwiegend mit diesem Verfahren bis heute Chemiezellstoff hergestellt, aus dem Viskose sowie Cellulosederivate wie Cellulosether und -ester entstehen. Die Wichtigkeit dieses Verfahrens ist im Wesentlichen auf die sehr effiziente Delignifizierung, die gute Bleichbarkeit, die hohe Reaktivität bei der Weiterverarbeitung (bei gleichem Reinheitsgrad) und niedrige Investitionskosten zurückzuführen. Sulfitzellstoffe lassen sich in hohen Reinheitsgraden herstellen, wenn anschließend Verfahrensstufen im basischen Bereich durchlaufen werden (Heiß- und Kaltalkali-Veredelung).[2]

Literatur

- Jürgen Falbe/Manfred Regitz *Römpp Chemie Lexikon A -Cl.* Stuttgart, New York 1995

Referenzen

[1] Verband deutscher Papierfabriken e.V.: Papierkompass 2009 (pdf (http://www.vdp-online.de/pdf/Kompassdeutsch(1).pdf))

[2] Spezialcellulosehersteller Lenzing: Informationen zum Sulfitverfahren (http://www.lenzing.com/fe/de/3908.jsp)

Superkurzfaser

Als **Superkurzfasern** werden Naturfasern bezeichnet, die eine Länge von wenigen Millimetern bis etwa einem Zentimeter haben. Sie fallen beim Faseraufschluß neben Lang- und Kurzfasern an und werden gemeinsam mit den Stäuben als Beimischungen zu Tierfutter (Ballaststoffe) genutzt. Potenziell spielen sie als Verstärkungsfasern in Kunststoffen und Verbundwerkstoffen eine wichtige Rolle, da sie durch Einrieseln gut verteilt und auch im Spritzgussverfahren verwendet werden können. Aufgrund ihrer hohen Oberfläche können sie zudem als Absorptionsmittel für Bohr- und Ölschlämme[1] dienen sowie in Bremsbelägen Asbest ersetzen[2] .

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 [3]
- nova-Institut (Hrsg.): *Das kleine Hanf-Lexikon.* Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seite 65. ISBN 3-89533-271-2

Referenzen

[1] BAFA GmbH: Bereitstellung der Faserpflanze Hanf zur technischen Nutzung. (http://www.bafa-gmbh.de/weiterv.htm) abgerufen am 14. August 2009

[2] Bernd Frank, 2006: Bio-Materialien - vom traditionellen Produkt zum High-Tec-Produkt. In: Tagungsband ITADA-Forum "Verwertung landwirtschaftlicher Biomasse am Oberrhein, S.6.

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

Synthetic Natural Gas

Synthetic Natural Gas bzw. **Substitute Natural Gas** (SNG) ist ein Erdgassubstitut, das auf der Basis von Kohle, vor allem Braunkohle, oder Biomasse (Bio-SNG bzw. Biomethan) über Synthesegas hergestellt wird. Um Erdgas ersetzen zu können muss SNG diesem in seiner Zusammensetzung und seinen Eigenschaften möglichst weitgehend entsprechen.

Geschichte

Verfahren zur Herstellung von SNG aus Kohle wurden bereits 1902 entwickelt[1] und während der Ölkrise in den 1970er Jahren zur Industriereife gebracht. Diese Anstrengung entstammte der Angst, dass erreichbare Quellen für Erdgas nicht für eine dauerhafte Versorgung der Industrienationen ausreichen könnten.[2] Erdgas stellte zu diesem Zeitpunkt den Hauptteil der Rohstoffversorgung für die Energieerzeugung und sollte durch günstig verfügbare Kohle ersetzt werden. 1984 startete ein erstes Werk mit einer Tagesproduktion von 3,9 Mio. m^3 SNG in North Dakota (Great Plains Synfuels Plant) die Produktion auf der Basis von Braunkohle.[2] In dieser Anlage wird heute in 14 parallelen Vergasern SNG mit einer thermischen Leistung von je 150 MW produziert und methanisiert. Die Gesamtproduktion beträgt etwa 15 TWh/a. Weitere Anlagen wurden aufgrund der hohen Investititionskosten und neuer Funde von Erdgasquellen nicht aufgebaut.[2]

Insbesondere in den letzten Jahren kam es zunehmend zur Nutzung von Biogas zur Herstellung von biomassebasiertem Erdgasersatz, der als Bio-SNG, Bioerdgas oder Biomethan bezeichnet wird. Vorwiegend in der Entwicklung und Erprobung befindet sich die Erzeugung von Bio-SNG aus der Holzvergasung.

Technik

Synthetic Natural Gas auf der Basis von Braunkohle wird über eine Kohlevergasung und auf der Basis von Biomasse über eine Biomassevergasung zu Synthesegas produziert. In beiden Fällen wird das entstehende Synthesegas nach einer Reinigung von Partikeln, Kohlendioxidanteilen und Schwefel- und Chlorverbindungen einer anschließenden Methanisierung zugeführt. Diese erfolgt exotherm und findet bei Temperaturen von 300 bis 450 °C und einem Druck zwischen einem und fünf bar in Anwesenheit eines geeigneten Katalysators statt. Dabei laufen die folgenden Reaktionen ab:[1]

$$\mathrm{CO} + 3\mathrm{H_2} \rightleftharpoons \mathrm{CH_4} + \mathrm{H_2O}: \Delta H = -217\ \mathrm{kJ/mol}$$

$$\mathrm{CO} + \mathrm{H_2O} \rightleftharpoons \mathrm{CO_2} + \mathrm{H_2}: \Delta H = -40{,}9\ \mathrm{kJ/mol}$$

Das Verhältnis zwischen Wasserstoff und Kohlenmonoxid kann bereits beim Eintritt in die Methanisierungsphase stark schwanken, wodurch die Gefahr der Kohlenstoffbildung über die Boudouard-Reaktion besteht, dem durch erhöhte Wasserstoffgehalte entgegengesteuert werden kann. Das resultierende Gasgemisch enthält bis zu 50 % Kohlendioxid und muss für die Nutzung als SNG durch Abtrennung von Wasserstoff und Kohlendioxid weiter aufbereitet werden.

Nutzung

Während Synthetic Natural Gas auf der Basis von Braunkohle in den USA bereits seit langer Zeit produziert und in das Erdgasnetz eingespeist wird, ist dies bei Bio-SNG bislang nicht der Fall. Hier existieren nur Demonstrationsanlagen wie bsp. in Güssing, wo das entstehende Synthesegas allerdings vor allem der direkten thermischen Nutzung zugeführt wird.

Aufbereitetes SNG muss ebenso wie aus Biogas gewonnenes Biomethan dem Erdgas weitestgehend entsprechen, um als Substitut genutzt werden zu können (siehe Biomethan#Nutzung). Das in North Dakota produzierte SNG hat folgende Zusammensetzung: 96,3 % Methan, 0,02 % Kohlenmonoxid, 1,38 % Wasserstoff, 1,1 % Stickstoff und Argon und 1,2 % Kohlendioxid.[2]

Referenzen

[1] *SNG-Synthese.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 664-665. ISBN 978-3-540-85094-6

[2] 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).

- T -

Talg

Talg (lat. **Sebum**, auch *Unschlitt* oder *Inselt*) ist aus den Kadavern von Wiederkäuern gewonnenes festes Körperfett. Es handelt sich um eine feste, gelblich-weiße Masse, die hauptsächlich gesättigte Fettsäuren mit gerader Anzahl von Kohlenstoff-Atomen enthält. Es kommen jedoch auch Fettsäuren mit ungerader C-Zahl wie die Pentadecansäure (C15) und die Margarinsäure (C17) vor.

Die größte wirtschaftliche Bedeutung hat Rindertalg, das nahezu den gesamten Talgbedarf deckt. Geringere Mengen anderer Talgsorten wie etwa Hammeltalg oder Hirschtalg können jedoch ebenfalls Verwendung finden.

Herstellung

Talg wird durch das Schmelzen von Rind- oder Hammelschlachtteilen gewonnen. Das durch das Schmelzen von Schweine- und Gänsefleisch gewonnene Fett hat einen niedrigeren Schmelzpunkt und wird Schmalz genannt.

Verwendung

Ernährung und Futtermittel

Aufgrund des hohen Schmelzpunktes und neuerdings auch aufgrund seines Cholesteringehalts wird Talg eher selten zu Speisezwecken eingesetzt. Der aus dem Fettgewebe um die Nieren von Rindern und Schafen gewonnene *Nierentalg* (englisch *suet*) ist jedoch für das Kochen und Backen geeignet und wird insbesondere in der traditionellen britischen und amerikanischen Küche verwendet. *Feintalg* wird aus frischen Rohmaterialien vorsichtig geschmolzen und gereinigt und ist auch unter der Bezeichnung *Premier Jus* im Handel erhältlich. Die ursprünglich hauptsächlich aus Talg gewonnene Margarine wird inzwischen meist aus pflanzlichen Ölen hergestellt. Auch als Vogelfutter (etwa in Meisenknödeln) wird Talg verwendet.

Industrielle Nutzung

Unter Verwendung von Talg werden Seifen, Lippenstifte, Haarwaschmittel, Rasiercremes und andere Kosmetika hergestellt. Hirschtalg wird als Creme verwendet, die das Wundwerden von Hautstellen verhindert. Wachspapiere, Pastellstifte und Radiergummis werden durch Talg geschmeidig gehalten. Für die Kerzenproduktion werden neben dem traditionellen Bienenwachs auch pflanzliche Fette und Talg verwendet (Stearin), heute werden Kerzen jedoch meist aus dem günstigeren, erdölbasierten Paraffin hergestellt.

Eine der wichtigsten Verwendungen ist die Herstellung von Ölsäure für die Oleochemie über eine Hydrolyse und anschließende Kristallisation aus Talg gewonnen. Durch diesen Prozess können Konzentrationen von etwa 70 % gewonnen werden, die als Olein bezeichnet werden.[1] Ölsäure kommt als Bestandteil der entsprechenden Triglyceride in fast allen natürlichen (pflanzlichen und tierischen) Ölen und Fetten vor, Rindertalg besitzt einen Anteil von 26–45% und Hammeltalg sogar 31–56%.[2] Neben Ölsäure können in diesem Gemisch Palmitoleinsäure, Linolsäure und weitere ungesättigte und gesättigte Fettsäuren enthalten sein.[3] Talg kann durch Umesterung auch als Grundstoff für die Herstellung von Biodiesel dienen, wird jedoch nur sehr selten verwendet.

Weitere Verwendungszwecke von Talg im industriellen Bereich sind Verwendungen als Gleit- und Schmiermittel bei allgemeinen Schlosserarbeiten, Montagen, Gewindeschneiden und anderen Arbeiten. Schrauben, die bei der Montage unter Wasser mit Inselt geschmiert und konserviert wurden, lassen sich meist sogar nach Jahrzehnten

problemlos lösen. Wasserturbinenteile wurden/werden zu Dichtzwecken und Korrosionsvermeidung mit erhitztem Talg (Unschlitt) beschichtet.

Die Kerben im Sattel von Saiteninstrumenten werden von ihren Benutzern gerne mit Talg geschmiert, um ein problemloses Gleiten der Saiten im Steg zu ermöglichen. Dies gilt sowohl für klassische Instrumente, wie auch für moderne Elektrogitarren und -bässe. Auch fetten manche Musiker für das Spiel durch Zupfen und Anschlagen der Saiten ihrer Instrumente ihre Fingerkuppen mit Talg ein. Dies schont die Fingerkuppen und ermöglicht ein leichteres Spiel. Sogar als Material der bildenden Kunst wurde Talg im 20. Jahrhundert verwendet; am prominentesten im Werk von Joseph Beuys, dessen *Fettecke* zu einer Ikone der modernen Kunst wurde.

Geschichte

Schon in frühen Kulturen wurde Talg zur Herstellung von Seifen und Salben benutzt. In der Seefahrt war Talg für das Geschmeidighalten der Takelage unverzichtbar; die Takler führten ihn stets in einem Splisshorn mit sich. Auch für Schuhwichse und als Schmierstoff (bei Kutschen und anderen Geräten) wurde jahrhundertelang Talg verwendet.

Talg wurde seit dem Mittelalter von den Bergleuten als Brennstoff für ihre Grubenlampen benutzt. Auch das in den Weltkriegen in Schützengräben und in Bombennächten eingesetzte *Hindenburglicht* war eine Talglampe.

Im 19. Jahrhundert wurde die Talgverarbeitung durch zunehmende Bedeutung von Hygieneprodukten und die Ausweitung der Produktion von Stearinkerzen zu einem industriellen Gewerbe, in dessen Rahmen weltweit mit Talg gehandelt wurde.

Herstellung

Bis zum 19. Jahrhundert, teilweise bis in das 20. Jahrhundert, wurde Talg handwerklich in Kleinbetrieben aus Schlachtabfällen hergestellt. Zum Ausschmelzen des Talges erhitzte man die zerkleinerte Rohmasse mit Wasser, bisweilen unter Zusatz von etwas Schwefelsäure auf freiem Feuer oder unter Einleiten von Dampf.

Industriell wurden seit dem 19. Jahrhundert zunächst ausschließlich doppelwandige, oben geschlossene Kessel benutzt, aus denen die übel riechenden Dämpfe in einen hohen Schornstein oder in die Feuerung eingeleitet wurden. Das ausgeschmolzene und von den Grieben abgeseihte Fett bildete für sich bereits eine Handelsware (roher Talg), die aber für die Herstellung von Kerzen und Seifen nicht rein genug war, sondern einem nochmaligen Läuterungsverfahren unterzogen wurde (geläuterter Talg).

Historischer Handel

Die Hauptmenge des in Deutschland gewonnenen Talges ging von den Fleischern und Schlachthöfen direkt an die Seifensieder. Importware hoher Qualität stammte aus Polen, Holland, Dänemark und Russland. Der größte Teil der Handelsware stammte aus Russland, wobei der Schaftalg mehr aus dem Süden vom Schwarzen Meer her, der Rindertalg hauptsächlich aus den inneren und nördlichen Provinzen von Archangelsk und Sibirien über Petersburg und andere westliche Häfen importiert wurde. Zur Verpackung dienten Ende des 19. Jahrhunderts typischerweise Holzfässer, die beim weißen Talg die eigenartige Form eines abgestumpften Kegels mit Bodenflächen von 75 und 45 cm Durchmesser zeigten. Die vielfach übliche Lagerung der Fässer auf freiem Deck ohne Schutz vor der Sonne war für die Haltbarkeit von Nachteil. Für die aus dem Inneren kommenden Sendungen bestanden in Petersburg besondere Warenhäuser, in denen Sachverständige die Waren prüften, sortierten und mit einem Wertstempel versahen. Die große Talgproduktion Australiens und Argentiniens ging größtenteils nach England.

Unschlitthaus in Nürnberg

Sorten

Nach der Farbe ließ sich weißer Hammeltalg von gelbem Rindertalg unterscheiden. Hammeltalg ist etwas härter und spröder, wird aber leichter gelb und ranzig als der weiche und schlüpfrige Rindertalg.

Wichtiger war die Unterscheidung nach der Verwendung in Lichtertalg und Seifentalg:

- Der wertvollere *Lichtertalg*, der die reinere, hellere und härtere Ware umfasste, wurde eingeteilt in die Sorten *gelber Lichtertalg* aus nahezu reinem Rindertalg und *weißer Lichtertalg* (dessen beste Qualitäten aus Woronesch stammten).
- *Seifentalg* umfasste den *gewöhnlichen Talg* und die bessere Sorte *sibirischer Seifentalg*.

Der Wert des Talges wurden nach dem Erstarrungspunkt der Fettsäuren (dem so genannten Talgtiter) bemessen.

Außer zur Herstellung von Kerzen und Seifen fand Talg bei der Lederbearbeitung und als Schmiermittel ausgedehnte Anwendung. Der von Apothekern zu Pflastern und Salben benutzte Talg wurde jedoch nicht dem Handel entnommen, sondern aus frischem Rohstoff ausgeschmolzen.

Siehe auch

- Unschlittplatz

Literatur

Der Abschnitt Geschichte basiert auf einem Text aus Merck's Warenlexikon.

Referenzen

[1] Stichwort „Oleic Acid“ In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 92. ISBN 3-527-30114-3.

[2] Heinrich Heydt, in: *Roempp Online* - Version 3.5, 2009, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

[3] Stichwort „Olein“ In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 92. ISBN 3-527-30114-3.

Tallöl

Tallöl (vom *schwed.:* tall = Kiefer), auch bekannt als flüssiges Kolophonium, ist ein öliges Stoffgemisch, welches als wichtigstes Nebenprodukt bei der Herstellung von Zellstoff (genauer: Sulfat-Zellstoff, vor allem mit Kiefernholz) anfällt. Es handelt sich um eine schwarz-gelbe Flüssigkeit, die sich vor allem aus Fettsäuren (etwa 42 bis 55%) und Harzsäuren (etwa 33 bis 47%) sowie Sterinen und anderen Stoffen zusammensetzt.[1] [2] Die Zusammensetzung variiert aufgrund der Herkunft aus harzhaltigen Hölzern sehr stark. Trotz des pflanzlichen Ursprungs handelt es sich nicht um ein Pflanzenöl.

Herstellung

Tallöl ist eine Nebenprodukt der Zellstoffindustrie, es enthält die bei der Zellstoffkochung frei werdenden Extraktstoffe des Holzes.

Rohstoff

Neben den Hauptbestandteilen, Cellulose, Hemicellulose und Lignin enthält Holz etwa zwischen 1 und 3 Prozent Harze. Dabei werden verschiedene Harztypen unterschieden: Das in den sogenannten Parenchymzellen enthaltene Harz besteht aus Triglyceriden, Fettsäuren, Harzsäuren, Sterolen und Sterolestern und dient der Speicherung von Nährstoffen. Das in den radialen Harzgängen vorliegende Harz dagegen besteht vor allem aus Harzsäuren und Terpenen und dient dem Wundverschluß bei Verletzung der Baumrinde.

Das traditionelle Verfahren zur Gewinnung von Harz aus Bäumen durch Anritzen der Rinde (*Harzen*) gewinnt praktisch ausschließlich das Harz aus den Harzgängen. Im Gegensatz dazu wird bei der Zellstofferzeugung mittels des Sulfatprozesses das gesamte Harz gewonnen, also auch der Anteil aus den Parenchymzellen. Dementsprechend enthält das aus der Zellstofferzeugung stammende Harz neben den Harzsäuren auch Fettsäuren und Sterole.

Verfahren

Die Harze fallen bei der Zellstofferzeugung als Seifen, den sogenannten Tallseifen, in der Schwarzlauge an und werden ausgefällt.[1] Aus den Rohseifen wird im ersten Schritt durch Zugabe von Schwefelsäure das Rohtallöl als schwarze, zähe Flüssigkeit abgeschieden.[1] Rohtallöl besteht je nach Herkunft aus 20 bis 65 Prozent Harzsäuren, 15 bis 55 Prozent Fettsäuren und 5 bis 30 Prozent unverseifbaren Anteilen. Die Gewinnung von Rohtallöl kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen, die Ausbeute beträgt zwischen 30 und 40 kg/t Zellstoff.[1]

Weiterverarbeitung und Verwendung

Rohtallöl als solches hat nur beschränkte Anwendung, zum Beispiel als Emulgatorzusatz. Industriell bedeutender sind die durch Fraktionierung aus dem Rohtallöl hergestellten Produkte, vor allem Fettsäuren und Harzsäuren.

Fraktionierung

Für die Fraktionierung gibt es extraktive und destillative Verfahren, wobei sich aber nur die destillativen Verfahren durchgesetzt haben. Die Ansprüche an die Destillation sind hoch, zumal die Produkte einen hohen Siedepunkt aufweisen und gleichzeitig zur Zersetzung und Polymerisation neigen. Weiters stellt das Ausgangsmaterial durch die enthaltenen Säuren und Schwefelverbindungen und die damit verbundene Korrosivität hohe Anforderungen an die Werkstoffe für die Destillationsanlagen.

Destillation und Raffination

Das unbehandelte Tallöl kann zu Tallharz mit einem Kolophonium-Anteil von 10 bis 35 Prozent bei Temperaturen zwischen 200 und 285°C destilliert werden, eine nachfolgende Raffination ergibt Fraktionen der Tallöl-Fettsäuren mit einem Kolophonium-Anteil von 1 bis 10 Prozent.[2] Typische Tallöl-Fettsäure-Fraktionen enthalten etwa 1 bis 3% gesättigte Fettsäuren und einen sehr hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren. Der Anteil der Linolsäure und (wenig) Linolensäure liegt bei 45 bis 65%, Ölsäure ist zu 25 bis 45% enthalten.[1]

Produkte: Fettsäuren

Die Produkte aus der Tallöldestillation finden in der weiterverarbeitenden Industrie vielfältig Verwendung; Tallölfettsäuren (TOFA) können in der Regel für die gleichen Zwecke verwendet werden wie Fettsäuren anderer Herkunft. Sie enthalten unter anderem ungesättigte Fettsäuren (Ölsäure) und sind somit eine kostengünstige Quelle für Fettsäuren mit niedrigem Siedepunkt. So finden sie als Alternative zu den Talgfettsäuren (aus tierischen Produkten) Anwendungen in Seifen.[2] Daneben gibt es Anwendungen, bei denen Tallölfettsäuren konkurrenzlos sind, zum Beispiel wird in Europa ein Großteil dieser Fettsäuren als Lackrohstoffe verwendet. Tallölfettsäure enthält nur wenig Linolensäure, was ein Vergilben von weißen Farbstoffen (wie es bei Fettsäuren aus anderer Herkunft vorkommt) verhindert. Weitere Produkte aus Tallölfettsäuren sind Polyamidharze für die Druck- und Klebstoffindustrie und Epoxidharze.

Produkte: Tallharz

Kolophonium für Streichinstrumente

Tallharz (Kolophonium) wird zudem analog dem Balsamharz verwendet. Ein wesentlicher Teil des Tallharzes geht in die Herstellung von Papierleimungsmitteln auf Naturharzbasis. Dabei werden die Harzsäuren, nachdem sie mit Fumarsäure oder Maleinsäureanhydrid nach dem Reaktionstypus einer Diels-Alder-Addition umgesetzt wurden, durch Dispergierung mit Natronlauge und Emulgator in eine etwa dreißigprozentige Dispersion übergeführt. Diese Dispersionen werden in der Papierproduktion eingesetzt, um das Wasseraufnahmevermögen des Papiers einzustellen. Dadurch wird die Beschreib- und Bedruckbarkeit des Papiers verbessert.

Außerdem werden großen Mengen Tallharz für Klebstoffe und Druckfarben verwendet. Ein weiterer Verbraucher ist die Gummiindustrie, wo Tallharze als Emulgiermittel bei der Herstellung von synthetischem Kautschuk verwendet werden. Außerdem werden verhältnismäßig geringe Mengen für die Herstellung von Kaugummi verwendet. Als Imprägnierung für Holzfußböden findet es zudem in Holzölen Verwendung, ebenso in Holzlasuren. Weitere Anwendungen gibt es im Bereich der Bauchemie, zum Beispiel als Luftporenbildner in Beton. Tallpech wird zunehmend als Ersatz für Bitumen bzw. als emulgierender Zusatzstoff in Asphalt eingesetzt;[2] es enthält im Gegensatz zu Bitumen keine polycyclischen Aromaten. Tallpech wird auch für gefärbte Asphalte, Fugenmassen, Dichtmassen, Betonemulgatoren verwendet.

Weblinks

- *Enzymatisches Verfahren zur Herstellung von Fettsäuresterylestern aus Dämpferdestillaten der Fettraffination und Tallöl* [3], Patentschrift.

Referenzen

[1] Stichwort „Tall Oil“ In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 299. ISBN 3-527-30114-3.

[2] *Tall Oil* (http://www.chemicalland21.com/arokorhi/specialtychem/finechem/TALL OIL.htm)-Datenblatt bei chemicalland21.com

[3] http://www.patent-de.com/20020523/DE10119972A1.html

Tannen

Tannen
Weißtanne (*Abies alba*), Illustration aus Koehler 1887.
Systematik
Abteilung: Pinophyta *Klasse:* Pinopsida *Ordnung:* Kiefernartige (Pinales) *Familie:* Kieferngewächse (Pinaceae) *Unterfamilie:* Abietoideae *Gattung:* Tannen
Wissenschaftlicher Name
Abies
Mill.

Die **Tannen** (*Abies*) bilden eine Pflanzengattung in der Familie der Kieferngewächse (Pinaceae). Es gibt etwa 51 Arten von Tannen, die alle in der gemäßigten Zone der Nordhalbkugel der Erde vorkommen. Nach den Kiefern (*Pinus*) sind sie die am weitesten verbreitete und artenreichste Gattung in der Familie der Kieferngewächse. In Mitteleuropa ist die Weißtanne (*Abies alba*) heimisch. Die Gemeine Fichte wird zwar auch Rot-Tanne genannt, gehört aber nicht zu den Tannen. Die Zimmertanne (*Araucaria heterophylla*) ist trotz des Namens nicht mit den Tannen verwandt.

Beschreibung

Tannenzapfen, abgefallene Schuppen und geflügelte Samen.

Alle Tannen-Arten sind immergrüne tiefwurzelnde Bäume. Manche Arten bleiben mit einer Wuchshöhe von 20 Metern relativ klein, andere erreichen Wuchshöhen von fast 100 Meter. Die nadelförmigen Blätter sind flach und leicht biegsam und tragen auf der Unterseite oft zwei helle Streifen (Wachsstreifen). Die Nadeln werden 8 bis 11 Jahre alt. Mit ihrem verbreiterten Fuß sitzen sie unmittelbar auf den Ästen (siehe Bild). Sie unterscheiden sich dadurch z. B. von Fichten.

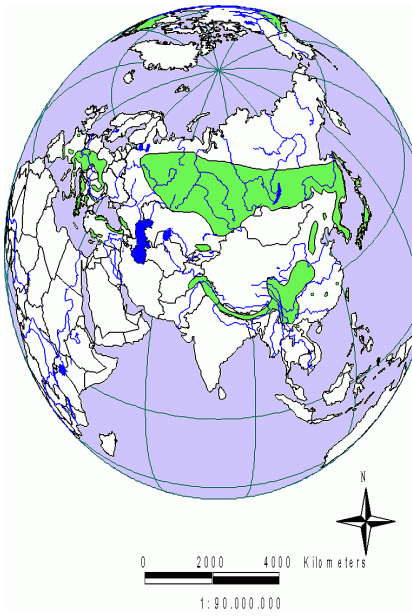
Tannen-Arten sind einhäusig getrenntgeschlechtig (monözisch), es gibt weibliche und männliche Zapfen an einer Pflanze. Die Zapfen stehen immer aufrecht am Zweig (im Gegensatz zu den hängenden und als Ganzes herabfallenden Fichten-Zapfen). Die Achse (Spindel) des Zapfens verbleibt am Baum, während die Schuppen einzeln abfallen. Folglich können auch keine herabgefallenen Tannenzapfen gesammelt werden. Die geflügelten Samen reifen im Zapfen. Keimpflanzen haben vier bis zehn Keimblätter (Kotyledonen).

Tannennadeln wachsen unmittelbar am Zweig.

Abies fraseri, geflügelte Samen.

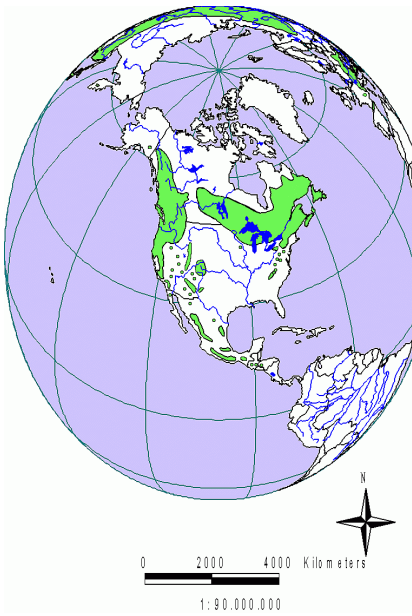
Verbreitung der heutigen Tanne

Tannen bilden mit fünf Teilarealen eine holarktisch zirkumpolare Sippe (west-euroasiatisch, sibirisch-ostasiatisch, himalayisch-südost-asiatisch, boreo-kanadisch, westpazifisch). Geschlossen (temperat)-boreal/kontinental bilden Balsam-Tanne (*A. balsamea*) und Sibirische Tanne (*A. sibirica*) einen wesentlichen Teil der borealen Nadelwälder Sibiriens und Kanadas, ohne hochkontinentale Bereiche in Nähe der Wald- und Baumgrenze zu besiedeln. Östliche Vorposten dieses Arealtyps finden sich disjunkt im pazifischen Ostsibirien, dem Sichote-Alin-Gebirge, der Mandschurei und Hokkaidō. Neben temperat-borealen sind kontinentale Arten in meridional-submeridionalen Florenzonen anzufinden (mexikanische und südwestchinesische Arten, *A. lasiocarpa* in den Rocky Mountains).



Verbreitung von *Abies* in Eurasien.

Formenreich sind die Tannen in montanen, subalpinen und oromediterranen Stufen temperater, submeridionaler und meridionaler Zonen, (sub)ozeanischer Gebirge (*A. spectabilis* und *A. densa* im „cloud belt“ des perhumiden Ost-Himalayas, *A. squamata* in China noch in 4000 bis 4500 m ü. NN). Altweltlich sind die Tannen gewöhnlich mit Zedern und Kiefern vergesellschaftet; in den Subtropen kommen auch Reinbestände vor. In baumartenarmen gemäßigten Breiten Europas kommen unter den Nadelholzgewächsen nur Kiefern- und Fichten-Arten zusammen mit Tannen vor. Die temperat-submeridional, (sub)ozeanisch bis subkontinental verbreitete Weißtanne fällt in Nordeuropa aus. In den Pazifischen Gebirgen Nordamerikas sowie Hindukush-Himalaja, Huangshan, den japanischen Inseln und Taiwan kommen Douglasien (*Pseudotsuga*), Schierlingstannen (*Tsuga*) und Fichten (*Picea*) mit Tannen vor.



Verbreitung von *Abies* in Amerika.

Gebiete mit vielen Tannen-Arten sind der Südwesten der Volksrepublik Chinas bis zum Himalaya sowie Bergregionen im westlichen Mexiko und Mittelamerika. Tannen dieser Regionen befinden sich oft in isolierten Rückzugsgebieten in Gebirgen, wo ausreichend Feuchtigkeit und moderate Temperaturen vorherrschen. Absolutes Entwicklungszentrum ist hier die sino-himalyische Region mit siebzehn Arten, herausragend der Huang Shan in Südwestchina. Weitere Diversitätszentren der Gattung liegen in den pazifischen Kordilleren und dem Mediterrangebiet.

Im temperat-(sub)meridional mediterranen Verbreitungsschwerpunkt besiedeln Tannen (sub)ozeanische Gebirge. Mediterrane Tannen sind typisch pleistozäne Reliktendemiten und bilden eine taxonomische Einheit, die sich von amerikanischen und asiatischen unterscheidet. Sie sind intergenetisch den Reihen Septentionales und Meridionales (Sektion Abies und Piceaster) beizuordnen. Erstere enthält *Abies alba*, *A. nebrodensis*, *A. cephalonica*, *A. nordmanniana* und *A. cilicica*, letztere *A. pinsapo* und *A. numidica*. Die Fragmentierung der mediterranen Populationen ist ursächlich auf die Klimageschichte rückzuführen. Standortökologisch differenzieren sich mediterrane Tannen über den Zedern- und Buchenkomplex. In Gesellschaft der Buchen (*Fagus*) treten *A. alba*, *A. nebrodensis* und *A. nordmanniana* s.l. auf. Mit Zedern (*Cedrus*) sind *A. pinsapo* s.l., *A. numidica* und *A. cilicica*

vergesellschaftet. *A. cephalonica* tritt nur rein auf.

Eine Reihe von Tannenarten wie die Nebrodi-Tanne (*A. nebrodensis*) oder die Numidische Tanne (*A. numidica*) sind in ihrem natürlichen Lebensraum akut vom Aussterben bedroht.

Systematik

Tannen (Abies) gehören zusammen mit den Zedern (*Cedrus*) zur Unterfamilie Abietoideae.

Die Gattung der Tannen wird in zehn Sektionen und weiter in Untersektionen unterteilt. Ihre Systematik beruht schwerpunktmäßig auf der Morphologie der weiblichen Zapfen. Bislang existiert keine systematische genetische Untersuchung, welche bestätigen könnte, dass die morphologische Anordnung, die auch die geographische Verteilung widerspiegelt, mit der Verwandtschaft der Arten übereinstimmt.

Gattung Tannen (*Abies*):

- Sektion *Abies* (Mittel-, Süd- und Osteuropa)
  - Weißtanne (*Abies alba*)
  - Bulgarische Tanne (*Abies borisii-regis*)
  - Griechische Tanne (*Abies cephalonica*)
  - Kilikische Tanne (*Abies cilicica*)
  - Nebrodi-Tanne (*Abies nebrodensis*)
  - Nordmanntanne, Kaukasus-Tanne (*Abies nordmanniana*)
- Sektion *Piceaster* (Spanien, Nordafrika)
  - Spanische Tanne (*Abies pinsapo*)
  - Numidische Tanne, Algier-Tanne (*Abies numidica*)
- Sektion *Bracteata* (Westliches Nordamerika)
  - Grannen-Tanne, Santa-Lucia-Tanne (*Abies bracteata*)
- Sektion *Momi* Franco (Südostasien)
  - Untersektion *Homolepides*
    - Nikko-Tanne (*Abies homolepis*, Syn.: *Abies brachyphylla*)
    - Min-Tanne (*Abies recurvata*)
  - Untersektion *Firmae*
    - *Abies beshanzuensis*
    - Momi-Tanne (*Abies firma*)
  - Untersektion *Holophyllae*
    - Schensi-Tanne (*Abies chensiensis*)
    - Mandschurische Tanne (*Abies holophylla*)
    - Pindrow-Tanne (*Abies pindrow*)
    - *Abies ziyuanensis*
- Sektion *Amabilis* (Pazifikküste Nordamerikas und Japans)
  - Purpur-Tanne (*Abies amabilis*)
  - Maries-Tanne (*Abies mariesii*)
- Sektion *Pseudopicea* (Südostasien)
  - Untersektion *Delavayianae*
    - *Abies chengii*

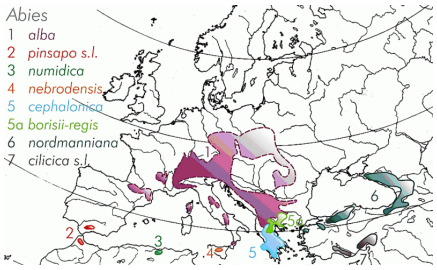
Aufrechter junger Tannenzapfen von *Abies koreana*.

Aufrechter junger Tannenzapfen von *Abies procera*.

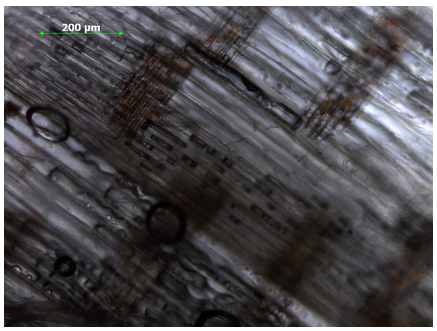
        - Delavays Tanne (*Abies delavayi*)
        - *Abies densa*
        - *Abies fabri*
        - *Abies fanjingshanensis*
        - *Abies forrestii*
        - Himalaya-Tanne (*Abies spectabilis*)
        - *Abies yuanbaoshanensis*
    - Untersektion *Squamatae*
        - Schuppenrindige Tanne (*Abies squamata*)
- Sektion *Balsamea* (Nordamerika, Asien)
    - Untersektion *Laterales*
        - Balsam-Tanne (*Abies balsamea*)
        - *Abies bifolia*
        - Formosa-Tanne (*Abies kawakamii*)
        - Felsengebirgs-Tanne (*Abies lasiocarpa*), mit Unterart Korktanne (var. *arizonica*)
        - Sibirische Tanne (*Abies sibirica*)
    - Untersektion *Medianae*
        - Fraser-Tanne (*Abies fraseri*)
        - Korea-Tanne (*Abies koreana*)
        - Ostsibirische Tanne (*Abies nephrolepis*)
        - Sachalin-Tanne (*Abies sachalinensis*)
        - Veitchs Tanne (*Abies veitchii*)
- Sektion *Grandis* (westliches Nordamerika)
    - Kolorado-Tanne, Grautanne (*Abies concolor*)
    - *Abies durangensis*
    - Küsten-Tanne (*Abies grandis*)
    - *Abies guatemalensis*
- Sektion *Oiamel* (Südwestliches Nordamerika)
    - Untersektion *Religiosae*
        - Heilige Tanne (*Abies religiosa*)
        - *Abies vejarii*
    - Untersektion *Hickelianae*
        - *Abies hickelii*
- Sektion *Nobilis* (westliche USA)
    - Pracht-Tanne oder Gold-Tanne (*Abies magnifica*)
    - Edel-Tanne oder Silber-Tanne (*Abies procera*, Syn.: *Abies nobilis*): Mit der Sorte Blaue Edel-Tanne oder Blautanne (*Abies procera* 'Glauca').

Europäische Tannen-Arten

Sieben Tannen-Arten sind auf den mediterranen Raum beschränkt. Durch das Fehlen gemeinsamer waldprägender Baum-Arten ist die ausgeprägte Isolation mediterraner Bergwälder hinreichend belegt. Darauf weisen insbesondere auch die Tannen und deren Gesellschaften, die sich in südwest-, zentral- und südostmediterrane differenzieren.

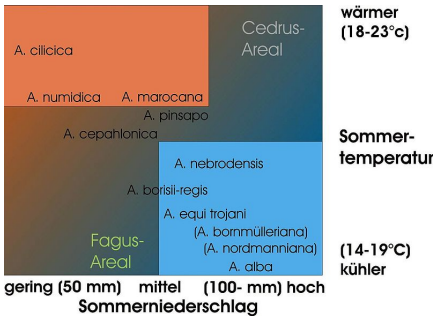


Verbreitung europäischer *Abies*.



Mikroskopie (Längstschnitt)

Eng verwandt sind *A. pinsapo* und *A. marocana* sowie *Abies alba* und *A. nebrodensis*. Hybride sind *A. borisii-regis* (*A. alba* × *cephalonica*) und *A. equi-trojani* (*A. bornmuelleriana* × *borisii-regis*). Vegetationskundlich differenzieren sich Tannen in Kleinasien und Südosteuropa stärker. In balkanischen Tannenwäldern geht die verwandtschaftliche Linie von *Abies alba* über *A. borisii-regis* zu *A. cephalonica*. Überwiegend in mittleren Lagen, den montanen und oromediterranen Stufen verbreitet meidet *A. alba* schneereiche Lagen der Kampfzone des Waldes. Schädigung durch Schneelast sowie Konkurrenz dürfte hier Hindernis der Etablierung sein. Mediterrane Tannen sind nach Schädigung besser ausschlagfähig, an die Waldgrenze reichen *A. cilicica* wie *A. cephalonica*. Tieflagenvorkommen sind in nördlichsten Lagen von *A. alba* und *A. nordmanniana* anzutreffen. Buchen und Zedern grenzen mitteleuropäisch montane und oromediterrane Waldtypen ein und sind mit klimatischen Kennwerten korrelierbar. Sporadisch finden sich Buchenwaldarten auch im Areal von *Abies pinsapo*, *A. marocana*, reliktisch selbst bei *A. numidica*. *A. cephalonica*- und *A. cilicica*-Wälder haben mit Fagion-Gesellschaften keine Verwandtschaft mehr. Die einzelnen Arten zeichnen den Übergang zwischen subkontinentalen-(sub)ozeanischen, zu mediterranen semiariden Klima nach. Die klimaökologische Zwischenstellung von *A. cephalonica* und *A. pinsapo* s.s., ist durch das Fehlen von Buchen und Zedern in beiden Arealteilen unterstrichen. Sie bauen auch weitgehend geschlossene, nahezu reine Bestände, meist plenterartiger Struktur auf. Die Tannen-Areale lassen sich weniger nach dem Jahresniederschlag als vielmehr nach mäßig trockener, frischer und feuchterer Vegetationszeit gliedern. Dabei erhöht sich von Norden nach Süden mit Abnahme des Niederschlages die Vegetationszeitwärme. *A. pinsapo*, *A. numidica* sowie *A. nebrodensis* sind in ihrem natürlichen Habitat gefährdet. Größere Flächen werden von *A. cilicica*, *A. cephalonica*, *A. alba* und *A. nordmanniana* eingenommen.



Ökologische Einnischung europäischer und mediterraner Tannen

A. cilicica ist im zentralen und östlichen Taurus ohne Westtaurus beheimatet und reicht in relativ geschlossener Verbreitung nach Nordsyrien und Libanon. Hier wie auch bei *A. cephalonica* werden überwiegend gebankte Kalke mit spaltengründigen entwickelten Kalkstein-(Rotlehmböden) bestockt. Am meernäherem Abfall der Gebirge ist die mediterrane Stufenfolge ausgebildet. Durch Besiedlung initialer Kalkrohböden hat sie den Charakter einer gewissen Pionierart mit der, für ausgeprägte Trockentannen, bescheidenen Wuchsleistung (5-10m(12m). Die in der südwestlichen Mediterraneis vorkommenden Igeltanne (*A. pinsapo* s.l.) ist auf kleinflächige Restvorkommen der feuchtesten Gebirgsgebiete begrenzt (Sierra Nevada 50 Hektar, Babor-Massiv- Algerien 1000 Hektar, Rif Atlas-Marokko 15.000 Hektar). Ausgezeichnet sind die Wuchsleistungen

im größten Teilareal mit bemerkenswerten 50 Meter hohen Einzelbäumen . Die mesophile *A. pinsapo* erreicht bei gleichem geologischen Substrat (Kalkstein) viel bessere Wuchsleistungen als *A. cilicica*. Voraussetzung für das physiologische Optimum mediterraner Tannen sind reichliche Niederschläge, tiefgründige, spalten-gängige, feinerdereiche, vorratsfrische Böden und schattseitige Lagen. Die nordanatolisch-kaukasischen Komplex der *Abies nordmanniana*-Gruppe wird zweckmäßiger Weise in Standortsökotypen unterschieden. Taxonomisch wird je nach Autor stärker differenziert. Als typisch kolchische Waldbäume sind sie am kühl-humiden Süd- und Westsaum vom Schwarzen Meer verbreitet, die Standorten der Weißtanne schon stark ähneln.

Nutzung

→ *Hauptartikel: Tannenholz*

Furnier aus Tannenholz.

Tannen sind Reifholzbäume, sie besitzen also keinen farblichen Unterschied zwischen Kern- und Splintholz. Das Holz ist gelblich-weiß gefärbt und besitzt im Vergleich zum sehr ähnlichen Fichtenholz keine Harzkanäle und nur kaum sichtbare Markstrahlen. Aufgrund der sehr ähnlichen Eigenschaften wird vor allem das Holz der Weiß-Tanne ähnlich wie Fichtenholz eingesetzt: 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.

Baumstämme von Weißtannen aus Gersbach (Südschwarzwald) stützen das größte freitragende Holzdach der Welt auf der Expo 2000

Die Trocknung ist aufgrund der höheren Stammfeuchtigkeit schwieriger als bei der Fichte. Sonderanwendungen liegen im Wasserbau, wo Tannenholz eine hohe Dauerhaftigkeit besitzt und als Obst- und Gemüsekisten, aufgrund seiner Geruchsfreiheit.

Tannen sind die klassischen Christbäume. Vor allem die Nordmann-Tanne wird dafür in Plantagen angebaut. Außerdem wird von Tannen Schmuckreisig gewonnen. Die hellgrünen Tannenspitzen im Mai - Maigrün - sind nicht nur essbar, sondern ein altes Medikament und Hausmittel gegen Husten. Sie enthalten heilsame Enzyme. Man konserviert sie als Sirup.

Quellen

- Überblick über die Gattung bei The Gymnosperm Database. [1] (engl.)

Literatur

- Peter Schütt: *Tannenarten Europas und Kleinasiens.* Ecomed, Landsberg am Lech 1994, ISBN 3-609-69890-X

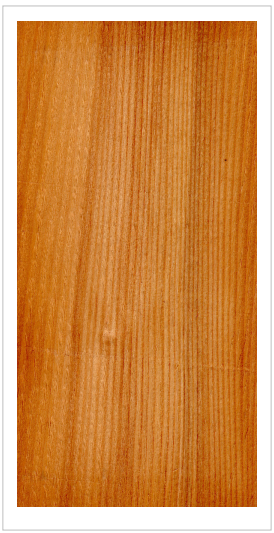
Weblinks

- Umfangreiches Kompendium zur Tanne [2] - LWF-Wissen 45 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Referenzen

[1] http://www.conifers.org/pi/ab/index.htm
[2] http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-wissen/45/index.php

Tannenholz

Tannenholz	
	
Baumarten	Weiß-Tanne, Küstentanne und andere
Herkunft	Eurasien
Farbe	hell rötlich-weiß bis gelblich-weiß mit grau-violettem bis bläulichem Schimmer (Nachdunklung)
Materialeigenschaften	
Rohdichte Mittelwert	410 kg/m^3
Rohdichte Grenzwerte	320-710 kg/m^3
Axiales Schwindmaß	0,1 %
Radiales Schwindmaß	3,8 %
Tangentiales Schwindmaß	7,6 %
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 **Tannenholz** wird das Holz der Tannen (Gattung *Abies*) bezeichnet, das wie bsp. auch Fichten-, Kiefern- oder Lärchenholz zu den Nadelhölzern gehört. In Europa und großen Teilen Nordasiens wird unter dieser Bezeichnung fast ausschließlich das Holz der Weiß-Tanne (*Abies alba*), seltener die aus Nordamerika stammende Küstentanne (*Abies grandis*), verstanden. International gibt es eine Reihe weiterer Arten, deren Holz für unterschiedliche Nutzungen verwendet wird.

Zum Anwendungsspektrum gehört vor allem die Verwendung zur Papier- und Zellstoffherstellung, als Bau- und Möbelholz für den Innenbereich sowie die Nutzung als Brennholz.

Eigenschaften

Tannen sind in ihrem Wuchs mit Fichten vergleichbar. Sie wachsen im Bestand sehr gerade mit einem vollholzigen und zylindrischen Stamm mit wenigen Ästen in den unteren Bereichen (astrein). Die Stammlängen erreichen hier bis zu 20 Metern bei einer Gesamthöhe des Baumes von bis zu 50 Metern, der Durchmesser beträgt 0,4 bis 1,2 Meter. Im Freistand werden die Bäume voluminöser mit deutlich größerer Ästigkeit. Das Holz ist hell rötlich-weiß bis gelblich-weiß mit grau-violettem bis bläulichem Schimmer, wobei sich Kern- und Splintholz farblich nicht voneinander unterscheiden. Die Jahrringe setzen sich deutlich voneinander ab, wobei sich die Färbung vom hellen Frühholz zum dunklen Spätholz kontinuierlich ändert, die Jahrringgrenzen sind deutlich ausgeprägt. Im Gegensatz zu anderen Nadelhölzern besitzen sie keine auffälligen Harzkanäle und Harzgallen, wodurch sich das Holz makroskopisch von dem der Fichte 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.

Auch in seinen physikalischen Eigenschaften unterscheidet sich Tannenholz nur wenig von Fichtenholz, aufgrund der optischen Eigenschaften und der Sprödigkeit sowie der härteren und vermehrt auftretenden Äste wird es jedoch weniger im Bau- und Möbelbereich eingesetzt und wird überall dort bevorzugt, wo der Harzgehalt des Fichtenholzes störend ist. Es ist sehr weich mit einer mittleren Rohdichte von 450 kg/m^3 bei 12-15 % Feuchtegehalt. Die mechanischen Eigenschaften des Holzes sind für die geringe Dichte sehr gut und mit denen des Fichtenholzes vergleichbar, wodurch es als Bau- und Konstruktionsholz nutzbar ist.

Unbehandelt ist Tannenholz 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. Dabei ist die gegenüber Fichtenholz höhere Feuchtigkeit des Holzes zu beachten, insbesondere, wenn beide Hölzer gemeinsam verarbeitet werden. In Bereichen, in denen das Holz ständiger Feuchtigkeit ausgesetzt ist, ist Tannenholz beständiger als Fichtenholz. Die Bearbeitung des Holzes durch Sägen, Hobeln, Fräsen und andere Techniken ist problemlos möglich, auch die Verbinmdung durch Schrauben und Nägel sowie durch Leim ist problemlos, nur Stämme mit größerer Ästigkeit und Reaktionsholz können sich nachteilig auswirken. Auch Anstriche, Lasuren und Beizen sind ohne Aufwand anwendbar und im Vergleich zu Fichtenholz ist Tannenholz gegen Alkalien und Säuren gut beständig.

Verwendung

Stoffliche Nutzung

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

Als Bau- und Konstruktionsholz wird Tannenholz nahezu überall eingesetzt, sowohl im Innausbau wie auch bei Außenanwendungen. Es findet entsprechend Verwendung im Hausbau für Dachkonstruktionen, für Holzverkleidungen, Geländer, Treppen, Skelettkostruktionen für Wände und Decken, Fenster, Türen und Tore; aufgrund der gräulichen Farbe und häufigen Splitter wird es dagegen nicht so häufig für Fußböden genutzt. Besonders im Erd- und Wasserbau wird es dem Fichtenholz aufgrund der besseren Feuchtebeständigkeit vorgezogen. Im Möbelbau wird Tannenholz 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 Tannenholz für den Bau von Kisten, Paletten und auch von Holzwolle.

Eine zentrale Verwendung für das Holz der Tanne 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.

Furnier aus Weißtannenholz

Baumstämme von Weißtannen aus Gersbach (Südschwarzwald) stützen das größte freitragende Holzdach der Welt auf der Expo 2000

Energetische Nutzung

Auch im Bereich der energetischen Nutzung spielt Tannenholz mit einem Brennwert von 4,5 KWh/Kg bzw 1.400 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.

Literatur

- D. Grosser, W. Teetz: *Tanne.* In: *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond - Absatzförderungfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn 1998, ISSN 0446-2114 [2].

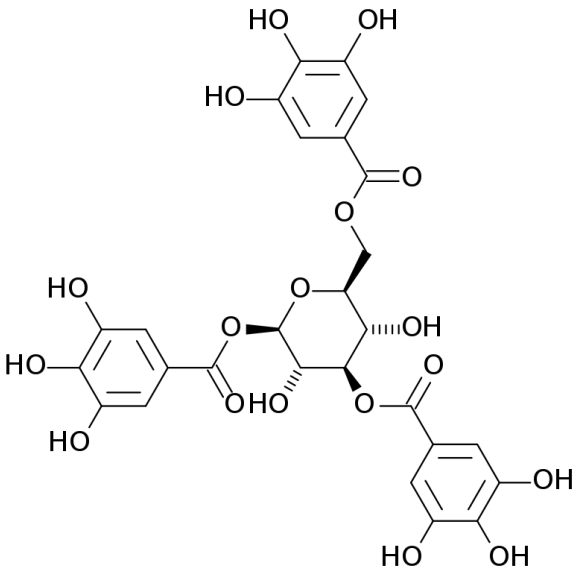
Referenzen

[1] nach *DIN 68364 - Kennwerte von Holzarten - Rohdichte, Elastizitätsmodul und Festigkeiten.* Mai 2005.
[2] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0446-2114

Tannine

Die **Tannine** (von franz. *tanin* Gerbstoff; auch bekannt als kondensierte Proanthocyanidine) sind pflanzliche Gerbstoffe, die in dikotylen Stauden, Sträuchern und Baumblättern und anderen Pflanzenteilen besonders der Tropen und Subtropen weit verbreitet sind und von Pflanzen fressenden Säugetieren aufgenommen werden. Diese Verbindungen ($C_{76}H_{52}O_{46}$) haben ein molekulares Gewicht von 500-3000 kD.

Tannine gehören zu den so genannten quantitativen pflanzlichen Sekundärstoffen. Sie haben im Gegensatz zu qualitativen Wirkstoffen (z. B. Alkaloiden) ein weiteres Abwehrspektrum gegen Pflanzenfresser (Herbivore), da sie wahrscheinlich hauptsächlich die Verdauung beeinflussen, indem sie Proteine deaktivieren.



Corilagin (=Gallotannin)

Zusammensetzung und Eigenschaften

Chemisch gesehen handelt es sich um *Polyhydroxyphenole*. Sie sind in Wasser, Ethanol und Aceton löslich und enthalten ausreichend phenolische ortho-Di-Hydroxygruppen, um Quervernetzungen zwischen Makromolekülen wie Proteinen, Cellulose und Pektin ausbilden zu können. Solche Vernetzungen können die Aktivität von Pflanzenenzymen und -organellen hemmen und sorgen in der Lederherstellung für Haltbarkeit und Schutz vor Mikroorganismen (Gerben).

Tanninpulver

Die pflanzlichen Tannine variieren deutlich in ihrer chemischen Struktur und biologischen Aktivität. Tannine mit starken Absorptionseigenschaften sind im Allgemeinen in den Vakuolen zu finden, separiert vom Protoplasma der Pflanzen. Die physiologische Aktivität resultiert aus der selektiven Bindefähigkeit der Tannine zu Proteinen, besonders zu großen und prolinreichen Molekülen mit offener Konformation.

Tannine werden aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften in zwei Gruppen aufgeteilt:

1. Hydrolysierbare und
2. kondensierte Tannine.

Erstere können durch Glukose, andere mehrwertige Alkohole, Gallussäure oder Ellagsäure hydrolysiert werden. Als Beispiel für ein hydrolysierbares Tannin steht das Corilagin. Kondensiertes Tannin besteht aus miteinander

polymerisierten flavonoiden Phenolen wie Catechin, Epicatechin, Anthocyane usw. Sie sind entsprechend Polymere, deren monomere Einheiten aus phenolischen Flavanen bestehen, meist Catechin (Flavan-3-ol).

Vorkommen

Tannine gehören zu den Anti-Nährstoffen, mit denen sich verschiedene nährstoffreiche Pflanzen, die auch in der menschlichen Ernährung verwendet werden (z. B. Leguminosen wie Limabohnen), vor Fressfeinden schützen.[1] [2]

Man findet sie im Holz und der Rinde von Eichen, Birken und Kastanien, in der Fruchthülle der Walnuss, in den Hülsen des Divi-Divi-Baums (*Caesalpinia coriaria*), in Sumachgewächsen, in der Frucht des Kaki-Baums, Myrobalanen, Trillo, Valonea, Blutwurz, in Weintrauben sowie in Pflanzengallen. Diese Stoffe werden außerdem von Akazien wie der Verek-Akazie produziert, um potenzielle Fressfeinde abzuschrecken. Monomere Gruppen der Tannine sind auch im Hopfen sowie in schwarzem und grünem Tee enthalten. Im Tee zum Beispiel das Catechin.

Tannine in Lebensmitteln

Wein

Der Gehalt an Tanninen und ihre Struktur sind ein ausschlaggebender Faktor für die Qualität eines Weines. Teils wird irrtümlich angenommen, dass Rotweine abhängig vom Tanningehalt länger oder weniger lang haltbar seien. Tannin verhindert zwar die Oxidation des Weines, was heutzutage aber auch durch Zugabe von Kaliumdisulfit (Kaliumpyrosulfit) erreicht werden kann. Es verleiht dem Wein eine charakteristisch raue Note von Trockenheit, die sogenannte Adstringenz.

Barriquelager in einer französischen Weinkellerei

Tannin wird auch aus Eichenfässern auf Wein übertragen (Barrique), wenn diese nicht weingrün gemacht wurden. Jedoch fördert die Sauerstoffzufuhr auch die Polymerisation mit Anthocyanen, so dass der Tanningehalt des Weines nach dem Barrique-Ausbau meist geringer ist als vorher. Der Tanningehalt eines Weines entscheidet weniger über die Lagerfähigkeit, als vielmehr über dessen Lagerbedürftigkeit: Im Laufe der Flaschenreife polymerisieren die Tannine mit Anthocyanen zu nicht adstringierend wirkenden, langkettigen Molekülen. Die Adstringenz des Weines geht dabei stetig zurück, wodurch sich der Wein angenehmer trinken lässt. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein einer ausreichenden Konzentration von Anthocyanen (Farbstoffen).

Die Önologie kennt heute über 30 verschiedene Tannine. Manche sind für die Qualität des Weines von Bedeutung, andere werden als ungünstig eingestuft. Grundsätzlich spielen Tannine bei Rotweinen eine größere Rolle als bei Weißweinen, da mit den Farbstoffen immer auch Gerbstoffe aus den Beerenhäuten extrahiert werden. Späte Weinlese und hohe physiologische Reife sorgen für reifere und als weich empfundene Tannine. Unreife Gerbstoffe hingegen schmecken grün, aggressiv und pelzig.

Tee

Schwarzer und mehr noch Grüner Tee enthalten ebenfalls Tannine, was deren herben Geschmack erklärt. Die Tannine werden erst nach einer gewissen Ziehzeit (mehr als zwei Minuten) freigesetzt.

Gesundheitliche Auswirkungen

- Blähende und stopfende Wirkung
- Behinderung der Resorption bestimmter Arzneistoffe (z. B. Digitalis) durch die Darmschleimhaut
- Behinderung der Resorption von Eisen

Verwendung

gegerbte Lederfelle

Die technische Hauptverwendung der Tannine liegt in der Lederverarbeitung, wo sie als Gerbstoffe zur Vernetzung der Kollagenmoleküle und damit zur Erhöhung der Haltbarkeit und dem Schutz vor Mikroorganismen eingesetzt werden. Tannine werden weiterhin als Rostumwandler eingesetzt, wobei die Wasserlöslichkeit und Umweltverträglichkeit gegenüber anderen Wirkstoffen vorteilhaft ist. In der chemischen Industrie werden Tannine zur Gewinnung von Gallussäure und Pyrogallon genutzt.[3]

Durch Kondensation mit geeigneten Vernetzungsmitteln (beispielsweise Formaldehyd) zu hochmolekularen Kondensationsprodukten lassen sich Bindemittel zur Verklebung von Holzwerkstoffen herstellen. Diese Bindemittel konnten sich jedoch technisch und wirtschaftlich gegenüber den Aminoplasten bislang nicht durchsetzen.

In der Medizin werden Tannine wegen ihrer adstringierenden Wirkung als hämostatisch und antiseptische Wirkstoffe genutzt. In der Volksmedizin wird zudem die auswurffördernde Wirkung genutzt, z. B. durch Eichenrinde in Europa (für Bäder) und die Rinde der Verek-Akazie in Afrika.

Weblinks

- *The Tannin Handbook - Tannin Chemistry* [4] (PDF 1,41 MB, 116 Seiten, englisch)

Referenzen

[1] Adeparusi *Effect of processing on the nutrients and anti-nutrients of lima bean (Phaseolus lunatus L.) flour*; PMID 11379294
[2] Antinutritive Inhaltsstoffe in Leguminosensamen (http://www.genres.de/leguminosen/nutritiv.htm#Darstellung14)
[3] Stichwort *Tannins* In: Hans Zoebelein (Hrsg.): *Dictionary of Renewable Ressources.* 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996; Seite 300. ISBN 3-527-30114-3.
[4] http://www.users.muohio.edu/hagermae/tannin.pdf

Technische Textilie

Als **Technische Textilien** werden alle textilen Produkte bezeichnet, die im technischen Bereich verwendet werden. Dabei handelt es sich sowohl um Gewebetextilien wie um Vliese oder Filze. Beispiele sind Textilien, die für den Automobilbau verwendet werden, textile Dämmstoffe, Geotextilien, Agrartextilien, Verpackungen oder auch Schutzbekleidung.

Markt

Dämmstoffvlies aus Hanffasern

Der Markt für Technische Textilien befinden sich durch eine Fülle von Anwendungen gerade neuartiger Fasern und Textilien im Wachstum, wobei einzelne Bereiche Wachstumsraten von über 10% aufweisen. Der Anteil am jährlichen Marktvolumen der Textilindustrie, der etwa 25 Mrd. Euro beträgt, liegt dabei bei etwa 30%. Vor allem so genannte „non-wovens“ (nicht gewebte Textilien), zu denen die Vliese und Filze sowie aus ihnen produzierte Verbundwerkstoffe gehören, nimmt an Bedeutung sowohl in der Automobilindustrie wie auch im Dämmstoffmarkt stark zu. Der Anteil an Naturfaserprodukten am Gesamtmarkt der technischen Textilien liegt bei etwa 10 bis 15 Prozent und ist leicht steigend. Vor allem Hanffasern und Flachs haben dabei eine historische Bedeutung als Rohstoffe für Seile oder Segeltuch.

Literatur

- nova-Institut (Hrsg.): Das kleine Hanf-Lexikon. Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seiten 66. ISBN 3-89533-271-2

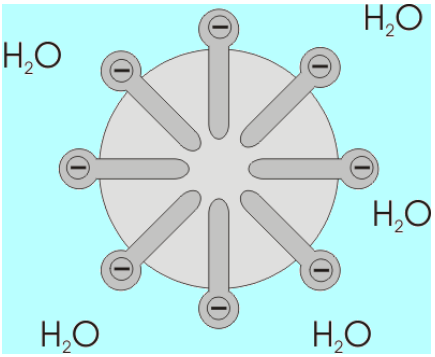
Tenside

Tenside (von lat. *tensus* „gespannt“) sind Substanzen, die die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit oder die Grenzflächenspannung zwischen zwei Phasen *herabsetzen* und die Bildung von Dispersionen ermöglichen oder unterstützen bzw. als Lösungsvermittler wirken.

Tenside bewirken, dass zwei eigentlich nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Öl und Wasser, fein vermengt werden können. Unter Tensiden versteht man auch waschaktive Substanzen (Detergentien), die in Waschmitteln, Spülmitteln und Shampoos enthalten sind. In Reinigungsmittelformulierungen liegt der Tensidgehalt bei 1–40 %. Moderne Tenside wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelt und haben das traditionelle Tensid Seife (Fettsäuresalze) weitgehend verdrängt. Beim Einsatz in der Lebensmitteltechnik werden Tenside als Emulgatoren bezeichnet.

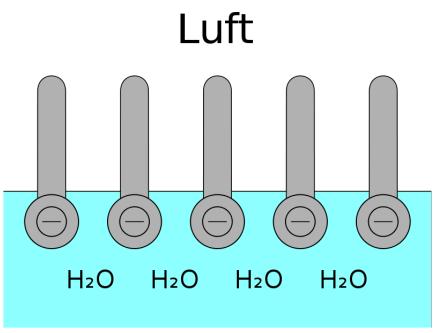
Eigenschaften

Die Funktion der Tenside lässt sich durch ihren molekularen Aufbau erklären. Tenside bestehen allgemein aus einem *hydrophoben* („wasserabweisenden“) Kohlenwasserstoffrest und einem *hydrophilen* („wasserliebenden“) Molekülteil; man sagt, sie sind *amphiphil* („beides liebend“). In den folgenden Abbildungen sind die „wasserliebenden“ Molekülteile durch ein Minuszeichen oder einen roten Punkt gekennzeichnet.



Aggregat von Tensidmoleküle in Wasser (Kugelmicelle)

Gibt man Tenside in Wasser, ordnen sich ab einer kritischen Konzentration die einzelnen Tensidmoleküle und bilden innerhalb des Wassers meist kleine, kugelförmige Aggregate, die Mizellen genannt werden. Dabei richten sich die Tensidmoleküle so aus, dass die hydrophoben Enden sich im Inneren der Micellen sammeln und die hydrophilen Enden sich in Richtung des Wassers orientieren. Bei hoher Konzentration an Tensid können sich auch stäbchenförmige Micellen (wurmartige, engl. *worm-like*) oder auch Tensiddoppelschichten bilden, die Wasser einkapseln.

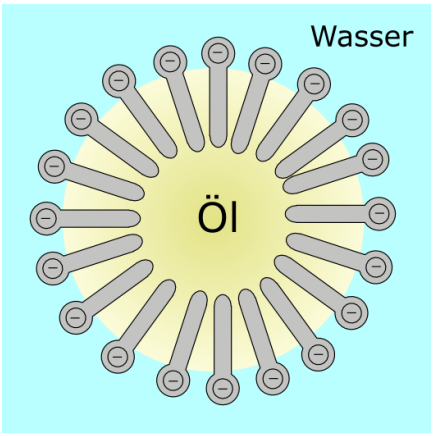


Tenside an der Wasseroberfläche

An der Wasseroberfläche bilden die Tenside eine dünne Schicht und senken damit die Oberflächenspannung des Wassers. Auch hier ordnen sich die Tensidmoleküle an. Die hydrophilen Enden zeigen in Richtung des Wassers, die hydrophoben Enden ragen in Richtung der Luft.

- Der Einfluss von Tensiden auf die Oberflächenspannung kann einfach demonstriert werden: Man bringt auf eine Wasseroberfläche (tensidfreies Wasser) einen leichten Gegenstand (zum Beispiel eine Stecknadel) auf. Dieser wird im Normalfall nicht untergehen, sondern infolge der hohen Oberflächenspannung vom Wasser getragen. Gibt man sodann kleine Mengen eines Tensids (zum Beispiel Spülmittel) hinzu, verringert sich die Oberflächenspannung so stark. Diese kann der Gewichtskraft nicht mehr entgegenwirken, die durch die höhere Dichte des aufgebrachten Gegenstandes auf die Wasseroberfläche wirkt: Der Gegenstand geht unter.

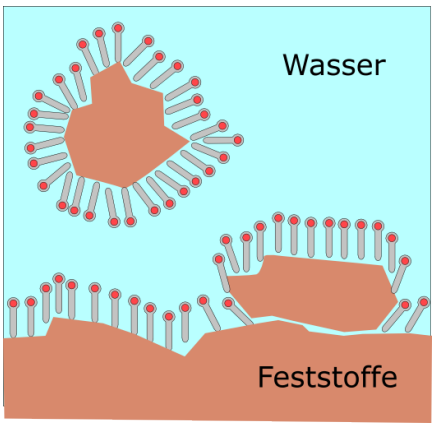
Tenside bewirken als *Emulgatoren*, dass zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten (zum Beispiel Öl in Wasser) sich zu einer Emulsion vermengen können. Aufgrund des amphiphilen Charakters des Tensids dringen sie mit ihrem fettlöslichen Teil in das Öl ein. Durch den hydrophilen Teil kann das nun durch Rühren entstandene Öltröpfchen in der wässrigen Umgebung „in Lösung gehalten“ werden.



Tensid-Öl-Tröpfchen in Wasser

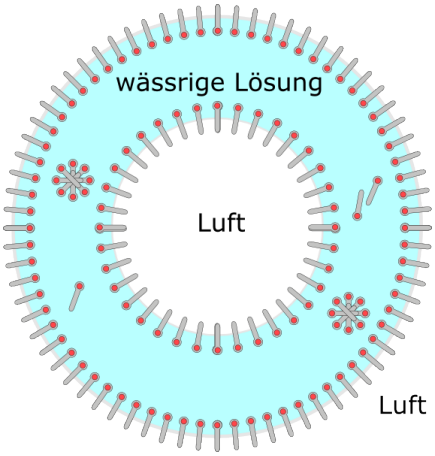
Von *Netzmitteln* spricht man, wenn das Ziel des Einsatzes der Tenside nicht die Vermischung zweier Phasen ist, sondern die Herabsetzung der Grenzflächenspannung zwischen einer festen Oberfläche und einer Flüssigkeit. Wasser fließt, statt Tropfen zu bilden, leichter von einer Oberfläche ab. Im Fotolabor werden etwa Tenside als Netzmittel eingesetzt, um Trockenflecken auf Fotomaterialien nach der Schlusswässerung zu verhindern.

Tenside unterstützen das Ablösen kleiner Feststoffteilchen von festen Oberflächen, also etwa die Entfernung der Schmutzpartikel an Kleidungsstücken. Die Feststoffteilchen werden im Wasser „in der Schwebe gehalten“. Ihr Einsatz unterstützt die Bildung und den Erhalt einer sogenannten Suspension. Die Tenside lagern sich emulsionsähnlich um die Feststoffteilchen an und hemmen das Zusammenklumpen, Absinken (= Sedimentieren) und erneute Anhaften an anderen festen Oberflächen, die selbst mit einer „Tensidschicht“ belegt sind. Die mit dem Tensid ummantelten Feststoffteilchen bilden mit dem Wasser ein sogenanntes Kolloid. Als Dispergiermittel werden Tenside bezeichnet, die die festen Pigmente in einem (noch) flüssigen Lack in der Schwebe halten.



Suspension: Tenside und Feststoffe

Die Bildung von Schaum ist auf die Eigenschaften von Tensiden zurückzuführen. Die Tensidmoleküle bilden einen aus zwei Schichten bestehenden Film, bei dem die hydrophoben Enden der Tenside die beiden Oberflächen bilden. Die hydrophilen Enden weisen in den Film hinein. Eine starke Schaumentwicklung kann beim Einsatz oder bei Anwesenheit von Tensiden störend sein, weshalb Entschäumer Einsatz finden.

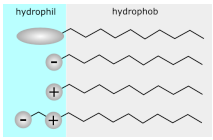


Schaumbläschen

Anionische Tenside bilden mit Kationen der Erdalkalimetalle unlösliche Niederschläge, die im allgemeinen als Kalkseifen bezeichnet werden. Kalkseifen haben nicht mehr die oben dargestellten Eigenschaften der „löslichen“ Tenside. Die Bildung der Kalkseifen ist auf die Wasserhärte zurückzuführen. Werden Tenside als Detergentien verwendet, ist im Waschmittel ein Enthärter beigesetzt.

Struktur

Alle Tenside sind aus einem unpolaren und einem polaren Teil (funktionelle Gruppen) aufgebaut (siehe Polarität). Als unpolarer Teil dient meist eine Alkylgruppe. Der polare Teil kann verschieden aufgebaut sein und ist in der Tabelle zusammengefasst:

Tenside	hydrophile Gruppe(n)	
nichtionische Tenside	–OH (mehrfache Alkohole), –O– (Ether) oder die Kombination -O-CH_2-CH_2-OH (z.B. Ethoxylate)	
anionische Tenside	$–COO^-$ (Carboxylate), $–SO_3^-$ (Sulfonate) oder $–OSO_3^-$ (Sulfate)	
kationische Tenside	R_4N^+ (quartäre Ammonium-Gruppe)	
amphotere Tenside (zwitterionische Tenside)	meist $–COO^-$ (Carboxylate) und R_4N^+ (quartäre Ammonium-Gruppe)	

Häufig wird versucht, zwischen *natürlichen* und *synthetischen* Tensiden zu unterscheiden. Diese Unterscheidung ist nicht einfach und nicht immer sinnvoll. Natürlich vorkommende Tenside sind beispielsweise Saponine oder Phospholipide wie Lecithin. Tenside *natürlichen* Ursprungs sind zum Beispiel Seifen, die aus natürlichen Rohstoffen (nachwachsenden Rohstoffen, zum Beispiel aus pflanzlichen oder tierischen Fetten) durch Verseifung hergestellt werden. Ebenfalls aus nachwachsenden Rohstoffen gelangt man zu Zuckertensiden. Die Herstellung erfordert jedoch eine tiefgreifende chemische Reaktion. *Synthetische Tenside* werden aus synthetischen Erdöl-Rohstoffen wie Benzol, Olefinen und Ethylenoxid zu Fettalkoholpolyglycolether, Fettalkoholen und Alkylaromaten umgewandelt. Eine wichtige Eigenschaft eines Tensides ist seine biologische Abbaubarkeit. Durch das Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG) wird von jedem Tensidhersteller gefordert, dass das Tensid zu mindestens 90 % (häufig 95 %) biologisch abgebaut werden kann. Häufig werden dazu Tests zur Bestimmung des Biologischen (BSB) und des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) durchgeführt. Von einigen Tensiden (z. B. Alkylbenzolsulfonat) ist die Art des biologischen Abbaus sehr genau bekannt.[1] Als ein Verdacht auf Fischtoxizität bei Alkylphenolpolyglykolethern bekannt wurde, nahmen die Hersteller das Produkt sofort vom Markt.

Historie

Über seifenähnliche Verbindungen wurde bereits um 2500 v. Chr. in sumerischen Keilschriften berichtet. Durch Verkochen von Olivenöl mit Holzasche (Pottasche) konnten seifenähnliche Verbindungen gewonnen werden. Auch bei Ägyptern, Römern, Germanen, Galliern waren tensidartige Produkte aus Fetten bekannt.[1]

Auch im Mittelalter und in der Renaissance wurden seifenartige Produkte aus Holzasche und Fetten gewonnen. Erst durch die synthetische Sodaherstellung aus Kochsalz, Schwefelsäure und Kalk nach dem Verfahren von Nicolas Leblanc konnte Seife preisgünstig hergestellt werden.

Im 20. Jahrhundert wurden Reinigungsmittel auch verstärkt zur Reinigung von Textilien in Waschmaschinen benötigt. Normann K. Adam entwickelte ein gut zugängliches Tensid, das Tetrapropylenbenzolsulfonat (TPS). Dieses Tensid deckte zu Beginn der sechziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts 65 % des Tensidbedarfes der westlichen Welt. Aufgrund der schlechten biologischen Abbaubarkeit entstanden jedoch Schaumberge in Flussläufen. Ab 1964 wurden dann biologisch gut abbaubare, lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS) entwickelt.

Seit Beginn der 1980er Jahre konzentriert sich die Forschung auch auf die Suche von nachwachsenden Tensidrohstoffen. Seit 1990 werden von der Firma Henkel Alkylpolyglycoside hergestellt. Diese enthalten einen Zuckerrest als hydrophilen Molekülteil und werden daher den Zuckertensiden zugeordnet. Da der Zuckerrest keine Ladung besitzt, zählen sie zu den nichtionischen Tensiden.

Anwendung

In der Lebensmittelindustrie

Bestimmte Tenside werden als Emulgatoren oder Schaummittel in Lebensmitteln eingesetzt. Die zugelassenen Lebensmittelzusatzstoffe sind im Artikel Liste der in der Europäischen Union zugelassenen Lebensmittelzusatzstoffe aufgeführt.

In Waschmitteln und Kosmetika

In Waschmitteln, Spülmitteln, Shampoos, Duschgels usw. finden Tenside Verwendung, um die „Löslichkeit“ von Fett- und Schmutzpartikeln, die in der Wäsche oder am Körper haften, in Wasser zu erhöhen. Sie bilden die wichtigste Komponente in Kosmetika, um fetthaltige Hautcreme herzustellen.

In der Biochemie

In der Biochemie werden Tenside unter anderem zur Denaturierung von Proteinen und zur Solubilisierung von Membranproteinen genutzt:[2]

- Natriumlaurylsulfat (SLS oder SDS)
- Cetyltrimethylammoniumbromid (CTAB)
- Octoxinol-9
- Polysorbat 20
- Polyalkylenglykolether
- Salze von Gallensäuren, wie Cholat oder Desoxycholat
- Digitonin
- Dodecylmaltosid
- Octylglucosid

In den Geowissenschaften

In Geologie und Paläontologie werden Tenside oft zum schonenden Aufbereiten von Sedimentproben benutzt. Mithilfe dieser Methode kann beispielsweise verhindert werden, dass es in pyrithaltigen Proben zur Bildung von schwefliger Säure kommt, was der Fall wäre wenn sie mit dem sonst zur Probenaufbereitung verwendeten Wasserstoffperoxid aufbereitet würden.

In der Technik

Kunststofftechnik

Eine spezielle Anwendung finden Tenside in der Kunststofftechnik. Hier werden wässrige Tensidlösungen eingesetzt, um die Anfälligkeit von polymeren Werkstoffen auf Spannungsrissbildung zu prüfen. Weiterhin werden Tenside eingesetzt, um die Versagenszeit von Langzeitversuchen zu verkürzen; insbesondere bei Risswachstumsversuchen an Polyethylen findet dies Anwendung. Beim Full Notch Creep Test zur Prüfung von Polyethylen-Rohrleitungen werden Netzmittel eingesetzt.

Ionische Tenside fungieren auch als externe Antistatika, um die elektrostatische Aufladung von Kunststoffoberflächen zu verhindern. Dafür werden sowohl anionische als auch kationische Tenside verwendet.

Metallbearbeitung

Tenside sind hier Bestandteil in wassergemischten Kühlschmiermitteln.

Fotografie

Hier lassen sich Trocknungsflecken und Schlieren bei der Filmentwicklung verhindern.

Papierrecycling

Tenside helfen beim Papierrecycling zur Ablösung der Druckfarbenteilchen von den Papierfasern und beim Transport der Druckfarbe an die Oberfläche beim Deinking (Druckfarbenentfernung).

Werkzeugreinigung

Eine wichtige Rolle spielen sie auch bei der Werkzeugreinigung.

In der Natur

Bestimmte Raupen von Insekten bespucken Fressfeinde mit einem Tensid-haltigen Sekret. Dies wirkt abschreckend auf die angreifenden Ameisen und ermöglicht den Raupen die Flucht. Beobachtet wurde dieses Verhalten bei Raupen der aus Südostasien stammenden Mottenart *Spodoptera exigua*.

In der Brandbekämpfung

Eine Methode zur Brandbekämpfung ist das Löschen mit „entspanntem Wasser“, auch bekannt als „Netzwasser“, das heißt Wasser mit einer stark verringerten Oberflächenspannung. Dies bringt zum einen den Vorteil mit sich, dass das Löschwasser besser in brennende Materialien wie Holz oder Stoff eindringen kann und somit einen noch besseren Kühleffekt nach sich zieht. Zum anderen kann mit oberflächenaktiven Substanzen versetztes Löschwasser wegen ihrer Wirkung als Fließverbesserer bei gleicher Pumpleistung das Wasser über eine größere Distanz gespritzt werden. Letzterer Effekt wird jedoch nicht bewusst genutzt. Spezielle Schaummittel (Aqueous Film Forming Foam (AFFF)) zur Bekämpfung von Flüssigkeitsbränden enthalten perfluorierte Tenside, die zwischen Brandgut und Schaum einen gasdichten Flüssigkeitsfilm ausbilden, der dem Schaumteppich gleichzeitig bessere Gleiteigenschaften verleiht und so ein Löschen von größeren Flüssigkeitsbränden erst ermöglicht.

Wirtschaftlicher Stellenwert

Die Weltproduktion an Tensiden lag im Jahr 2000 bei 10,5 Millionen Tonnen. Bis zum Jahr 2010 wird eine Produktionsmenge von 14,3 Millionen Tonnen an Tensiden erwartet. Anionische Tenside (56 % der Weltproduktion an Tensiden) und nichtionische Tenside (35 % der Weltproduktion an Tensiden) sind die ökonomisch wichtigsten Tensidklassen.[3]

Literatur

- Bernd Fabry: *Tenside - Eigenschaften, Rohstoffe, Produktion, Anwendungen.* Angewandte Chemie 25(4), S. 214–222 (1991), ISSN 0044-8249 [4]
- Fredric M. Menger, Jason S. Keiper: *Gemini -Tenside.* Angewandte Chemie 112, S. 1980–1996 (2000), ISSN 0044-8249 [4]

Weblinks

- Calbiochem Booklet: Detergents [5] – Detergentien in der Biochemie (PDF-Datei; 583 kB)
- Lernhilfen zum Thema Waschmittel und Tenside [6]

Referenzen

[1] Bernd Fabry: *Tenside, Eigenschaften, Rohstoffe, Produktion, Anwendungen.* In: *Chemie in unserer Zeit.* 25, Nr. 4, 1991, S. 214-222, doi: 10.1002/ciuz.19910250407 (http://dx.doi.org/10.1002/ciuz.19910250407).

[2] Calbiochem Booklet: Detergents (http://www.emdbiosciences.com/SharedImages/TechnicalLiterature/1_Detbooklet_2001.pdf) (PDF)

[3] Karl Winnacker, Leopold Küchler, Roland Dittmeyer: *Ernährung, Gesundheit, Konsumgüter.* In: *Technische Chemie.* Bd. 8, Wiley-VCH, 2005, ISBN 3-527-30773-7, S. 795 ff..

[4] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0044-8249

[5] http://www.emdbiosciences.com/SharedImages/TechnicalLiterature/1_Detbooklet_2001.pdf

[6] http://www.klassenarbeiten.de/oberstufe/leistungskurs/chemie/waschmitteltenside/waschmittelseifen.htm

Terpentin

Als **Terpentin** (Balsamöl, Kiefernöl) werden die frischen Harzausflüsse verschiedener Koniferen, wie insbesondere von Kiefern (*Pinus*), bezeichnet. Sie sind Gemische von Harz und ätherischen Ölen, die zu den Balsamen gehören.Sie gehen erst beim Eintrocknen unter Verlust der flüchtigen Stoffe in Harz über.

Terpentin ist eine farblose bis gelbliche, meist cremige Flüssigkeit, deren Hauptbestandteile Harzsäuren sind. Als flüchtige Bestandteile findet sich hauptsächlich 2-Pinen, 2(10)-Pinen, 3-Caren und andere monocyclische Monoterpene in, je nach Herkunft, sehr unterschiedlichen Anteilen.[1] Terpentin ist gesundheitsschädlich und umweltgefährdend. Die CAS-Nummer für das Gemisch lautet 9005-90-7.

Terpentinöl (auch *Terpentinspiritus* oder ebenfalls *Terpentin*) wird durch Destillation aus Terpentin gewonnen. Es ist ein sehr flüchtiges, öl- und harzlösendes Mittel. Die CAS-Nummer hierfür lautet 8006-64-2. Der Destillationsrückstand heißt Kolophonium.

Eigenschaften

In Wasser ist das Harz unlöslich, kann jedoch in Öl, Alkohol und Laugen gelöst werden. Die Gesundheitsschädlichkeit des Gemisches ist stark vom Gehalt an Pinenen und 3-Caren abhängig.

Gewinnung

(siehe auch Artikel Pecherei)

Zur Gewinnung der zwischen Holz und Rinde oder in besonderen Hohlräumen des Baums gebildeten Ausscheidungen wird die Rinde senkrecht rinnenartig eingeschnitten und am unterem Ende der Einschnitte die Masse in besonderen Vertiefungen oder untergestellten Gefäßen aufgefangen. Eine andere Möglichkeit ist das Anbohren der Stämme. Die Löcher werden mit einem Pfropfen verschlossenen und der Balsam von Zeit zu Zeit ausfließen gelassen. Die Gewinnung beginnt im Frühjahr und dauert bis in den Herbst. Bei Bäumen mit dicker Rinde, die der Sonne ausgesetzt sind, ist der Ertrag am größten.

Reinigung

Die gesammelte, oft durch Erde, Sand, Nadeln und Rindenstückchen verunreinigte Masse wird durch Schmelzen bei niedriger Temperatur verflüssigt, durch grobe Tücher oder eine Strohschicht geseiht und danach in Fässer gefüllt. In den Vereinigten Staaten setzt man sie einfach in Fässern mit durchlöchertem Boden der Sonnenwärme aus, worauf das reine Terpentin von selbst abtropft. Auch in Frankreich wird Terpentin auf diese Weise gereinigt. Die dickflüssige Sorte heißt *Pâte de térébenthine au soleil*, die dünnflüssige *à la chaudière*.

Arten

Die Terpentine sind honigdicke, sehr zähflüssige, je nach der Herkunft klare oder trübe, aromatisch riechende und schmeckende Massen, die trotz der weitestgehend gleichen Zusammensetzung, in Konsistenz, Färbung, Geruch und Ölgehalt doch Abweichungen zeigen. Nach den Ursprungsländern werden sie in folgende Handelssorten unterschieden, wobei die hochwertigen auch „Edelterpentine“ genannt werden:

- Das gewöhnliche, gemeine oder deutsche Terpentin (lat. *Terebinthina communis*) wird hauptsächlich aus der Waldkiefer *Pinus sylvestris*, seltener aus der Weiß- („Straßburger Terpentin“) und Rottanne (Gemeine Fichte *Picea abies*) gewonnen. Es ist von zäher, etwas körniger Konsistenz, gelblichweiß gefärbt und trübe sowie von stark harzigem Geruch und bitterlich würzigem Geschmack. Österreichisches Terpentin (lat. *Terebinthina austriaca*) stammt von der Schwarzkiefer *Pinus nigra*, die besonders im Wienerwald verbreitet ist, und aus Niederösterreich in sogenannten Lägeln, kleinen ovalen Fässern, versandt wird. Französisches Terpentin nennt man besonders die Abscheidung der Seekiefer (*Pinus pinaster*), die in verschiedenen Gegenden Südfrankreichs Wälder bildet. Es ist dünnflüssiger und feiner und hat einen angenehmen Geruch. Das amerikanische Terpentin des *Pinus palustris* unterscheidet sich vom gewöhnlichen nicht wesentlich und fällt daher in dieselbe Gruppe.
- Die beste Sorte des Terpentins ist das venezianische oder Lärchen-Terpentin (lat. *Terebinthina veneta*), das hauptsächlich in Tirol, Kärnten, Steiermark und weiter östlich bis nach Ungarn von der Europäischen Lärche, *Larix decidua*, gewonnen wird. Doch gibt es auch in der Provence Lärchenwälder, die echtes venezianisches Terpentin liefern. Die dickflüssige, klebrige, ziemlich durchsichtige Masse ist nur schwach gelblich gefärbt, stark fadenziehend und langsam trocknend. Es hat einen harzig-würzigen, etwas zitronenartigen Geruch. Aus Lärchenzapfen ausgekochtes Terpentin ist minderwertig. Sein zurückbleibendes Harz ist splittrig und wird durch atmosphärische Einflüsse angegriffen.
- Nordamerika erzeugt die feinste aller Terpentinarten, das *kanadische Terpentin*, bekannt unter dem Namen *Kanadabalsam*.
- Die sonst noch vorkommenden Terpentine, wie ungarisches und zyprisches Terpentin von der *Pistacia terebinthus*, haben wenig Bedeutung. Italienisches Terpentin (lat. *Terebinthina italica*) stammt aus denselben Gegenden wie das venezianische, ist aber dunkler an Farbe.

Verwendung

Terpentin dient hauptsächlich dazu, Harze weicher und geschmeidiger zu machen, und wird daher als Zusatz für Siegellacke, Harzfirnisse, Lacke, Kitte und Ätzgründe verwendet. Zur Herstellung von Lack kann nur die wasserfreie Venezianer Sorte benutzt werden, da sonst trübe Lacke entstehen. Sie verbrennt im Gegensatz zum gewöhnlichen wasserhaltigen Terpentin ohne prasselndes Geräusch. Weiter wird Terpentin häufig als Zusatz zu Salben, Pflastern und Hufkitt sowie in der Medizin verwandt. Außerdem bildet es den Rohstoff zur Herstellung von Terpentinöl und Kolophonium. Weiterhin wird es als wichtiges Binde- und Verdünnungsmittel in der Ölmalerei verwendet. Früher wurden Marmorwaschtische, Bodenbeläge usw. mit einer Mischung aus Bienenwachs und Terpentin eingepflegt. In der Restaurierung wird dieses Verfahren immer noch genutzt.

Siehe auch

- Natürliches Harz

Referenzen

[1] Römpp CD 2006

Terpentinöl

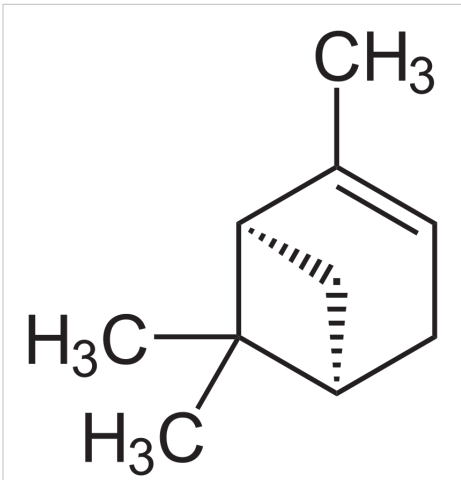
Terpentinöl (auch als Balsamterpentinöl, echtes Terpentinöl, Kienöl oder Terpentingeist bezeichnet, lateinisch *Oleum terebinthinae*), umgangssprachlich häufig auch einfach *Terpentin*, wird durch Destillation aus dem Harzgemisch Terpentin gewonnen.

Bei völligem Austreiben des Wassers hinterbleibt Kolophonium. Das übergegangene Öl wird nach erfolgter Schichtentrennung von dem Wasser abgelassen und zur Entfernung mitgerissener Farbstoffe, Harze und Säuren (Ameisensäure) nochmals mit Wasser und etwas Kalk destilliert.

Terpentinöl wird beispielsweise als Verdünner und Lösungsmittel für Anstrichmittel (Farbe), aber z. B. auch für medizinische Anwendungen eingesetzt. Als preiswertere Alternative (*Terpentinersatz*) wird heute häufig Testbenzin verwendet.

Eigenschaften

Terpentinöl erscheint als eine farblose, leichte und leichtflüchtige, stark riechende und brennend schmeckende Flüssigkeit, die mit rußender Flamme brennt und in Ether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Petrolether und 5 - 10 Teilen 90 prozentigen Alkohols, jedoch nicht in Wasser löslich ist.



Struktur des Pinen-Isomers (+)-α-Pinen

Das *spezifische Gewicht* beträgt 0,860 - 0,877, die *Siedetemperatur* 155 - 165°.[1]

Französisches Terpentinöl ist stark linksdrehend, amerikanisches rechtsdrehend (siehe optische Aktivität), nur ganz vereinzelt finden sich schwach linksdrehende Öle. Beide im übrigen gleichwertigen Öle bestehen aus Gemischen isomerer Terpene (zum allergrößten Teil Pinen), die in flachen Gefäßen an der Luft nur teilweise verdunsten und einen durch Sauerstoffaufnahme veränderten Rest (Dickö l der Porzellanmaler) hinterlassen, schließlich aber zu einem harten durchsichtigen Firnis eintrocknen (verharzen). Auf dieser Eigenschaft beruht die Verwendung des Terpentinöl als Bindemittel für Farben.

Verwendung

Terpentinöl löst die meisten Harze, auch Kautschuk, Schwefel und Phosphor, mischt sich mit ätherischen und fetten Ölen und Firnis und wird daher vielfach in der Technik, besonders zur Herstellung von Lacken, zum Verdünnen von Ölfarben und zum Verfälschen ätherischer Öle benutzt. Weiter dient es zur Entfernung von Fettflecken und zum Bleichen von Stoffen, die Chlor nicht vertragen, wie beispielsweise Elfenbein. In hochwertiger Schuhcreme wird es ebenfalls verwendet.[2] [3]

In der Medizin wurde es für reizende und zerteilende Einreibungen verwendet, sowie bisweilen tropfenweise innerlich verordnet.[4] Als Verfälschungsmittel hat man besonders höher siedende Petroleumdestillate, Harz- und Kampferöle beobachtet, die sogar als selbständige Waren unter dem Namen künstliches oder Patent-Terpentinöl (Larixolin, Paintoil) im Handel erscheinen und für manche Zwecke verwendbar sind. Sie verringern aber wegen zu großer Flüchtigkeit die Haltbarkeit der Lackanstriche und haben den Nachteil des üblen Geruchs und der Feuergefährlichkeit. Zu ihrem Nachweis genügt die Bestimmung des spezifischen Gewichts, des Entflammungspunktes und besonders der Refraktion. Die im Terpentinöl enthaltenen Aromaten (Terpene) gelten als allergieauslösend bzw. -verstärkend.[5] Als alternatives Lösungsmittel kann Testbenzin verwendet werden.

Herkunft

In Merck's Warenlexikon, das bis 1922 erschien, wurden verschiedene Terpentinölqualitäten anhand der Herkunft unterschieden:

Außer dem französischen und amerikanischen Terpentinöl ist das deutsche (russisch-polnische) Terpentinöl, das richtiger als Kienöl (lat. *oleum pini, seu terebinthinae germanicum*, frz. *Essence de pin*, engl. *pine oil*) bezeichnet wird, eine wichtige Handelsware. Es wird bei der Teerschwelerei aus dem Wurzelholz der Wald-Kiefer, *Pinus sylvestris*, gewonnen, zeigt eine gelbliche Farbe, sowie ziemlich starken, unangenehmen Geruch und trocknet nicht so schnell wie amerikanisches oder französisches Terpentinöl. Das Kienöl ist daher zum Mischen mit Lacken nicht geeignet, für Ölfarben nur, wenn es sich um äußere Anstriche handelt, da sein Geruch zu unangenehm wirkt. Es kommt aus Polen und Österreich in den Handel.[6]

Des Weiteren seien noch spanisches, griechisches, österreichisches, venezianisches und indisches Terpentinöl als besondere Sorten genannt. Das spanische Terpentinöl stimmt mit dem französischen überein und hat neuerdings an Bedeutung gewonnen. Das griechische Terpentinöl, aus dem Terpentin der Aleppo-Kiefer, *Pinus halepensis Miller*, ist durch starke Rechtsdrehung ausgezeichnet (etwa +40°). Das österreichische (Neustädter) Terpentinöl stammt von der Schwarzkiefer, *Pinus nigra*, das venezianische von der Europäischen Lärche *Larix decidua* und das indische von *Pinus longifolia Roxb.*. Im Gegensatz zu den übrigen Terpentinölsorten enthält das indische Terpentinöl nur wenig Pinen, dagegen als Hauptbestandteil Sylvestren.[7]

Verwandte Öle

Dem Terpentinöl verwandte Öle sind:

1. Templin- oder Edeltannenzapfenöl, das aus den Zapfen von *Abies alba Mill.* (Weißtanne) gewonnen wird (lat. *oleum templinum*, frz. *essence de templinum*, engl. *templin oil*). Als Herkunftsgebiete kommen vor allem die Schweiz und Thüringen in Betracht. Es hat ein spezifisches Gewicht von 0,851 bis 0,870 und eine Drehung von -60 bis -84° und besteht zum größten Teil aus Linkslimonen.
2. Edeltannennadelöl siehe unter Tannennadelöl.
3. Latschen- oder Krummholzöl (s. d.).
4. Fichtennadel- oder Kiefernnadelöl (s. d.).

Diese vier Öle werden vor allem in der Parfümherstellung und als Einreibungsmittel verwandt.

Siehe auch

- EG-Sicherheitsdatenblatt für Terpentinöl [8], vom 08. Juli 2009, abgerufen am 08. Februar 2010

Referenzen

[1] Brockhaus ABC Chemie in zwei Bänden, VEB F. A. Brockhaus Verlag Leipzig, 1965, Seite 1388.
[2] Balsamterpentinöl, Terpentinöl (http://www.kremer-pigmente.de/shopint/PublishedFiles/70010.pdf), Informationen eines Pigmente-Herstellers, abgerufen am 08. Februar 2010
[3] www.uni-protokolle.de *Terpentinöl* (http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Terpentinöl.html), basierend auf Merck's Warenlexikon (erschienen bis 1922), abgerufen am 08. Februar 2010
[4] heilpflanzen-welt.de: Terpentinöl als Heilmittel (http://www.heilpflanzen-welt.de/buecher/BGA-Kommission-E-Monographien/terebinthinae-aetheroleum-rectificatum-gereinigtes-terpentinoel.htm), abgerufen am 08. Februar 2010
[5] http://www.ivdk.gwdg.de/ivdk/doc/documents/IvdkAufgaben.pdf Information des Informationsverbundes Dermatologischer Kliniken (IVDK)9, abgerufen am 08. Februar 2010
[8] http://www.brillux.de/produkte/kat1/sdb-pdfs/de/s0321.pdf

Thermisch modifiziertes Holz

Thermisch modifiziertes Holz (englisch: **Thermally Modified Timber**, kurz TMT) ist das Endprodukt einer thermischen Behandlung (Erhitzen) von Holz auf mindestens 160 °C bei Sauerstoffmangel[1] . Der Begriff **Thermoholz** wird häufig synonym verwendet.[2] Ziel der thermischen Holzmodifikation ist es, technische Eigenschaften des Baustoffs Holz über den gesamten Holzquerschnitt für bestimmte Einsatzzwecke zu verbessern. So sorgt z.B. die durch Hitzebehandlung erzielte hohe Fäulnisresistenz dafür, dass sich auch heimische Hölzer für den Einsatz im Außen- und Nassbereich eignen, ohne dass nach kurzer Zeit Schäden durch Pilzbefall entstehen. Die verringerte Wasseraufnahmefähigkeit von Thermoholz reduziert die für Holz typische Neigung zum Quellen und Schwinden, Schüsseln und Reißen. Nach mehreren Jahrzehnten Forschung begannen die ersten industriellen Anlagen gegen Ende der 1990er Jahre in Finnland zu produzieren.

Holz von Fagus sylvatica aus unterschiedlich intensiven Behandlungsprozessen. 200°C, 190°C, unbehandelt (Rotkern)

Physikalische und chemische Prozesse

Chemisch handelt es sich bei TMT um das Ergebnis einer Teilpyrolyse in sauerstoffarmer Atmosphäre. Es werden für etwa 24 bis 48 Stunden Temperaturen von 170 °C bis 250 °C eingesetzt.

Dieses Verfahren ändert die OH-Gruppen (Hydroxylgruppen), die zwischen Hemizellulose und Lignin verbunden sind. Hemicellulose wird ab etwa 140 °C partiell abgebaut und kristallisiert in anderer Form wieder aus. Durch die Erhitzung des Holzes werden Acetylgruppen an den Hemicellulosen abgespalten und es bildet sich Essigsäure. Die Essigsäure wirkt als Katalysator beim Abbau der Hemicellulose und führt zur Abnahme des Polymerisationsgrades der Hemicellulosen. Ab etwa 150 °C wird auch alpha-Cellulose abgebaut. Durch Ligninkondensation steigt der relative Ligninanteil im Holz.[2] Das Holz wird „karamellisiert“. Flüchtige Stoffe wie Harze und Abbauprodukte der Hemicellulose und des Lignins wie z. B. Furfural und 5-Methylfurfural werden ausgetrieben.

Die thermische Modifizierung ist abzugrenzen von anderen Verfahren der Holzmodifizierung wie Dämpfung (etwa von Buchenholz) oder Räucherung.

Eigenschaften

Durch die Umwandlung bzw. Besetzung freier OH-Gruppen werden Schwind- und Quellmaß in tangentialer, axialer und radialer Richtung um bis zu 70 % verringert. Auch eine Erhöhung der natürlichen Dauerhaftigkeit gegen tierische und pilzliche Holzschädlinge wurde festgestellt. Bei Verwendung von Rotbuchenholz erreicht thermisch modifiziertes Holz je nach Intensität des Thermo-Prozesses bis Dauerhaftigkeitsklasse 1, bei Fichtenholz bis Klasse 2 und bei Eschenholz Klasse 1-2. Die Holzfarbe wird dunkler (durch den ganzen Querschnitt), ist jedoch nicht UV-beständig (Aufhellung). Die Temperaturbehandlung führt zu einer deutlichen Reduzierung des pH-Wertes auf 1,5. So wird den Mikroorganismen der Nährboden entzogen, und Wasser wird nur eingeschränkt aufgenommen.

Ein großer Unterschied besteht zwischen Thermonadelholz und Thermolaubholz. Die wärmebehandelten Nadelhölzer haben durch den Substanzabbau und durch den Harzaustritt eine reduzierte Dichte und sind sehr weich, was bei Laubhölzern nicht in dem Maße der Fall ist. Je nach Behandlungsintensität bzw. -methode verringern sich die Festigkeitswerte des Holzes durch die Behandlung. Insbesondere die Abnahme der Spaltfestigkeit kann hierbei kritisch sein.

Aufgrund der Veränderungen auf molekularer Ebene sind nicht alle Leime oder Beschichtungen, welche für das Ausgangsmaterial benutzt werden, auch für das thermisch modifizierte Holz verwendbar. Ein wichtiger Nachteil der Thermobehandlung ist die Abnahme der Biegefestigkeit und damit eine Verringerung der Tragfähigkeit des Holzes, was die Verwendungsmöglichkeiten einschränkt. Weiterhin erhält das Holz einen rauchigen Geruch, welcher aber mit der Zeit nachlässt.

Herstellungsverfahren

Es gibt diverse Verfahren zur Produktion von Thermoholz, die von Firmen und Forschungsinstitutionen ständig weiterentwickelt werden. Im großindustriellen Einsatz ist das auf Wasserdampf und Hitze basierende Stellac-Verfahren führend. Beim Oil-Heat-Treatment-Verfahren (Menz Holz) wird das Holz in reinem, bis zu 220°C heißem Pflanzenöl gebadet. Heizplatten übertragen beim Vakuum-Press-Trocknungs-Verfahren (timura Holz) die Wärme auf das Holz. Das Vorgehen nach dem Wasserdampf-Hitze-Verfahren, z.B. das russische BICOS- (Thermoholz Spreewald) und das finnische Stellac-Verfahren (Firstwood), ist am weitesten verbreitet. Die Firma Stellac Oy gilt als Pionier in der Forschung und Weiterentwicklung des Wasserdampf-Hitze-Verfahrens. Bereits seit dem Jahr 1990 arbeitete Stellac an der Entwicklung eines industriellen Produktionsprozesses zur Verbesserung von Holzeigenschaften auf Basis rein thermischer Behandlung der Holzzellstrukturen. Dieser kommt seit 1996 in ausgereifter Form in großtechnischen Thermokammern zum Einsatz. Während des langwierigen Fünf-Stufen-Prozesses wird das Holz schonend modifiziert, sodass durch starke, rasche Temperaturschwankungen verursachtem Reissen vorgebeugt wird. Das Holz durchläuft folgende Phasen: 1. Ersterwärmungsphase (auf 100°C); 2. Vorkonditionierung und Trockenphase (kontrollierte Reduktion der Holzfeuchte auf 0%); 3. Hochtemperaturphase (Erhitzung je nach Holzart und Veredelungsklasse auf bis zu 230°C); 4. Konditionierungsphase (Wiederherstellung des optimalen Feuchtigkeitsniveaus); 5. Abkühlphase. Der Stellac-Prozess ist voll automatisiert, so ist eine hohe Qualitätskonstanz gewährleistet.

Verwendung

Grundsätzlich sind alle Holzarten für die Thermomodifikation geeignet. Praktisch konzentriert sich dies auf folgende Hölzer: Erle, Buche, Eiche, Ahorn, Esche, Birke sowie Robinie bei den Laubhölzern sowie Fichte und Kiefer bei den Nadelhölzern. In thermisch modifiziertem Holz aus einheimischen Nadel- und Laubhölzern wird eine ökologische Alternative zu Tropenhölzern wie Bangkirai oder Teak gesehen. Das liegt zum einen an der Möglichkeit, thermisch modifiziertes Holz im Nass- oder Außenbereich einzusetzen, zum anderen an der dunklen Farbe, welche das Holz je nach Intensität der Thermobehandlung erhält. Ebenso bietet Thermoholz eine unbedenkliche Alternative in Anwendungsbereichen, in denen die Verwendung mit chemischen Schutzmitteln getränkten/imprägnierten Holzes

gängig ist. Typische Einsatzbereiche sind Terrassendielen und -möbel sowie Holzböden im Sanitär- und Saunabereich.

Da das Ausmaß der Tragfähigkeitsverringerung noch nicht ausreichend erforscht ist, stellt TMT (im Gegensatz zu konventionellem Bauholz) derzeit kein geregeltes Bauprodukt dar. Es darf daher ohne speziellen Verwendbarkeitsnachweis nicht für tragende und aussteifende Zwecke eingesetzt werden[3] .

Markt

Anteilig am gesamten Holzverbrauch nimmt Thermoholz eine marginale Größenordnung ein, zeigt jedoch hohe jährliche Wachstumsraten. So wird der Zuwachs der Europäischen Erzeugung zwischen 2000 und 2004 auf mehr als 300 % geschätzt. Mit (2004) etwa 40.000 m^3 und damit rund 75 % der europäischen Produktion ist Finnland das bei Weitem wichtigste Erzeugerland, gefolgt von den Niederlanden, Österreich und Frankreich.[4]

Die Hersteller nach dem finnischen ThermoWood-Verfahren geben für das Jahr 2007 Produktionszahlen von 72.000 m^3 an, von denen 19 % in Finnland vermarktet werden, 73 % in der restlichen EU und 8 % in weiteren Ländern. Die von diesen Produzenten mit Abstand am meisten verwendeten Hölzer sind Kiefer und Erle.[5]

Es gibt mehrere europäische Hersteller mit teils unterschiedlichen Verfahren: In Finnland Finnforest, StellacWood und StoraEnso (ThermoWood-Verfahren); in Österreich Mitteramskogler (Vergütung nach ThermoWood-Verfahren); in Deutschland Firstwood GmbH (Stellac-Verfahren), Menz-Holz (Öl-Hitze-Vergütung, OHT), timura Holzmanufaktur (Vakuum-Press-Trocknungs-Verfahren), Hagensieker/proGOODWOOD (Vergütung nach ThermoWood-Verfahren), Thermoholz Spreewald (Wasserdampf-Hitze, BICOS-Verfahren); in den Niederlanden Plato-Holz (Plato-Verfahren); in Frankreich NOW (Retification-Prozess).

Weblinks

- Informationen zu thermisch modifiziertem Holz (Institut für Holztechnologie Dresden) [6]
- Prüfbericht des Institutes für Holztechnik Dresden [7] (PDF-Datei; 449 kB)
- Verarbeitungsrichtlinien für thermisch modifiziertem Holz [8] (PDF-Datei; 111 kB)
- International ThermoWood Association [9]
- Anwendungsgebiete von Thermoholz [10]
- Holzmodifizierung [11] (PDF-Datei; 176 kB)
- Thermoholz verbessert die akustischen Eigenschaften von Musikinstrumenten [12]

Referenzen

[1] European Committee for Standardisation, 2007: Technical Specification prCEN/TS 15679 Thermal modified Timber - Definitions and characteristics (http://www.evs.ee/Checkout/tabid/36/screen/freedownload/productid/164205/doclang/en/preview/1/CEN_TS_15679;2007_en_preview.aspx) (pdf)

[2] TMT Merkblatt des Instituts für Holztechnologie Dresden gGmbH (http://www.tmt.ihd-dresden.de/fileadmin/download/Merkblaetter/Merkblatt_TMT_allg_160807_03.pdf) (PDF)

[3] Merkblatt des Instituts für Holztechnologie Dresden zur Verwendbarkeit von TMT für tragende und aussteifende Bauteile (http://www.tmt.ihd-dresden.de/fileadmin/download/Merkblaetter/Merkblatt20_Thermoholz_Verwendbarkeit_D_05.pdf)

[4] Thermoholz-Markt – Nachfrage noch klein. (http://www.raumausstattung.de/business/artikel-record_id-33189-Allgemein.htm) In: ParkettMagazin 05/04

[5] Finnish Thermowood Association: Thermowood Production Statistics 2007 (http://www.thermowood.fi/data.php/200804/098692200804290928_Production2007.pdf) (pdf)

[6] http://www.tmt.ihd-dresden.de/

[7] http://www.thermoholz.com/images/stories/PDF/thermoholzdresden.pdf

[8] http://www.mirako.at/upload/docs/merkblatt_thermoholzverarbeitung_2.0.pdf

[9] http://www.thermowood.fi/

[10] http://www.firstwood.de/thermoholz/thermoholz_anwendungsgebiete.htm

[11] http://heron.tudelft.nl/2004_4/Art5.pdf

[12] http://idw-online.de/pages/de/news205800

Thermoplastische Stärke

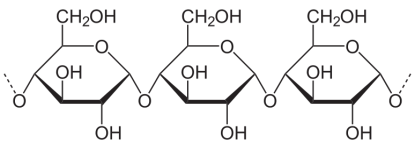
Thermoplastische Stärke (TPS) ist ein thermoplastisches Biopolymer, bei dem die als Rohstoff dienenden Stärkekörner destrukturiert werden. Mit einem Marktanteil von etwa 80 Prozent bildet thermoplastische Stärke den derzeit wichtigsten und gebräuchlichsten Vertreter der Biokunststoffe und wird aufgrund seiner Rohstoffbasis den Stärkepolymeren zugeordnet.

Verpackungschips aus thermoplastischer Stärke

Rohstoff Stärke

→ *Hauptartikel: Stärke, Stärke als nachwachsender Rohstoff*

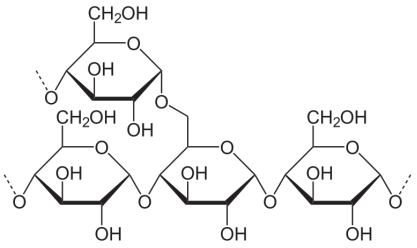
Stärke tritt in verschiedenen Geweben und veränderlichen Anteilen aller grünen Pflanzen auf. Sehr reich an Stärke sind die zur Reservestoffspeicherung dienenden Gewebe der Samen, Knollen, Zwiebeln und Rhizome sowie die Holzstrahlen und das Holzparenchym im Holzkörper der Bäume.



Ausschnitt aus einem Amylosepolymer

Stärkemoleküle bestehen aus D-Glucose-Einheiten, die über glykosidische Bindungen miteinander verknüpft sind. Stärke besteht zu

- 20–30 % aus Amylose, linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α-1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–80 % aus Amylopektin, stark verzweigten Strukturen, mit α-1,6-glykosidischen und α-1,4-glykosidischen Verknüpfungen.



Ausschnitt aus einem Amylopektinpolymer

Die Reservestärke unterscheidet sich durch ihre Großkörnigkeit von der feinkörnigen im assimilierenden Gewebe auftretenden Stärke. Sie bildet die Basis zur Gewinnung der Stärke aus stärkereichen Pflanzen. Die wichtigsten Pflanzen, die zur Gewinnung der Stärke als Rohstoff genutzt werden, sind Mais, Weizen und Kartoffeln in Europa, Afrika und Nordamerika sowieTapioka in Asien. Die Rohmasse wird von Beiprodukten wie Proteinen, Pflanzenölen und Pflanzenfasern gereinigt und entsprechend für die Nutzung vorbereitet.

Eigenschaften

Die Destrukturierung der Stärkekörner erfolgt während der Produktion im Extruder vorwiegend thermomechanisch und ist abhängig von der zugegebenen Wassermenge, den wirkenden Scherkräften sowie der Temperatur. Hinzukommt eine abhängig vom Wassergehalt stattfindenden thermochemische Verkleisterung durch die Wasseraufnahme der Stärkemoleküle.

Durch die Polarität der Bestandteile Amylose und Amylopektin kommt es in der destruktierten Stärke zu molekularen Wechselbeziehungen, die zu einer schweren Extrudierbarkeit sowie zu einem spröden Material führen. Um diesem entgegenzuwirken werden der Stärke zur Plastifizierbarkeit Hilfsstoffe wie Wasser und Weichmacher, bsp. Glycerin, zugegeben. Die Glasübergangstemperatur T_g, die bei reiner thermoplastischer Stärke bei einer Temperatur von etwa 80]nbsp;°C liegt kann auf diese Weise stark verringert werden, das Material wird zäher und

damit weniger spröde. Weitere Möglichkeiten der Optimierung stellen Mischungen mit anderen Polymeren dar, wodurch Stärkeblends entstehen.

Stärkeblend

→ *Hauptartikel: Stärkeblend*

Thermoplastische Stärke ist aufgrund ihrer für die Nutzung negativen Eigenschaft, Wasser aufzunehmen, im Regelfall nur eine der Komponenten, aus der moderne Biokunststoffe auf Stärkebasis hergestellt werden. Der zweite Grundbestandteil dieser Kunststoffblends besteht aus wasserabweisenden, biologisch abbaubaren Polymeren wie Polyester, Polyesteramiden, Polyesterurethanen oder Polyvinylalkohol.

Ein Kunststoffblend setzt sich demnach aus zwei Phasen zusammen, aus der kontinuierlichen und der hydrophoben Polymerphase, sowie aus der dispersen und hydrophilen Stärkephase. Während des Schmelzvorgangs im Extruder verbinden sich die wasserlösliche, disperse Stärkephase und die wasserunlösliche, kontinuierliche Kunststoffphase zu einem wasserfesten Stärkekunststoff.

Einsatz thermoplastischer Stärke

Reine Stärke besitzt die Eigenschaft Feuchtigkeit zu absorbieren und wird deshalb vor allem im Pharmabereich zur Erzeugung von Medikamentenkapselhüllen eingesetzt, wurde hier allerdings von der Hartgelatine weitgehend verdrängt. Um die leicht verfügbare Stärke auch thermoplastisch verarbeitbar zu machen, werden ihr natürliche Weichmacher und Plastifizierungsmittel wie Sorbit und Glycerin hinzugefügt. Diese Zusatzstoffe ermöglichen durch variierbare Dosierung eine spezifische, dem Verwendungszweck entsprechend angepasste Veränderung der Materialeigenschaften der sogenannten thermoplastischen Stärke.

Stärkeblends und –compounds werden je nach Einsatzgebiet individuell für ihre weitere Nutzung in der Kunststoff verarbeitenden Industrie entwickelt und produziert. Als Granulate lassen sie sich auf den vorhandenen Anlagen zu Folien, tiefziehbaren Flachfolien, Spritzgussartikeln oder Beschichtungen verarbeiten. Beispiele dafür sind Tragetaschen, Joghurt- oder Trinkbecher, Pflanztöpfe, Besteck, Windelfolien, beschichtete Papiere und Pappen. Auch durch chemische Veränderung wie die Umsetzung zu Stärkeestern oder Stärkeethern mit hohem Substitutionsgrad kann Stärke thermoplastisch modifiziert werden. Diese Verfahren haben sich aber wegen der damit verbundenen hohen Kosten bislang noch nicht durchgesetzt.

Literatur

- Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths: *Technische Biopolymere.* Hanser-Verlag, München 2009. ISBN 978-3-446-41683-3.
- Jürgen Lörcks: *Biokunststoffe. Pflanzen - Rohstoffe, Produkte.* Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2005 (PDF-Download [1])
- P. Eyerer, P. Elsner, T. Hirth (Hrsg.): *Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften.* 6. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg 2005; Seiten 1444-1448. ISBN 3-540-21410-0
- Jörg Müssig, Michael Carus: *Bio-Polymerwerkstoffe sowie holz- und naturfaserverstärkte Kunststoffe.* In: *Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe Teil II.* Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2007 (PDF-Download [1])

Referenzen

[1] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_281marktanalyse-ii-komplett.pdf

Tiereinstreu

Tiereinstreu, **Einstreu** oder **Streue** (im Unterschied zu Streu) bezeichnet Materialien, die in der Tierhaltung genutzt werden, um auf dem Boden von Stallungen und Käfigen den Boden abzudecken und die Ausscheidungen der dort lebenden Tiere aufzunehmen. Ist die Einstreu mit tierischen Ausscheidungen gesättigt, spricht man von Mist. Einen ähnlichen Zweck erfüllt die Katzenstreu in Katzentoiletten.

Einstreu aus Stroh in einem Pferdestall

Materialien und Anwendungen

Verwendet werden organische und mineralische Materialien, meist kostengünstige landwirtschaftliche oder industrielle Nebenprodukte oder preiswerte Rohstoffe. Zu den traditionellen und weit verbreiteten Materialien zählen (Getreide-)Stroh, Holzspäne aus Harthölzern wie Buchen oder Espen und aus Weichhölzern wie Kiefern und Zedern sowie Sand. Weitere organische Materialien für Tiereinstreu sind Streuweisen, Schäben aus der Hanf- und Flachsproduktion.
Vor der Einführung des Mineraldüngers war die Streugewinnung ein wichtiger Beständteil der bäuerlichern Ökonomie. Sie diente nicht nur zur Einstreu in Stallungen sondern war, nach diesem Gebrauch versetzt mit tierischen Kot und Urin als Mist der einzig zur Verfügung stehende Dünger. Daher wurden Streuwiesen bewusst angebaut und die dort meist hochwüchsigen Stauden im Herbst gemäht, in Heidegebieten wurde das Heidekraut abgeplaggt. Auch die Gewinnung von Streu aus Niederforsten war ebenso wie die Verwendung des Strohs oder der Flachsfasern keine bloße Nebennutzung. Aus diesem Grunde sind die alten Getreidesorten hochwüchsig, während die neuen Züchtungen kleinwüchsig sind. Mit zunehmender Industrialisierung wurden auch deren Abfallprodukte wie z. B. Papier verwendet.

Bei der Auswahl spielen vor allem die Größe und Art der Haustiere eine Rolle. Wichtige Materialeigenschaften sind die Aufnahmefähigkeit der Einstreu für Flüssigkeiten, die Geruchsbekämpfung, die Lauf- und Liegeeigenschaften für die Haustiere, die möglichst geringe Staubentwicklung, die Eigenschaften in Bezug auf gegenüber Fäulnis, Schimmelbildung und Schädlingsbesiedelung. Die Möglichkeiten zur Entsorgung beziehungsweise Weiternutzung – in der Regel gemeinsam mit den Tierausscheidungen als Wirtschaftsdünger, bei Kleintieren in Haushalten teilweise auch als Bioabfall – sind ebenfalls entscheidend für die Materialwahl.

Großtierhaltung

Bei der Großtierhaltung, vor allem bei Rindern, Pferden und Schweinen in landwirtschaftlichen Betrieben, kommt vor allem Stroh zum Einsatz, daneben auch Sägespäne und überständiges Heu unter anderem von Streuwiesen. Bei der Pferdehaltung werden zudem Flachs- und Hanfschäben genutzt, die gegenüber dem Getreidestroh eine geringere Anfälligkeit gegenüber Schimmelbefall und eine sehr hohe Absorptionsfähigkeit gegenüber Flüssigkeiten von bis zu 400 Prozent aufweisen. Flachsschäben werden von Pferden aufgrund der in ihnen enthaltenen Bitterstoffe nicht gefressen, Hanfschäben können dagegen vereinzelt gefressen werden und Koliken verursachen, so dass eine Vorbehandlung mit Essigwasser notwendig sein kann.

Kleintierhaltung

In der Kleintierhaltung, vor allem bei Kleinsäugern, werden vor allem Weichholzspäne verwendet, die im Tierhandel erhältlich sind. Hinzu kommt Wiesenheu, Papier und Sand sowie Hanfschäbenstreu. Bei Vögeln wird vor allem Einstreusand verwendet, wobei vor allem in der Geflügelzucht wiederum Hanfschäben eine Rolle spielen können. Für Hunde- und Katzenklos werden meist saugfähige Granulate auf mineralischer (Bentonit, Silikat) oder pflanzlicher Basis verwendet. Pflanzliche Katzenstreu besteht häufig aus Holz, Altpapier oder Stroh.

Literatur

- 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

Weblinks

- Fachartikel: Ist Kleintierstreu aus Weichholz schädlich? [1]

Referenzen

[1] http://www.hugro.de/de/startseite-artikel-und-berichte-ist-kleintierstreu-auf-weichholzbasis-schaedlich.pl

Topinambur

Topinambur
Topinambur (*Helianthus tuberosus*)
Systematik
Ordnung: Asternartige (Asterales)
Familie: Korbblütler (Asteraceae)
Unterfamilie: Asteroideae
Tribus: Heliantheae
Gattung: Sonnenblumen (*Helianthus*)
Art: Topinambur
Wissenschaftlicher Name
Helianthus tuberosus
L.

Topinambur (*Helianthus tuberosus*), gelegentlich auch **Erdbirne** (in Südbaden auch **Ross-Erdäpfel** genannt, weil sie Pferden verfüttert wurden) oder **Jerusalem-Artischocke**, ist eine Pflanze aus der Familie der Korbblütler (Asteraceae) und zählt zur selben Gattung wie die Sonnenblume (*Helianthus annuus*). Sie ist eine Nutzpflanze, deren Wurzelknolle primär in der Ernährung genutzt wird.

Der Name Topinambur leitet sich vom Namen des Indianischen Stamm Tipinambas ab, der Topinambur mit dem unaussprechlichen Hxiben benannte.[1] Mancherorts in Baden wird Topinambur auch nur als **Erdapfel** bezeichnet. Weitere Namen für die Topinambur sind: Borbel, Erdartischocke, Erdschocke, Erdsonnenblume, Ewigkeitskartoffel, Indianerknolle, Jerusalemartischocke, Kleine Sonnenblume, Knollensonnenblume, Rosskartoffel, Süßkartoffel oder Zuckerkartoffel.[2] Die Bezeichnung Erdbirne (Erdäpfel) wird in Süddeutschland, Österreich und in der Schweiz auch als Name für die Kartoffel verwendet.

Als *Topinambur* oder *Rossler* wird auch der aus der Pflanze hergestellte Branntwein bezeichnet.

Beschreibung

Einzeltrieb mit Blüte

Die mehrjährige krautige Pflanze wird bis zu drei Meter hoch.[3] Der Trieb ist einjährig und stirbt im Herbst ab.[4] Aus einer Knolle bilden sich mehrere aufrechte und verzweigte[1] Stängel, [3] an denen gestielte, eiförmige und raue Blätter sitzen. Diese werden sieben bis zehn Zentimeter breit und zwischen zehn und fünfundzwanzig Zentimeter lang. Stängel und Blätter sind rau und behaart.[2]

Die Blüten sind kräftig gelb mit vier bis acht Zentimeter Durchmesser. Blütezeit ist in Nord-Frankreich nicht vor Oktober,[4] In Zentraleuropa schon ab August.[1] Topinambur ist eine Kurztagspflanze und blüht erst wenn eine bestimmte Tageslänge unterschritten wird.[3] Die vier bis acht Zentimeter breiten, körbchenförmigen Blütenstände blühen im Zeitraum von August bis November. Sie sitzen in den Achseln der oberen Laubblätter. Die Zungen- und Röhrenblüten sind zwittrig. Als Frucht bilden die Blüten Achänen.[2]

Die Pflanze bildet für die Überwinterung Rhizome in denen Zucker eingelagert wird.[5] Die birnen-, apfel- bis spindelförmig Knollen entstehen an der Sprossbasis,[3] [2] die Knollenhaut ist von beige über gelb bis rosa gefärbt.[4] und das Fleisch der Knolle ist weiß. Sie erreichen eine Größe, die Kartoffeln entspricht.[6] Die Haut der Knolle ist im Gegensatz zu Kartoffeln fein und dünn.[7] Die Knollen ertragen Frost bis -30 °C, wobei der oberirdische Spross nur -5 °C aushält.[1]

Topinambur-Pflanze

Einordnung als Neophyt

Die Pflanze wuchert [5] und die enorme Wuchskraft bedingt, dass schon Bruchstücke der Knolle reichen, um neu auszukeimen.[1] und auch in Folgekulturen durchzuwachsen.[8]

In Mitteleuropa verwildert Topinambur häufig und kann – wie andere Neobiota beziehungsweise Neophyten – Probleme verursachen, da sie heimische Pflanzen verdrängt, selber aber nur wenige Fressfeinde hat. Im Juli und August bildet die Pflanze an den unterirdischen Ausläufern länglich-spindelförmige Knollen aus, die als Kohlenhydratespeicher dienen. Aus ihnen treiben im nächsten Frühjahr neue Sprossen. Die Pflanze ist daher in der Lage, in eine bestehende Pflanzengesellschaft einzudringen und aufgrund ihres raschen Höhenwachstums im Frühjahr, bei dem die anderen Pflanzen sehr stark beschattet werden, zu verdrängen. Die Stärke als Neophyt ist jedoch sehr vom Standort abhängig.

Herkunft und Geschichte

Topinambur stammt aus Nord- und Mittelamerika,[4] ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet wird in Mexiko vermutet. Heute ist die Art im zentralen und östlichen Nordamerika sowie in Mittelamerika verbreitet und gilt als Kulturpflanze der Indianer aus vorkolumbianischer Zeit.

Überlebende einer Hungersnot unter französischen Auswanderern in Kanada/Nordamerika schickten 1610 einige der unbekannten Knollen, die ihnen das Leben gerettet hatten, nach Europa. So kam sie auch 1612 nach Paris.[3] sowie in den Vatikan als Sammelplatz für Wunder aller Art. Fälschlicherweise benannten die Franzosen die Indianerkartoffel nach einem brasilianischen Indianerstamm, der zufällig gerade zu Besuch war: topinambour. Parallel einigten sich päpstliche Gärtner auf girasole articiocco (Sonnenblumen-Artischocke). Engländer konnten girasole nicht aussprechen und kreierten die Bezeichnung **Jerusalem-Artischocke**.

Zuerst wurde die Topinambur als Nahrungsmittel angebaut und die Knollen waren im 19. Jahrhundert ein wichtiges Nahrungs- und Futtermittel. Die Knolle genoss vor allem in Frankreich nach ihrer Einführung Anfang des 17. Jahrhunderts große Popularität. In Europa wurde die süßlich schmeckende Knolle wieder Mitte des 18. Jahrhunderts weitgehend von der ergiebigeren Kartoffel verdrängt.

Heute wird Topinambur in fast allen Kontinenten angebaut, Hauptanbaugebiete befinden sich in Nordamerika, Russland, Australien und Asien. Sie wird zudem nur noch mit geringer wirtschaftlicher Bedeutung in Südfrankreich und den Niederlanden angebaut. In der Schweiz wird sie im Seeland wieder seit 1978 erwerbsmäßig angebaut.[3] In Deutschland findet man nur kleine Anbaugebiete in Niedersachsen, Brandenburg und Baden. In Baden im Kreis Rastatt fanden sich 1990 noch etwa 200 ha im Anbau. In Dänemark wurden 1990 noch 15 bis 20 ha angebaut.[1] Heute wird die Knolle fast nur in Bio-Läden oder auf Wochenmärkten verkauft.[2] [9] In der Schweiz wird sie auch über die Einzelhandelsketten vermarktet.

Nutzung

Anbau und Ernte

Knollen gewaschen

Im erwerbsmäßigen Anbau wird Topinambur einjährig kultiviert. Er ist anspruchslos und stellt keine großen Anforderungen an seinen Standort, wobei auch nährstoffarme Böden genutzt werden können. Optimal sind Standorte mit pH-Werten zwischen 6,0 und 7,5.[1] Sehr gut folgt er in der Kulturfolge auf Kulturen, die lockeren Boden hinterlassen und er wächst vor allem auf lockerem, leicht sandigem Boden, Staunässe wird gemieden. Klimatisch kann die Pflanze von kühlen Gebieten wie Nordamerika und -europa bis weit in den Süden gedeihen,[7] auch für die Tropen ist er während der "kühleren" Jahreszeit geeignet.[10] Besonders geschätzt werden vollsonnige Standorte, Topinambur fühlt sich aber auch im Halbschatten wohl.

Die Neubepflanzung erfolgt im frühen Frühjahr (Februar-April). Während der sehr frühen Pflanzung kann die Kultur mit Vlies bedeckt werden, um das Austreiben zu beschleunigen.[11] Der Pflanzabstand in der Reihe beträgt 30 bis 40 cm und der Reihenabstand 60 bis 80 cm. Die Knollen werden auf eine Tiefe von 10 bis 12 cm abgelegt.[4] Es kann die gleiche Anbautechnik wie für Kartoffeln verwendet werden. Dazu werden die Reihen angehäufelt um das Treiben der Knollen zu

verfrühen das Aufnehmen der Knollen zu vereinfachen, da sie erhöht liegen. Für ein Hektar werden je nach Knollengröße 1,2 bis 2 t Knollen benötigt,[4] Das entspricht 0,2 kg/m² (20 kg/Are).[3] Die optimale Bestandsdichte beträgt 3 bis 5 Knollen/m².[2]

Knollen, sehr frühe Sorte wildwachsend, Ingelheim am Rhein

Topinambur benötigt vor allem zu Kulturbeginn Pflege durch Unkrautbekämpfung mittels jäten.[6] Danach überwuchert und verdrängt die Pflanze Unkraut, sodass es keine ertragsmindernde Rolle mehr spielt.[7] Werden zusätzlich noch die Blüten entfernt, kann der Ertrag um 10-12 % gesteigert werden, wobei die Knollen im Mittel von 3,8 g auf 4,4 g größer wurden.[12] Bei einer Kürzung der Gesamtpflanze kommt es dagegen zu einem Minderertrag.[13]

Obwohl die Pflanze auch auf nährstoffarmen Böden wachsen kann ist der Ertrag mit zusätzlicher Düngung höher. Frühere Versuche aus Frankreich und Deutschland (vor 1949) zeigen einen hohen Kaliumbedarf.[7] Topinambur benötigt zum Aufwuchs (in kg/ha Reinnährstoff) 100 Stickstoff, 50 P_2O_5, 150 K_2O. Wenn vorhanden, nimmt die Pflanze bis 150 kg/ha Stickstoff auf, aber ohne großartigen Mehrertrag.[1] Englische Untersuchungen geben gar nur 50 kg/ha Stickstoff an.[11] Vor allem das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile nimmt stark zu.[14] Der Nährstoffgehalt (= Nährstoffabfuhr durch Knollenernte) je dt Knolle beträgt 0,26 kg N, 0,14 kg P_2O_5, 0,62 K_2O und 0,02 kg MgO.

Knollen, sehr späte rote Sorte

Der Hauptzuwachs der Knollen erstreckt sich von Juli bis Oktober,[9] geerntet wird von November bis März/April vor dem Neuaustrieb der Knollen.[4] Nachdem die Blätter abfallen (Einfallen) werden die Stängel zur leichteren Ernte eingekürzt.[6] Die Erträge betragen ca. 600 dt/ha Knollen,[15] bei guter Kultur können auch bis zu 800 dt/ha erreicht werden und im Hausgarten sind Erträge von 2 bis 3 kg/m² üblich.[3] Für die Ernte sind stärker ausgelegte Maschinen nötig, weil die Knollen stärker mit der Pflanze verwachsen sind als Kartoffeln.[11] Im Gegensatz zu Kartoffeln verträgt die Topinamburknolle Frost, solang sie im Boden ist.[4] Um auch bei Frost ernten zu können, kann die Erde mit Stroh oder Laub bedeckt werden.[1] Nach der Ernte verbleibt meist ein Teil der kleineren Knollen im Boden, dieser dient für die nächstjährige Kultur. Topinambur bleibt für einige Jahre am gleichen Standort und wird jährlich abgeerntet. Erfolgt ein Kulturwechsel, wird am besten Wiese angesät, die mehrmals im Jahr gemäht wird. Das bringt den Wuchs der Topinambur zum Erliegen und sie verschwindet aus der Kulturfläche.

Vermehrung

Topinambur wird in der Regel vegetativ über Knollen vermehrt.

Die Vermehrung über Samen wurde 1904 durch Vilmorin auf Korsika versucht. Das Resultat war eine gelbe Sorte, die einen feineren Geschmack aber weniger Ertrag brachte.[4] Wegen des späten Blütezeitpunkts reifen die Samen in Mitteleuropa normalerweise nicht aus, so dass die Pflanzen ganz auf vegetative Vermehrung über die Wurzelknollen angewiesen sind. Auch die Vermehrung mittels Meristemkultur ist aus den aus Blättern gewonnenen Zellen zu Züchtungszwecken möglich.[1] In Gouadeloupe existiert eine Sorte ('Navet de Jérusalem'), die unter dortigem Klima besonders schnell innerhalb 90 Tagen Knollen bildet.[10]

Krankheiten und Schädlinge

Insgesamt wird Topinambur nur von wenigen Krankheiten und Schädlingen befallen, die selten ertragsmindernd sind. Fast jährlich ist Echter Mehltau und *Alternaria* anzutreffen aber nicht bekämpfungswürdig. Neben Mehltau kommt gelegentlich auch Rost vor.[11] Wenn großflächiger Anbau durchgeführt wird, kann der Krankheits- und Schädlingsdruck steigen.[1] Unter tropischen Bedingungen ist die Pflanze sehr empfindlich gegenüber der Becherpilz-Art *Sclerotium rolfsii*.[10] Sklerotinia führt zu vorzeitigem Welken der Pflanze und zum Faulen der Knolle. Deshalb sind Sklerotinia-empfindliche Vorkulturen wie Buschbohnen oder Kohlarten zu vermeiden.[11] Unter europäischen Bedingungen sind auch Wildschweine und Wühlmäuse als Schädiger anzutreffen.[14] . Bei zu hohen Dünger-, insbesondere Stickstoff-Gaben faulen die Wurzeln leichter.[2]

Nutzung

Ernährung

Der Geschmack der Topinamburknollen ist süßlich, die Konsistenz der Knolle wässrig und sie erinnert an Artischockenböden.[11] Die Knolle kann sowohl roh in Salaten als auch in Salzwasser gekocht verzehrt werden.[4] Auch frittiert wie Kartoffeln sind sie zum Essen geeignet.[11] Ebenso kann ein Saft als Getränk zubereitet werden.[3] Unter saurem Milieu kann dieser eingedickt werden und ergibt einen 90%igen Fructosesirup. Der goldgelb bis braune Topinambursirup wird als alternatives Süßungsmittel verkauft.[16]

Besonders hervorzuheben ist als Inhaltsstoff Inulin, ein Polysaccharid, das für Diabetiker besonders verträglich ist. Inulin aufgespalten ergibt Fructose mit 1,5 bis 2facher Süßkraft gegenüber Zucker (Saccharose). Inulin ist neben dem hohen Ballaststoffgehalt wichtig bei der Zusammenstellung von Diät-Mahlzeiten. Auch der Eiweiß-Gehalt ist mit 2 bis 3 % recht hoch.[16] Der Gehalt an Inulin ist zum Erntebeginn am höchsten und fällt nach und nach ab. Der Gesamtgehalt an Zuckerstoffen bleibt aber gleich.[9]

100 g Topinambur enthalten allgemein:						
kcal	kJoule	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlenhydrate	Ballaststoffe
31	130	78,465 g	2,44 g	0,41 g	4 g	12,5 g

100 g Topinambur enthalten allgemein:											
Broteinheiten	Linolensäure	Linolsäure	Mineralstoffe	Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Phosphor	Eisen	Zink	Kupfer
0,33 BE	44 mg	0,165 g	1,74 g	3 mg	478 mg	10 mg	20 mg	78 mg	3,7 mg	60 µg	0,150 mg

100 g Topinambur enthalten die Vitamine:												
A	B1	B2	B3	B5	B6	B7	B9	B12	C	D	E	K
2 µg	200 µg	60 µg	1,3 mg	60 µg	90 µg	1,7 µg	31 µg	0 mg	4 mg	0 mg	1,3-2 mg	0,023 mg

Da die Knollen nur eine dünne Haut haben, trocknen sie leicht aus und werden welk.[5] Anders als Kartoffeln sind sie deshalb nur wenige Wochen offen lagerbar.[7] Dies geschieht nach dem Kauf am besten foliert im Kühlschrank.[1] Nach der Ernte müssen die Knollen frostfrei gelagert werden, weil sie dann nicht mehr frosthart sind.[4] Die Luftfeuchte sollte zur Lagerung bei etwa 90% liegen.[11] Die Temperatur am besten nahe 1 bis 2 °C oder eingeschlagen in Erde. So sind sie einige Monate haltbar.[7] Bis zu 6 Monate Lagerung sind in Mieten in der Erde möglich.[14] Durch ein neuartiges Infrarot-Trocknungsverfahren kann küchenfertiges Topinambur erstmalig ganzjährig verfügbar gemacht werden.

Brennerei

Topinambur wurde schon Ende des 19. Jahrhunderts für das Brennen von Destillaten verwendet.[4] In Baden werden die Topinambur-Knollen zu einem Verdauungsschnaps, ebenfalls Topinamburbranntwein, „Topinambur“, „Topi“ oder auch „Rossler“ (abgeleitet von Ross-Erdäpfel) genannt, verarbeitet. Zur besseren Verträglichkeit werden gelegentlich andere Kräuter hinzugefügt, beispielsweise Blutwurz. Über 90 Prozent der in Deutschland gerodeten Topinamburknollen werden derzeit in Obstbrennereien zu Spirituosen verarbeitet.[17] Bei der Vergärung und anschließenden Destillation zu Spirituosen hat die Länge der Inulinmoleküle geringe Bedeutung, da nicht vergärbar.[18] Topinambur zählt laut Branntweinmonopol-Gesetz zu den Obststoffen.[18]

Badischer Rossler

Zuckerherstellung

In geringerem Maß hatte Topinambur auch Bedeutung als Rohstoff für die Fruchtzucker-Herstellung.[19] Interessant ist Fructose weil sie süßer als Zucker (Saccharose) oder Dextrose (Glucose) ist. Die Zuckergewinnung war jedoch recht schwierig und kostenintensiv und wurde um den Zweiten Weltkrieg nicht mehr weiterverfolgt.[7] Heute gibt es Techniken die es möglich machen leichter HFCS-Zucker (high fructose corn syrup) aus Topinambur herzustellen. Besonders weil der Gehalt an Fructose nach der Hydrolyse von Inulin in der Knolle schon hochprozentig vorhanden ist.[18]

Futterpflanze

Früher wurde auch den Haustieren (Vieh, Pferden, Schweinen) Topinambur verfüttert.[4] Die nahe verwandte Art *H. maximilianii* wird in den USA auch noch als Futterpflanze genutzt.[1] Heute befinden sich wieder Produkte als Zusatzfutter für Pferde und Kleintiere im Handel.[18] Für Schafe soll sie ein sehr gutes Futter sein.[20] Topinambur wurde in geringem Umfang auch als Futterpflanze für Wildfutter angebaut. Dort scharren vor allem Hasen, Rot- und Schwarzwild die Knollen aus dem Boden.[6] Vom Wild werden vor allem die Jungtriebe zur Äsung angenommen. An ausgewachsene Pflanzen geht Wild dagegen selten, da die Blätter offensichtlich zu rau sind. Wenn jedoch die Knollen freigelegt werden – zum Beispiel durch Hegearbeit von Menschen – sind sie eine beliebte Nahrung für Rehe. Neben Wildschweinen fressen auch Bisamratte, Wanderratte, Schermaus und Wildkaninchen diese Knollen. Da Topinambur vor allem die Uferbereiche von Fließgewässern besiedelt, kann es hier aufgrund der Wühltätigkeiten zu größeren Schäden an der Uferbefestigung kommen. Die Wühltätigkeit der Nager trägt außerdem zur Verbreitung der Pflanzen bei. Von Nagern freigelegte Knollen und Knollenbruchstücke werden durch Fließgewässer häufig verschwemmt und besiedeln dann andere Habitate neu. Auch wenn Topinambur heute als invasive Pflanze angesehen werden kann ist die Kultur weiterhin unter geregelten Bedingungen möglich.

Bioenergie

Aufgrund der guten Anbaueigenschaften und der hohen Biomasseproduktion kann Topinambur auch als Energiepflanze genutzt werden und spielt entsprechend als nachwachsender Rohstoff eine potenzielle Rolle.[1] Dabei lassen sich sowohl die vegetativen Teile als auch die Knollen zu Biogas und Bioethanol vergären oder zu Brennstoff trocknen und verarbeiten. Zur Nutzung für die Bioethanolherstellung sollten die Knollen einen Frost abbekommen habe, damit sich das enthaltene Inulin durch die dadurch aktivierte Inulase in fermentierbare Zucker umgewandelt werden kann.[8]

Für die Biogasnutzung ist eine mehrjährige Kultur möglich. Der Trockenmasseertrag (Kraut und Knollen) kann bis zu 30 Tonnen pro Hektar betragen. Mit ca. 8.140 Kubikmeter Biogas pro Hektar kann aus dem Krautertrag rund 10 Prozent weniger Biogas gewonnen werden als bei Silomaisanbau. Erntet man auch die Knollen, ist ein zusätzlicher Ertrag von etwa 2.150 Kubikmeter Biogas pro Hektar möglich. Allerdings gibt es erst seit wenigen Jahren Anbauerfahrungen mit Topinambur zur Energienutzung.[17] Bei der Veredelung zu Ethanol hat der Inulin-Ertrag und damit auch die Form der Inulinmoleküle kaum Einfluss.[18] Topinambur wird nur noch durch die Zuckerrübe bei der Bio-Ethanol-Herstellung geschlagen.[18]

Medizinische Bedeutung

Die Knollen sind bei Diabetikern beliebt, da sie zu 16 % aus Kohlenhydraten in Form des Mehrfachzuckers Inulin bestehen.[7] Topinambur ist seit 1922 auf dem Speiseplan flankierend zur Behandlung von Diabetes in Verwendung.[18] Inulin, der langkettige Zuckerstoff, kann nicht verdaut werden, weil die dazu nötigen Enzyme nicht vorhanden sind, und wirkt deshalb als Ballaststoff im Darm. Erst im Dickdarm kommt es zur Fermentierung. Wird Inulin regelmäßig mit der Nahrung aufgenommen, senkt das die Blutfettwerte und fördert die Anwesenheit von Bifidus.[9] Entsprechende Versuche wurden mit Absetzferkeln im Ersatz zu Leistungsförderern eingesetzt und förderten die Laktoflora-Bildung.[18]

In der Homöopathie wird Topinambur als Mittel zur Hemmung des Hungergefühls und der Gewichtsreduktion angewendet.[18] In Reformhäusern wird Topinambur als Kautablette oder Getränk verkauft, um, vor der eigentlichen Mahlzeit eingenommen, in Verbindung mit Wasser durch Aufquellen im Magen das Hungergefühl etwas zu dämpfen. Die Knolle enthält Betain, Cholin und Saponine, die als hemmend gegen Krebs angesehen werden.[14]

Weblinks

- Umfangreiche Unterlagen über neue Nahrungspflanzen, darunter Topinambur [21]

Referenzen

[1] G. Vogel: *Handbuch des speziellen Gemüsebaus - Topinambur*, 1996, ISBN 3-8001-5285-1. S. 152-159

[2] G. Vogel: *Gemüse-Biografien (8) - Topinambur*, In: Gartenbau Magazin, 1993, S. 53-54

[3] F. Keller, J. Lüthi und K. Röthlisberger: *Topinambur*, In: *100 Gemüse.*, Verlag LMZ, Zollikofen, 1986, S. 440, ISBN 3-906679012

[4] H.L. Vilmorin: *Topinambour*, In: *Les Plantes Potagères; Descroption et culture des Proncipaux Légumes des climats tempéré.*, Troisième Édition, 1904, S. 681-682.

[5] A. Lugeon: *Topinambour*, In: *La Culture des Légumes.*, Librairie Payot, Lausanne, 1945, S. 187-188

[6] L. Müller: *XII. Topinambur, Erdbirne*, In: *Gemüsebau - Ein Hand- und Lehrbuch für die gärtnerische Praxis.*, Druck: Verlagsgesellschaft mbH Heinrich Rillinger, Nordhausen am Harz, 1937?, S. 440

[7] H.C. Thompsen: *Jerusalem Artichoke*, In: *Vegetable Crops.*, Fourth edition, McBraw-Hill Book Company Inc., London, 1949, S. 210-211

[8] *Topinambur.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 664-665. ISBN 978-3-540-85094-6

[9] K. Stolzenburg: *Topinambur - gesunde Knolle, Wiederentdecktes Wintergemüse*, In: *Gemüse Nr. 11.*, 2003, S. 24-26

[10] C.-M. Messiaen: *Le Topinambour ou "Navet de Jérusalem"*, In: *Le potager tropical.*, 3ème edition refondu, Edition CILF, Paris, 1998, S. 479-480

[11] C. van Wijk: *Aardpeer: een zoete verrassing*, In: *Groenten & Fruit Week 34*, 2006, S. 40-41

[12] L.C. Westley: *The effect of Inflorescence Bud Removal on Tuber Production in Helianthus tuberosus L. (Asteraceae)*, In: *Ecology. No. 7 (Oct.)*, Vol. 74, 1993, S. 2136-2144

[13] S. Klug-Andresen: *Jerusalem Artischoke: A Vegetabel Crop Growth Regulation and Cultivars. In: Acta Horticulturae No. 318, 1992, S. 145-152*

[14] C. Wonneberger et al.: *Topinambur*, In: *Gemüsebau.*, Verlag Ulmer, 2004, ISBN 3-8001-3985-5, S. 192-193

[15] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

[16] L.E. Görner: *Die Inhaltsstoffe des Topinambur*, In: *Gemüse Nr. 7*, 1996, S. 455-456

[17] C.A.R.M.E.N. e.V.: Topinambur - Energiepflanze für Biogasanlagen. In: Newsletter "nawaros" 11/2007 (http://www.carmen-ev.de/dt/aktuelles/nawaros/nawa07/nawa1107.html#5), Straubing.

[18] K. Stolzenburg: *Qualität und markt bei Topinambur - 3. Topinambur-Fachtag an der LAP Forchheim*, In: *Gemüse Nr. 7.*, 2005, S. 31-32

[19] J.C. Gotthard: *Handbuch der praktischen Technologie oder Manufaktur-, Fabrik- und handwerkskunde - Drittes Kapitel: Die Zuckersiederei*, Druck: Hamburg und Mainz bei Gottfried Vollmer, Basel, 1805, S. 89-208
[20] F. Wimmer und C.F.H. Wimmer: *Flora von Schlesien: Handbuch zur Bestimmung und Kenntniss der phanerogamischen Gewächse dieser Provinz, nebst einer gedrängten Einleitung in die Pflanzenkunde.*, Druck: A. Rücker, 1832, S. 387.
[21] http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1195637_l1/index.html

Torrefizierung

Torrefizierung, auch **Torrefikation** (von lat. „*torrere*“ = *rösten, dürren*) bezeichnet die thermische Behandlung von Biomasse unter Luftabschluss bei relativ niedrigen Temperaturen von 250 bis 300 °C. Ziel ist die Erhöhung der gravimetrischen und volumetrischen Energiedichte und damit des Heizwerts des Rohmaterials, eine Steigerung der Transportwürdigkeit oder eine Reduzierung des Aufwands bei einem nachfolgenden Zermahlen von Biomasse.

Durchführung und Produkt

In dem rund 15 bis 120 Minuten dauernden Prozess wird Biomasse, meist Holz, zunächst vorgetrocknet und aufgeheizt, dann erfolgt eine teilweise pyrolytische Zersetzung. Dabei entweichen neben Wasser vor allem sauerstoffhaltige Verbindungen mit niedrigem Heizwert wie Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid und organische Säuren.

Durch Torrefizierung wird ein stabiler Wassergehalt von nur 3 % erreicht, die Masse wird um rund 30 % verringert, während der Energiegehalt nur um etwa 10 % abnimmt und Rauchgas erzeugende Stoffe entfernt werden. Der Heizwert des schwarzen, krümeligen Produkts liegt bei 19,9 bis 22,7 MJ/kg (Holz hat 10,5–17,7 MJ/kg).[1] Dieses kann leicht zu Pellets gepresst oder weiter zerkleinert werden.

Einsatz

Das Verfahren kommt zum Einsatz bei biogenen Festbrennstoffen, aber auch als Methode zur Produktion von witterungsresistentem thermisch modifiziertem Holz für Kontruktionszwecke. Die durch Torrefikation gewonnenen Pellets sind auch ein idealer Zusatzbrennstoff für Kraftwerke mit Kohlestaubfeuerungen.

Literatur

- Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* 2. Auflage. Springer, Berlin 2009, ISBN 9783540850946.
- James R. Arcate: *Torrefied Wood, an Enhanced Wood Fuel.* [2] Vortrag auf der Bioenergy 2002 in Boise, Idaho/USA, 22.–26. September 2002.
- P. C. A. Bergman u. a.: *Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations.* [3] ECN, Utrecht 2005.

Referenzen

[1] M. Kaltschmitt, H. Hartmann, H. Hofbauer (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.* 2. Auflage. Springer, Berlin 2009, ISBN 9783540850946, S. 708
[2] http://www.techtp.com/recent%20papers/BE2002.htm
[3] http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05013.pdf

Transportverpackung

Transportverpackungen bzw. **Versandverpackungen** sind Verpackungen, die den Transport von Waren erleichtern, die Waren auf dem Transport vor Schäden bewahren oder die aus Gründen der Sicherheit des Transports verwendet werden.[1]

Kompostierbares Luftpolster zum Schutz der Ware vor Beschädigungen, hergestellt aus dem Biokunststoff PLA-Blend.

Aufgaben

Transportverpackung sollen die Ware schützen und dabei möglichst geringe Kosten verursachen. Wichtige Aspekte sind das Handling der Verpackung sowie der verpackten Ware und die Entsorgung, außerdem die Eignung für Retouren und die Schonung von Ressourcen (kein Missverhältnis von Verpackung zur Ware). Bei gefährlichen Gütern (Gefahrgut, Gefahrstoffe) muss zudem der Schutz der Umgebung vor dem Inhalt sichergestellt werden.

Arten

Zu den Versandverpackungen zählen Behälter wie Fässer, Kanister, Kisten, Säcke, sowie Paletten, Kartonagen, geschäumte Schalen, Schrumpffolien und ähnliche Gebinde zu Transportverpackungen.[2]

Beispiele für Transportverpackungen sind:

- Papp-Paletten und Folien als Verpackung für Getränkedosen
- Kisten für Investitionsgüter, wie z. B. Maschinen, Motoren etc.
- Schachteln und Folien, die als Verpackungsmaterial für Möbel dienen
- Packstücke, in denen eine größere Stückzahl einer Ware zu Sammelgut zusammengefasst wird, wie z. B. Zahnpastatuben, Konserven.
- Füllmaterial wie Verpackungschips zum Schutz der Ware vor Beschädigungen

Rücknahmepflicht

Laut deutscher Verpackungsverordnung sind die Hersteller seit Dezember 1991 zur Rücknahme der Verpackungen verpflichtet, die wiederverwendet oder der stofflichen Wiederverwertung zugeführt werden müssen. Transportverpackungen aus Nachwachsenden Rohstoffen dürfen auch energetisch verwertet werden. Bis Ende 2012 sind Kunststoffverpackungen aus kompostierbaren biologisch abbaubaren Werkstoffen von der Rücknahmepflicht befreit.[3]

Normen und Standards

In Deutschland ist die Verpackungsverordnung zu beachten, in Österreich gilt die Versandbehälterverordnung von 2002 (BGBl. II Nr. 202/2002 [4]). Für die Verpackung von Gefahrgut sind zudem die Normen des internationalen Gefahrgutrechts[5] wie auch des Gefahrstoffrechts einzuhalten.

Weblinks

- Transport-Informations-Service [6] Fachinformationen rund um das Thema Verpackung

Referenzen

[1] Verpackungsverordnung, §3, 1.4 (http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/verpackv_lesef.pdf)
[2] etwa: § 3 Abs. 1 Satz 1 deutsche Verpackungsverordnung
[3] Verpackungsverordnung, §§ 6, 7 und 16 (http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/verpackv_lesef.pdf)
[4] http://www.ris2.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?QueryID=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20001982
[5] *Merkblatt Gefahrgut-Transporte.* (http://www.landi.ch/files/gefahrgut-transporte.pdf) landi.ch, abgerufen am 14. Juni 2008 (pdf, Deutsch).
[6] http://www.tis-gdv.de/tis/verpack/inhalt1.htm

Triticale

x Triticale
Triticale auf einem Feld
Systematik
Unterklasse: Commelinaähnliche (Commelinidae) *Ordnung:* Süßgrasartige (Poales) *Familie:* Süßgräser (Poaceae) *Unterfamilie:* Pooideae *Gattung:* x Triticale
Wissenschaftlicher Name
Triticale
Muntzing

Triticale (x *Triticosecale*) ist ein Getreide. Es ist eine Kreuzung aus Weizen (*Triticum aestivum* L.) als weiblichem und Roggen (*Secale cereale* L.) als männlichem Partner. Der Name ist aus *TRITIcum* und *seCALE* zusammengesetzt. Die umgekehrte Kreuzung ergibt Secalotricum. Geschmack und Inhaltsstoffe der Triticale liegen zwischen denen von Weizen und Roggen. Seine Grannen sind ca 3–5 cm lang und vierkantig.

Körner von Weizen (links), Roggen (Mitte) und Triticale (rechts)

Ursprung

Bei der Kreuzung entsteht eine Hybride. Die Kreuzungsnachkommen sind hochgradig steril. Deshalb müssen die Chromosomensätze durch Behandlung der Keimlinge mit Colchizin, dem Alkaloid der Herbstzeitlosen, künstlich verdoppelt werden, um fertile Pflanzen zu erhalten (sogenannte „primäre" Triticale). Zugelassene marktübliche Sorten gehen heutzutage immer auf Kreuzungen Triticale x Triticale (so genannte „sekundäre" Triticale) zurück.

Triticale wurde gezüchtet, um die Anspruchslosigkeit des Roggens mit der Qualität des Weizens zu verbinden. Erste fertile Triticale wurden im 19. Jahrhundert gefunden. Die gezielte Züchtung wurde erst nach der Entdeckung des Colchizins in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts möglich, z. B. in Schweden, Schottland und der UdSSR. Die ersten Triticalesorten mit weiter Verbreitung wurden in Polen gezüchtet.

Vom Weizen stammen die Vorteile der guten Backfähigkeit, der hohen Erträge und das kurze Stroh, vom Roggen stammen die Vorteile der geringen Ansprüche an das Klima und an die Bodenqualität.

Man kann zwischen Sommertriticale (welche keine Winterruhe benötigt und deshalb im Frühjahr ausgesät wird) und Wintertriticale unterscheiden (welche im Herbst ausgesät wird). Sommertriticale ist in Europa fast ohne Bedeutung und wird eher in den Tropen und Subtropen angebaut.

Anbau (in Deutschland)

Anbauen kann man Triticale auf allen Böden innerhalb Deutschlands. Allerdings ist auf guten Standorten der Weizen im Ertrag überlegen und auf nährstoffarmen Sandböden bringt Roggen höhere Erträge. Der Anbau konzentriert sich auf klimatisch weniger günstigere Lagen beispielsweise in den Mittelgebirgen. Die Aussaat erfolgt Mitte September bis Mitte Oktober mit 150–200 kg pro ha. Auch eine sehr späte Aussaat ist möglich durch die gute Winterhärte von Triticale. Des Weiteren hilft eine späte Saat eine starke Düngung zu verhindern und vermindert erheblich den Wildkrautdruck. Die Robustheit von Triticale gegenüber Pilzkrankheiten machte lange Zeit keine bis sehr wenige Fungizidbehandlungen nötig. In den letzten Jahren haben sich Pilzerkrankungen aber immer mehr auch auf Triticale ausgebreitet, so dass dieser Vorteil kleiner wird. Geerntet werden sollte in der Vollreife, wobei der Zeitpunkt Sorten-abhängig meist zwischen der Roggen- und Weizenernte liegt. Unter optimalen Bedingungen sind Erträge bis zu 100 dt pro ha möglich. Unter weniger günstigen Bedingungen auf typischen Anbaustandorten liegen die Erträge bis zu 25 % über den Weizenerträgen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Sein Anbau und Bekanntheitsgrad in der Bevölkerung sind immer noch relativ gering. In Deutschland lag die Anbaufläche 2007 bei rund 381.000 ha. Der Durchschnittsertrag lag im gleichen Jahr bei ca. 54 dt/ha. Es wurden in Deutschland etwa 2 Millionen Tonnen Triticale geerntet (zum Vergleich: Weizen 21 Millionen Tonnen, Roggen 3,3 Millionen Tonnen).

Im Jahr 2007 wurden laut FAO weltweit 11,9 Mio. t Triticale geerntet (zum Vergleich: Weizen ca. 600 Mio. t, Roggen ca. 15 Mio. t).

Die größten Triticaleproduzenten weltweit (2007)[1]

Rang	Land	Menge (in Tsd. t)
1	Polen	4.147
2	Deutschland	2.061
3	Frankreich	1.476
4	Weißrussland	1.241
5	Australien	450
6	Ungarn	373
7	Schweden	276
8	Litauen	228
9	Österreich	209
10	Tschechien	206
	Welt	11.973

Nutzung

Neben der überwiegenden Anwendung (> 50 %) als Futtergetreide kann es auch für die menschliche Ernährung (Backwaren, Bier etc.) genutzt werden. Brot wird allerdings wegen der teilweise ungünstigen Backeigenschaften (zu hohe Amylaseaktivität und damit verbunden schlechte Verkleisterungseigenschaften der Stärke) in der Regel aus Gemischen mit Weizen bzw. Roggen erzeugt. Die einzelnen Triticale-Sorten sind unterschiedlich geeignet.

Eine Nutzung als Energiegetreide ist derzeit noch relativ selten und wird erforscht. Für die Bioethanolproduktion ist Triticalekorn geeignet, aufgrund der hohen Stärkegehalte von Triticale zahlen Produzenten von Bioethanol beim Ankauf höhere Preise als für Roggen.[2] . Zudem wurden von den Universitäten Gießen und Kassel Triticalesorten identifiziert, die hohe Biomasseerträge pro Fläche liefern und somit auch für die Gewinnung anderer Kraftstoffe und Biogas nutzbar sind.[3]

Erscheinungsbild

Das Erscheinungsbild von Triticale ist je nach Sorte sehr unterschiedlich. So gibt es Typen die eher Weizen ähnlich sind und andere die dem Roggen ähneln. Sorten mit langem oder kurzem Stroh oder überlangen Ähren kommen ebenfalls vor. Auch das Korn ist in Form, Aussehen und Inhaltsstoffen, je nach Sorte, sehr verschieden.

Literatur

- Wolfgang Schuchert: *Triticale, Verbreitung, Erträge, Verwendung* [4]. Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Köln.
- G. Röbbelen, S. Smutkupt: *Reciprocal intergeneric hybridizations between wheat and rye* [5]. In: *Wheat Information Service.* Nr. 27, Kyoto 1968, S. 10.
- G. Oettler: *The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future.* In: *The Journal of Agricultural Science.* Nr. 143, Cambridge 2005, S. 329-346.
- B. Rodemann, H. Mielke: *Zum Anbau und Pflanzenschutz des Triticale* [6]. In: *bba-Mitteilungen.* Nr. 409, Berlin/Braunschweig 2007.
- Wilfried Seibel (Hrsg.): *Warenkunde Getreide - Inhaltsstoffe, Analytik, Reinigung, Trocknung, Lagerung, Vermarktung, Verarbeitung.* Agrimedia, 2005, ISBN 3-86037-257-2.

Weblinks

- Triticale (Info) [7], Saskatchewan Centre for Soils Research at the College of Agriculture, University of Saskatchewan, Saskatoon (englisch)
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Triticale, Produktionstechnik und Sortenberatung [8], Weihenstephan 2006

Referenzen

[1] FAO, Faostat (http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=97&year=2005), Statistik der FAO 2009
[2] Bioethanolhersteller wollen Triticale einsetzen. (http://www.ernaehrungsdienst.de/archiv/onlinearchiv/pages/protected/show.prl?params=&id=23225) Ernaehrungsdienst.de vom 9. Juli 2007
[3] "Biomasse für SunFuel®" - Hessische Forschungsergebnisse auf Hannover Messe vorgestellt. (http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?rid=HMULV_15/HMULV_Internet/nav/4e6/4e630711-8ff1-2701-be59-263b5005ae75,14706736-08f7-9116-f2b2-c44e9169fccd,,,11111111-2222-3333-4444-100000005004&_ic_uCon_zentral=14706736-08f7-9116-f2b2-c44e9169fccd&overview=true.htm&uid=4e630711-8ff1-2701-be59-263b5005ae75Fachsymposium) Pressemitteilung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz vom 24. April 2008.
[4] http://www2.mpiz-koeln.mpg.de/pr/garten/schau/Triticale/Triticale(d).html
[5] http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/wis/No27/p10/1.html
[6] http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt409.pdf
[7] http://interactive.usask.ca/ski/agriculture/crops/cereals/triticale.html
[8] http://www.lfl.bayern.de/ipz/triticale/05315/

Trockenschlempe

Trockenschlempe (*Dried Distillers Grains with Solubles*, DDGS) fällt in einer Anlage zur Herstellung von Bioethanol auf Basis von stärkehaltigen Getreiden nach Trocknung des Abprodukts Schlempe an. Nach der Trocknung wird die Trockenschlempe pelletiert; dieses so entstandene lagerfähige Futtermittel wird dann DDGS genannt.

Aufgrund seines hohen Proteingehalts von teilweise bis zu 30 % und eines vorteilhaften Energiegehalts wird DDGS als Futtermittel für Nutztiere, vorzugsweise Milchkühe, verwendet. In Deutschland ist das DDGS als Futtermittel noch nicht großflächig verbreitet. Über den Einsatz von DDGS insbesondere bei der Verfütterung an Milchkühe kann auf ausführliche Praxiserfahrung aus den USA zurückgegriffen werden, wo das DDGS im großen Umfang zum Einsatz kommt. Weltweit stellt DDGS nach Soja und Raps das dritthäufigste Proteinfuttermittel für Nutztiere dar.

Preislich bewegt sich das DDGS bei 125 €/t (Stand November 2006). Mit nur kleinen Preisveränderungen ist zu rechnen, da das Angebot bei ansteigendem Bioethanolbedarf sich zwar vergrößert, aber dafür im Gegenzug die DDGS-Importe zurückgehen. Gleichzeitig lassen sich durch den Verkauf die Kosten für die Bioethanolherstellung drücken. Eine andere Möglichkeit zur Kostensenkung besteht darin, das DDGS in einem angeschlossenen Biomasseheizkraftwerk zu verbrennen.

Inhaltsstoffe

Die Inhaltsstoffe können je nach Getreidequalität geringen Schwankungen unterworfen sein. 1 kg DDGS bei 90 % Trockenmasse enthält in etwa:

- 300 g Protein
- 65 g Rohfaser
- 60 g Fett

Weblink

- Interessenverband Kansas [1] (engl.)
- University of Minnesota Distillers Grains By-products Web Site [2]

Referenzen

[1] http://www.ksgrains.com/ethanol/ddgs.html
[2] http://www.ddgs.umn.edu/

Trockenvergärung

Die **Trockenvergärung** oder auch **Trockenfermentation** ist ein spezielles Verfahren zur Erzeugung von Biogas. Vergleichsweise trockene und faserige Biomasse wie Mist und Gras, die in nassvergärenden Biogasanlagen problematisch sein können, kann so erschlossen werden. Die mißverständliche Bezeichnung des Verfahrens als "trocken" dient der Abgrenzung von der Nassvergärung. Die verwendeten Substrate enthalten meist trotzdem einen sehr hohen Anteil an Wasser (bis zu 70 %). Zudem wird das Material, je nach Verfahrensvariante, vor der Vergärung mit Prozessflüssigkeit angemaischt oder während der Vergärung mit wässriger Flüssigkeit besprüht, um die notwendigen mikrobiellen Prozesse (anaerober Abbau) zu ermöglichen.

Von 2004 bis 2008 errichtete Biogasanlagen konnten unter bestimmten Bedingungen den durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2004 garantierten Technologiebonus für die Trockenfermentation in Anspruch nehmen, der eine um 2 cent pro eingespeister kWh Strom erhöhte Vergütung für 20 Jahre ermöglicht.

Verfahren

Bei der Trockenfermentation gibt es verschiedene Verfahrensvarianten. Häufig werden sogenannte Garagenfermenter verwendet. Anders als bei der Nassvergärung, bei der das Gärsubstrat flüssig bis zähflüssig (pumpfähig) ist, kann hier keine kontinuierliche Durchmischung und kein kontinuierlicher Betrieb eines einzelnen Fermenters stattfinden. Statt dessen ist ein Batchbetrieb mit regelmäßiger Entleerung und Neubefüllung mit dem stapelbaren Substrat notwendig. Durch den gestaffelten Betrieb mehrerer Fermenter an einer Anlage kann jedoch eine recht gleichmäßige Gasproduktion erreicht werden, so daß nachfolgende Komponenten, wie beispielsweise ein BHKW, dennoch eine hohe Auslastung erfahren. Bei der Gärung austretende Flüssigkeit (Perkolat) wird aufgefangen und dem Gärgut (Gärsubstrat) von oben wieder zugeführt, dadurch wird es immer wieder mit Mikroorganismen beimpft und die Vergärung kontinuierlich in Gang gehalten. Die Faulzeit bei der Trockenvergärung beträgt, abhängig von Qualität und Beschaffenheit des Substrats, zwischen zwei und vier Wochen. Der Gasertrag kann etwa der Ausbeute bei herkömmlicher Nassvergärung entsprechen und auch übertreffen, liegt aber häufig deutlich darunter [1] .

Vor- und Nachteile

Im Vergleich zur Nassfermentation ist die Trockenvergärung wartungsärmer und weit weniger komplex. Anfällige Komponenten der Nassvergärung, wie Pumpen und Rührwerke, entfallen, so daß Wartungs- und Betriebskosten geringer sein können. Eine Trockenvergärung lässt sich bei Bedarf auch in mobilen Anlagen in Containergröße durchführen. Zudem weist das entstehende Biogas, bedingt durch die Zusammensetzung des verwendeten Substrats, einen geringeren Schwefelwasserstoffgehalt (H_2S) auf. Nachteilig ist die diskontinuierliche Betriebsweise, die zu einer ungleichmäßigen Gasproduktion führt. Für bestimmte Substrate, wie Landschaftspflegematerial, Grassilage und anderes, hat sich die Trockenfermentation als gut geeignet erwiesen. Die meisten Biogasanlagen werden jedoch vor allem mit Maissilage und Gülle betrieben, für die sich das Verfahren der Nassvergärung durchgesetzt hat.

Förderung durch das EEG 2004 und EEG 2009

In der ab 2004 gültigen Erneuerbare-Energien-Gesetz-Novelle (EEG 2004) wurde für die Trockenfermentation ein Technologiebonus von 2 cent/ kWh festgelegt. Das Anrecht auf den Bonus besteht 20 Jahre. Insbesondere landwirtschaftlichen Betrieben ohne Viehhaltung sollte so der Einstieg in die güllelose Biogaserzeugung ermöglicht werden. Zudem sollte die Trockenfermentation als Verfahren mit wenig Eigenenergiebedarf gefördert werden, um die Effizienz der Biogaserzeugung zu steigern.

Das EEG definiert seit 2004 Verfahren mit durchschnittlich 30 % Trockensubstanzanteil im Substrat als Trockenfermentation. Auch Anlagen mit Nassvergärung können diese Auflage erfüllen, da durch den Trockensubstanzabbau während der Vergärung der prozentuale Anteil des Wassers steigt und für ein zähflüssiges bis flüssiges Gärsubstrat sorgt. Beispielsweise durch Anmaischen des frischen Substrats mit Gärsubstrat oder Gärrest wird ein Einbringen in den Fermenter möglich. Weitere Anforderungen an eine Trockenfermentation gemäß EEG 2004 beziehen sich auf die Effizienz des Verfahrens. Da während des Abbauprozesses der Wassergehalt zunimmt, wird ein Verfahren nur bei einer Raumbelastung von mindestens 3,5 kg organischer Trockensubstanz pro Kubikmeter effektives Nutzvolumen und Tag als Trockenfermentation bezeichnet. Außerdem ist der Gehalts an freien flüchtigen Säuren (Essigsäureäquivalent) im Gärrest auf 2000 mg/l begrenzt[2] .

Mit Inkrafttreten des EEG 2009 entfällt die Möglichkeit dieses Bonus für neu errichtete Anlagen. Grund ist, dass die Technik durch die inzwischen weiter Verbreitung nicht mehr als neu gilt. Zudem wurde in Anlagen mit Trockenfermentation meist auf die Nutzung von vor Ort verfügbarer Gülle verzichtet, die ungenutzt jedoch hohe Methanemissionen verursacht.[3]

Anwendungsbeispiele

Eine große Anlage mit 70.000 t Substratumsatz im Jahr ist in München seit 2007 in Betrieb (Abfallwirtschaftsbetrieb München). Weitere größere Anlagen sind in Planung, z.B. in Engratshofen im Landkreis Landsberg am Lech. Auch zahlreiche landwirtschaftliche Anlagen wenden die Trockenfermentation nach dem Garagenfermenter-Prinzip oder als modifizierte Nassvergärung an.

Literatur

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Aus der Reihe "Gülzower Fachgespräche", Band 24: *Trockenfermentation - Stand der Entwicklung und weiterer F+E-Bedarf*, Gülzow 2006, frei verfügbar unter [4]

Weblinks

- Verschiedene Verfahren der Trockenfermentation im Vergleich auf www.biogas-infoboard.de [5]
- Volltext des EEG 2004 im Bundesanzeiger [6] (Nur-Lese-PDF)
- *Trockenfermentation Breese* [7], Vorstellen einer trockenfermentierenden Biogasanlage auf der Internetseite des Niedersachsen Netzwerks Nachwachsende Rohstoffe (3N), abgerufen am 20. Januar 2010

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. *Trockenfermentation - Stand der Entwicklung und weiterer F+E-Bedarf*, Gülzow 2006 (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_238le2_gfg24.pdf)

[2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2007: Auslegungshilfe: Trockenfermentation für kontinuierliche Biogasverfahren. (pdf (http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/gesetz/trockenfermentation_Auslegungshilfe.pdf))

[3] *Statement zur Novellierung des EEG sowie zur Zukunft der Trockenfermentation* (http://www.hero-hessen.de/shop/images/pdf/113.pdf), Vortrag des Fachverbands Biogas, abgerufen am 20. Januar 2010

[4] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_238le2_gfg24.pdf

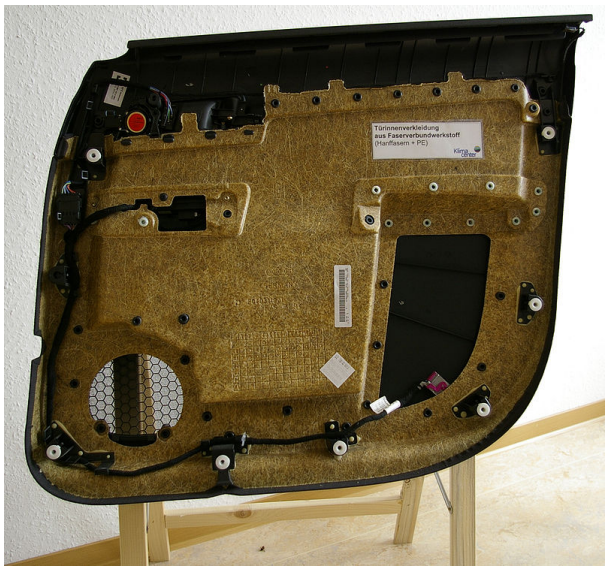
[5] http://www.biogas-infoboard.de/pdf/EP_5-06_trockenferm.pdf

[6] http://217.160.60.235/BGBL/bgbl1f/bgbl104s1918.pdf

[7] http://www.3-n.info/index.php?con_kat=144&con_art=957&con_lang=1

Türinnenverkleidung

Innenverkleidung von Seitentüren im Automobil dienen neben optischen und haptischen Gesichtspunkten vor allem der Abdichtung des Fahrzeuginnenraums in Bezug auf Akustik, Feuchtigkeit und Luftdurchlässigkeit. Diese werden zunehmend aus Naturfaserverbundwerkstoffen hergestellt und stellen somit eines der Haupteinsatzgebiete dieser Werktoffklasse dar.



Türinnenverkleidung aus hanffaserverstärktem Kunststoff (Matrix Polyethylen PE)

Eingesetzte Materialien

Bei den verwendeten Naturfasern handelt es sich zumeist um in Mitteleuropa heimische Flachs- oder Hanffasern, jedoch kommen auch andere, subtropische und tropische Fasern wie zum Beispiel Jute oder Kenaf zum Einsatz. Die eingesetzte Menge beläuft sich je nach Modell auf etwa 1,2 - 1,8 kg Naturfasern für Vordertüren und ca. 0,8-1,5 kg für Hintertüren pro Automobil. Die verwendeten Polymere sind in der Regel duroplastische Harzsysteme wie zum Beispiel Polyurethan oder Phenolharz, wobei in den letzten Jahren auch verstärkt thermoplastische Kunststoffe wie Polypropylen und Polyethylen zum Einsatz kommen.

Türinnenverkleidungen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen finden sich bei fast allen namhaften Automobilherstellern. Sie werden zum Beispiel in 3er, 5er und 7er Reihen von BMW oder auch von Daimler und Audi eingesetzt.

Vorteile der naturfaserverstärkten Kunststoffe

Die Gründe für diesen Einsatz sind zahlreich; neben ökologischen Gründen, die vor allem in den 1980er und 1990er Jahren im Vordergrund standen, sind es heute die günstigen mechanischen Eigenschaften und die Produktionskosten, die den Einsatz attraktiv machen. Naturfaser-Verbundwerkstoffe haben eine geringere Dichte als glasfaserverstärkte oder talkumgefüllte Kunststoffe, wodurch sich eine Gewichtsersparnis von 10 bis 30 % ergibt. Dies wiederum führt, neben der bessern Ökobilanz in der Produktion, bedingt durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe, auch zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch und damit verbesserten CO_2-Bilanz.

Neben den guten mechanischen Eigenschaften, besitzen diese Werkstoffe in der Regel auch sehr gute akustische Eigenschaften. Zusätzlich weisen sie eine sehr geringe Splitterneigung auf, was bei der Materialauswahl unter Sicherheitsaspekten berücksichtigt werden muss.

Bedingt durch den relativ geringen Preis der Naturfasern sind die Türinnenverkleidungen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen auch preislich eine Alternative zu Produkten aus glasfaserverstärkten Polymeren. In Verwendung mit thermoplastischen Polymeren ergeben sich zudem verbessterte Rezykliermöglichkeiten, was unter Berücksichtigung der EU-Altautoverordnung, die bis 2015 die Wiederverwertbarkeit von 85 Prozent aller Teile eines Autos vorschreibt[1] , ein weiter Vorteil dieser Werkstoffe darstellt.

Herstellungsprozess

Das bei weitem am häufigsten eingesetzte Verfahren zur Herstellung der Türverkleidung ist das Formpressen, vor allem bei der Produktion hochwertiger Türkonzepte. Für möglichst preiswerte Modelle, die in hohen Stückzahlen produziert werden, eignet sich besonders das Spritzgiessen, ein Verfahren mit dem sich heutzutage auch Naturfasergranulate verarbeiten lassen.

Da die naturfaserverstärkten Kunststoffe den Ansprüchen der Automobilhersteller in Bezug auf Optik und Haptik oftmals nicht genügen, werden sie in der Regel durch Folien kaschiert. Ein weiteres Problem dieser Werkstoffe ist eine spezifische Geruchsentwicklung bei der Herstellung, die häufig als unangenehm wahrgenommen wird. Dies wird durch bestimmte Additive und Anpassungen im Herstellungsprozess kontrolliert, wobei viele Lösungen nicht als vollständig zufriedenstellend beurteilt werden.

Literatur

- Kim L. Pickering (Hrsg.): „Properties and performance of natural-fibre composites“, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2008, ISBN 978-1-84569-267-4
- Amar K. Mohanty, Manjusri Misra, Lawrence T. Drzal, (Hrsg.): “Natural fibers, biopolymers, and biocomposites”, Taylor & Francis Group, Boca Ranton, FL 2005, ISBN 084931741X
- 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
- M. Karus, M. Kaup, "Naturfasern für die europäische Automobilindustrie", nova Institut, 2002
- A. K. Bledzki, O. Faruk, V. E. Sperber, "Cars from Bio-Fibres." Macromolecular Materials and Engineering Ausgabe 291, 2006, S. 449-457
- G. Marsh, "Applications feature: Next step for automotive materials", Materials today, Ausgabe 6, 2003, S. 36-43

Referenzen

[1] http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l21225.htm

- U -

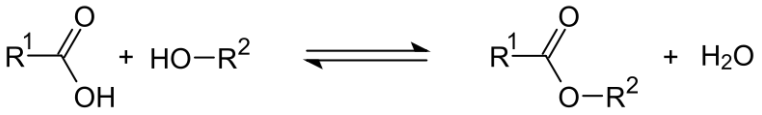
Umesterung

Eine **Umesterung** ist eine chemische Reaktion, bei der ein Ester in einen anderen übergeführt wird. Ein Ester ist eine Verbindung aus einem Alkohol (R-COH) und einer organischen oder anorganischen Säure. Diese wird durch Veresterung - eine Kondensationsreaktion (wasserbildend) - gebildet. Bei der Umesterung wird der Alkoholrest eines Esters durch einen anderen Alkoholrest ersetzt.

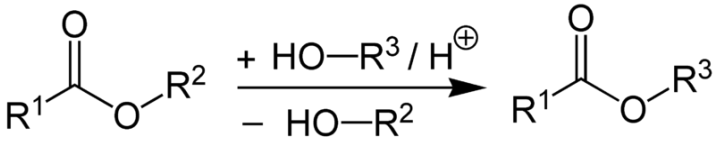
Reaktion

Eine Umesterung kann durch verschiedene chemische Reaktionen durchgeführt werden:

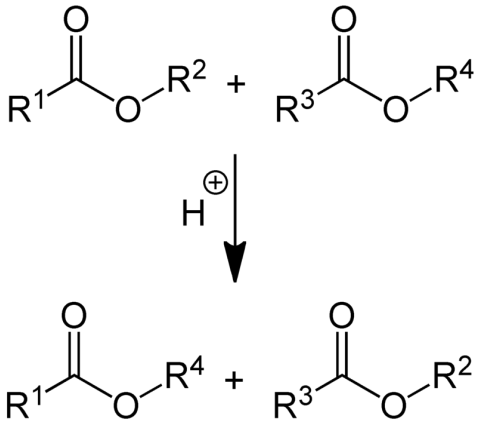
- Der im Ester gewünschte Alkohol wird im Überschuss eingesetzt (Alkoholyse). Als Katalysator dient eine Säure (z. B. Protonenkatalyse) oder eine Base. Diese Umesterung lässt sich optimieren, indem als Edukte ein Methyl- oder Ethylester einer Säure zusammen mit einem hochsiedenden Alkohol (als der im Produkt gewünschter Alkoholrest, z. B. *n*-Amylalkohol oder einem Phenol) eingesetzt werden. Das Produkt Methanol bzw. Ethanol ist niedrigsiedend und kann so leicht abdestilliert werden. Das Reaktionsgleichgewicht wird so zum gewünschten Ester verschoben.
- Als Edukte dienen zwei unterschiedliche Carbonsäureester. Deren Alkoholreste können durch Säure- oder Basenkatalyse ausgetauscht werden.



Aus einer Säure und einem Alkohol entsteht durch **Veresterung** ein Ester und ein Wasser.



Säurekatalysierte **Umesterung** durch Alkoholyse: der Alkoholrest R^2 wird durch den Alkoholrest R^3 ersetzt



Säurekatalysierte **Umesterung** zweier Carbonsäureester: die Alkoholreste R^2 und R^4 werden ausgetauscht

Technische Bedeutung

Die Umesterung wird bei folgenden technischen Produkten eingesetzt:

- Herstellung von Biodiesel: Aus Triacylglyceriden (pflanzliche Fette oder Öle) werden durch Umesterung mit Methanol sogenannte FAME (Fettsäuremethylester, z. B. Rapsmethylester (RME)) erzeugt. Als Nebenprodukt entsteht unter anderem der dreiwertige Alkohol Glycerin. In der BRD wird in Umesterungsanlagen Biodiesel im industriellen Maßstab erzeugt.

- Herstellung von Polyethylenterephthalat aus Dimethylterephthalat

Analytik

Besonders in der Gaschromatographie werden weniger flüchtige Ester oft in der Probenvorbereitung in besser flüchtige Methylester umgeestert.

Literatur

- "Chemie - Das Basiswissen der Chemie", Charles E. Mortimer, Thieme Verlag Stuttgart 2007, 9. überarbeitete Auflage, 766-seitig

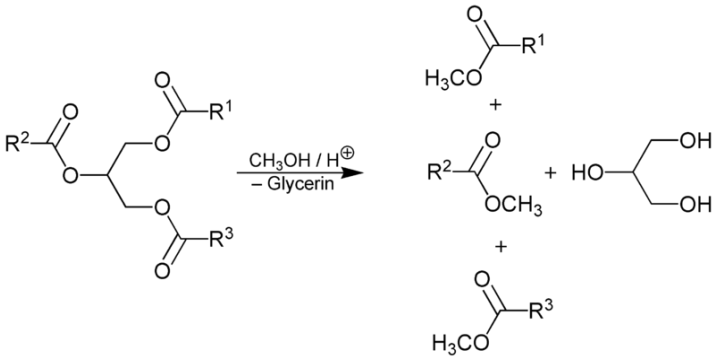
Umesterungsanlage

Eine **Umesterungsanlage** ist eine Anlage zur Umesterung von Pflanzenöl mit Methanol zu Biodiesel und Glycerin.

Umesterungsanlage Henningsleben

Chemie des Prozesses

Die Umesterung erfolgt durch Umsetzen von Pflanzenölen mit Methanol nach nebenstehender Reaktionsgleichung. Das Gemisch der dabei entstehenden Methylester nennt man Fettsäuremethylester (FAME) oder Biodiesel, als Nebenprodukt fällt Glycerin an.



Umesterung zur Synthese von Fettsäuremethylester und Glycerin

Rohstoffe

Als Rohmaterial für die Biodieselherstellung findet in Europa hauptsächlich Rapsöl Verwendung, in den USA vorwiegend Sojaöl, vor allem in den Sommermonaten auch Palmöl. Viele Herstellungsverfahren benötigen raffiniertes Öl, das einem Aufbereitungsprozess unterzogen wurde. Bei der Raffination werden Verunreinigungen wie Schleimstoffe, freie Fettsäuren, Carotine und Tocopherole entfernt.[1]

Bei der Entschleimung werden lecithinhaltige Beimengungen durch Wasser- und Säurezugabe hydrolysiert. Der entstehende Schlamm wird abgetrennt. In nachfolgenden Entsäuerungsschritt werden freie Fettsäuren (FFA; engl. free fatty acids) und andere saure Bestandteile wie Phenole entfernt. Die Entsäuerung kann entweder durch alkalische Verseifung oder destillativ erfolgen. Als Feinreinigungsschritte werden die Bleichung mit Wasserstoffperoxid und die Desodorierung durch Wasserdampf eingesetzt.

Verfahren, die gegenüber der Qualität der eingesetzten Rohstoffe toleranter sind, benötigen in der Regel am Ende der Umesterung aufwendigere Prozesse, um den entstehenden Biodiesel zu reinigen.

Industrieanlagen

Moderne Industrieanlagen haben eine Jahreskapazität von mindestens 100.000 Tonnen pro Jahr.[2]

Katalysatoren

Die Umesterung wird in der Regel alkalisch katalysiert. Zur Vermeidung von durch Wasser bedingten Nebenreaktionen finden als Katalysatoren hauptsächlich wasserfreie Alkoholate Verwendung, die als ca. 30%ige Lösung von Natrium- oder Kaliumalkoholat in Methanol eingesetzt werden.[3]

Verwendete Apparate

Eine typische Umesterungsanlage benötigt Lagertanks für die Rohmaterialien und Endprodukte, Wärmetauscher zur Erhitzung des Reaktionsgemischs, Rührkessel zur Vermischung von Katalysator und Methanol. Des Weiteren werden Reaktoren sowie Apparate zur Phasentrennung von Roh-Biodiesel und Glycerin, Filtrieranlagen und Destillationsapparate zur Trennung von Biodiesel und Methanol und Restfeuchte benötigt.

Verfahrensschritte

Das Verfahren kann grob in die Schritte Umesterung, Trennung von Biodiesel und Glycerin, Wäsche des Biodiesels, Trocknung des Biodiesels und Aufarbeitung des Glycerins und Rückgewinnung des Methanols unterteilt werden. Viele der Verfahrensschritte sind mehrstufig. Bei großen Industrieanlagen wird die Umesterung in einem kontinuierlichen Prozess durchgeführt. Der Prozess kann durch Nah-Infrarot (NIR) Online-Analytik überwacht werden.

Umesterung und Trennung

Als erster Schritt werden der Umesterungskatalysator und Methanol gemischt. Diese werden mit Pflanzenöl gemischt und in einen kontinuierlichen Kolonnen-Reaktor oder einen kontinuierlichen Rührkesselreaktor gepumpt, von denen zwei oder mehr in Reihe geschaltet werden können. Dort findet die Umesterung statt. Die typische Reaktionstemperatur liegt bei ca. 50 bis 65°C. Das Verfahren findet unter Normaldruck statt. In der Regel wird Methanol im stöchiometrischen Überschuss eingesetzt.

Im unteren Teil des Reaktors sammelt sich eine schwere basische Phase, die Glycerin, Methanol und Methanolat enthält und abgezogen und zwischengelagert wird. Die Biodieselphase enthält weiterhin Methanol, nicht abreagiertes Rapsöl sowie Seifen. Zur Vervollständigung der Reaktion werden in einem weiteren Reaktor nochmals Katalysator und Methanol zum Ester-Gemisch gegeben und abschließend nochmals getrennt. Die leichte Esterphase ("Roh-Biodiesel") wird danach gewaschen.

Biodieselwäsche und Trocknung

Verunreinigungen der Esterphase wie Methanol, Seifen und Glycerin werden durch Zugabe von Wasser in kontinuierlichen Waschkolonnen entfernt. Die Nebenprodukte werden in einem Zwischenlagertank gelagert. In einem Settler wird das restliche Wasser vom Biodiesel getrennt. Die letzte Trocknungsstufe des Biodiesels erfolgt in der Regel als Vakuumtrocknung, zum Beispiel in einem Dünnschichtverdampfer.

Aufarbeitung des Glycerins und Rückgewinnung des Methanols

In einer Kolonne werden Glycerin und Methanol destillativ von einander getrennt. Die kondensierte Methanolphase wird wieder in den Prozess zurückgeführt. Das als Sumpfprodukt zurückbleibende Rohglycerin wird angesäuert. Die Verunreinigungen Methanolat und Seife werden durch diesen Schritt in Methanol, Salz und freie Fettsäure überführt. Das reine Glycerin kann in einem Absetzgefäß von den Verunreinigungen getrennt werden.

Weblinks

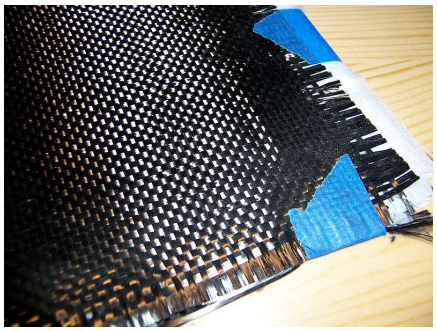
- Der selbstgebaute B100-WH Biodiesel Reaktor [4] (englisch)
- Der Appleseed Processor – Eine Anleitung zum Eigenbau [5] (englisch)
- Ein Video zur Herstellung von Biodiesel [6] (englisch)
- Bioking Biodiesel FAQ [7]

Referenzen

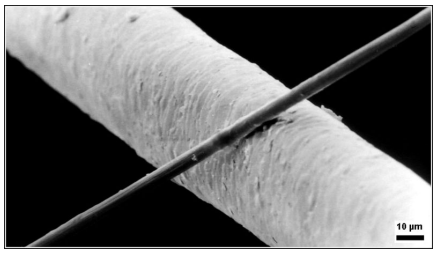
[1] Raffination von Ölen (http://www.tfz.bayern.de/biokraftstoffe/16717/)
[2] Übersicht über die Biodieselproduktionskapazitäten (Stand: 2002) (http://www.inaro.de/deutsch/ROHSTOFF/Energie/Oele/Biodiesel_Kapazitaeten.htm)
[3] Umesterungskatalysatoren bei Degussa (http://www.degussa4biodiesel.com/index.php?url=&pid=_8_12&lng=de)
[4] http://www.b100wh.com
[5] http://www.biodieselcommunity.org/appleseedprocessor
[6] http://video.google.com/videoplay?docid=457773184300286737
[7] http://www.bioking-deutschland.com/faq.html

- V -

Verbundwerkstoff



Kohlenstofffasermatte



Kohlefaser im Vergleich zu einem menschlichen Haar

Ein **Verbundwerkstoff** oder **Kompositwerkstoff** ist ein Werkstoff aus zwei oder mehr verbundenen Materialien. Der Verbundwerkstoff besitzt andere Werkstoffeigenschaften als seine einzelnen Komponenten. Für die Eigenschaften der Verbundwerkstoffe sind stoffliche Eigenschaften und Geometrie der Komponenten von Bedeutung. Insbesondere spielen oft Größeneffekte eine Rolle. Die Verbindung erfolgt durch Stoff- oder Formschluss oder eine Kombination von beidem. Bei Verpackungen wird daneben der Begriff Verbundstoff für zu diesem Zweck hergestellte Materialien verwendet.

Nach der Geometrie des Verbunds unterscheidet man:

- Teilchenverbundwerkstoffe, auch als Dispersionswerkstoffe bezeichnet,
- Faserverbundwerkstoffe,
- Schichtverbundwerkstoffe, auch als Laminate bezeichnet,
- Durchdringungsverbundwerkstoffe.

Die Komponenten eines Verbundwerkstoffs können dabei selbst wieder Verbundwerkstoffe sein. Bei Teilchen- und Faserverbundwerkstoffen sind Teilchen bzw. Fasern in eine andere Komponente des Verbundwerkstoffes, der so genannten Matrix eingebettet. In Faserverbundwerkstoffen können die Fasern in einer oder mehreren bestimmten Richtungen verlaufen bzw. Vorzugsrichtungen haben. Faserverbundwerkstoffe können schichtweise hergestellt werden, sind dadurch aber noch keine Schichtverbundwerkstoffe, wenn die aufeinanderfolgenden Schichten gleichartig sind. Der Begriff Laminat wird hier allerdings auch verwendet. Schichtverbundwerkstoffe bestehen aus aufeinanderliegenden Schichten unterschiedlicher Anzahl. Der Spezialfall von drei Schichten, davon zwei identische Außenschichten, wird auch als Sandwichverbund bezeichnet. Bei Durchdringungsverbundwerkstoffen bilden die einzelnen Komponenten für sich jeweils zusammenhängende, offenporige Materialien. Sie werden zum Beispiel durch Tränken eines offenporigen gesinterten Werkstoffs (zum Beispiel einer Schaumkeramik) mit einem geschmolzenen zweiten Stoff hergestellt.

Aus der stofflichen Einteilung der Werkstoffe in polymere (Kunststoffe), metallische, keramische und organische Werkstoffe ergeben sich die grundsätzlichen Kombinationsmöglichkeiten für Verbundwerkstoffe. Dabei wird anwendungsspezifisch versucht, die unterschiedlichen Vorteile der einzelnen Werkstoffe im Endwerkstoff zu kombinieren und die Nachteile auszuschließen.

Beispiele für Teilchenverbundwerkstoffe

Verbundwerkstoff	Teilchen	Matrix
Schleifscheiben	keramisch	polymer/glas
Hartmetall	keramisch	metallisch
Keramikverbunde	keramisch	keramisch
Spanplatten	organisch	polymer
Beton	keramisch (mineralisch)	keramisch (mineralisch)
Polymerbeton	mineralisch	polymer

Beispiele für Faserverbundwerkstoffe:

- glasfaserverstärktes Glas,
- Metallmatrix-Verbunde (MMC), z. B. borfaserverstärktes Aluminium,
- Faserzement (z. B. „Eternit“),
- kohlefaserverstärktes Siliciumcarbid (z. B. in Hochleistungsbremsscheiben)
- eigenverstärkte Thermoplaste (Kunststofffasern in Kunststoffmatrix der gleichen Zusammensetzung)
- Stahlbeton,
- Faserbeton, Stahlfaserbeton,
- Faser-Kunststoff-Verbunde
  - kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK)
  - glasfaserverstärkter Kunststoff (GfK)
  - aramidfaserverstärkter Kunststoff (AFK)
  - Naturfaserverstärkter Kunststoff (NFK)
  - Wood-Plastic-Composites (WPC)
- Faser-Keramik-Verbunde (Ceramic Matrix Composites (CMC))

Beispiele für Schichtverbundwerkstoffe:

- Verbundplatten (z. B. Sperrholz)
- Verbundrohre
- TiGr-Composit: Ein Werkstoff aus Titan, Kohlenstofffasern und Epoxidharz
- Glasfaserverstärktes Aluminium: Ein Werkstoff aus glasfaserverstärktem Kunststoff und Aluminium
- Honeycomb
- Bimetall
- Hylite, eine Sandwich-Struktur aus einer Kunststoffplatte, die zwischen zwei Aluminiumplatten/-folien eingebettet ist.

Siehe auch

- Verbundbau

Verfahrenstechnik

Verfahrenstechnik bezeichnet alle technischen Prozesse, in denen aus einem Roh- oder Ausgangsmaterial ein Produkt durch die Nutzung chemisch-physikalischer oder biologischer Vorgänge geschaffen wird. Sie steht damit zwischen dem Abbau der Rohstoffe und der Fertigstellung von Produkten.

Ein Beispiel ist die Gewinnung von Metallen aus Erzen oder die Auftrennung der einzelnen Bestandteile des rohen Erdöls. Das Rohmaterial eines Verarbeitungsprozesses kann dabei selbst das Produkt einer vorhergegangenen Verarbeitung sein, und das Produkt weiter verarbeitet werden. Diese Vernetzung wird als Produktionsverbund bezeichnet. Auch die Wiedergewinnung, das Recycling, von Wertstoffen aus Abfällen fällt in den Aufgabenbereich der Verfahrenstechnik. Die zunehmende Energiegewinnung auf Basis Nachwachsender Rohstoffe (Bioenergie) erfordert ebenfalls den Einsatz verfahrentechnischer Methoden.

Ingenieurwissenschaft und Berufsbild

Laut Definition der Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) beschäftigt sich die *Verfahrenstechnik* mit der technischen und wirtschaftlichen Durchführung aller Prozesse, in denen Stoffe nach Art, Eigenschaft und Zusammensetzung verändert werden. Es handelt sich also um die Ingenieurwissenschaft der Stoffumwandlung. In der Praxis arbeitet der Verfahrensingenieur oft eng mit den naturwissenschaftlichen Disziplinen, z. B. mit Chemikern als Entwickler, zusammen und setzt deren Erkenntnisse in realisierbare technische Konzepte und Prozesse um. Besonders die Vergrößerung des Produktionsmaßstabes und der Energiehaushalt eines Verfahrens sind oft entscheidende Fragen.

Doch auch die Realisierung der verfahrenstechnisch entwickelten und geplanten Anlage selbst wird, als Anlagenbau bezeichnet, von der Verfahrenstechnik abgedeckt. Hierbei sind die Auswahl und Auslegung der zum Bau einzusetzenden Apparate, Bauteile und Materialien die Hauptaufgabe des Verfahrenstechnikers. Hinzu kommt in immer umfassenderen Maße auch die mess- und regelungstechnische Planung des zu betreibenden Prozesses. Hierbei fließen oft die Erkenntnisse aus der verfahrenstechnischen Theorie- und Versuchsarbeit in computergestützte Simulationen ein. Diese dienen dann als Ausgangsbasis oder sogar als Führungsmodell für die Prozessregelung. Aufgrund des sehr interdisziplinär ausgelegten Studiums finden Absolventen in der Berufspraxis ein sehr breites Einsatzspektrum. Von der Arbeit als Forscher im Labor, als Entwickler und Programmierer von Simulationen oder Leitsystemen, über die Tätigkeit als Berechnungs- und Projektingenieur, bis hin zum Bauleiter oder Betriebsführer von Produktionsanlagen sind Verfahrens- und Chemieingenieure in der gesamten Chemie-, Energie-, Lebensmittel- und Pharmaindustrie, wie auch in den entsprechenden Anlagenbauunternehmen und Forschungseinrichtungen anzutreffen.

Ausbildung

Verfahrenstechnische Studiengänge werden in Deutschland an Technischen Universitäten und Fachhochschulen angeboten. Hierbei unterscheiden sich die jeweiligen Studiengänge zwischen den Hochschulen im Detail durchaus. Denn je nach Tradition bzw. der thematischen Ausrichtung der jeweiligen Institution kann die Ausbildung sich eher an der Technik oder an der Chemie (s. Chemieingenieurwesen) orientieren. Während an einigen Hochschulen die Verfahrenstechnik beispielsweise als Studienschwerpunkt direkt aus dem Studium des Maschinenbaus "abzweigt", ist das Fach an anderen Einrichtungen wiederum ein eigenständiges Grund- oder Bachelor-Studium für einen späteren Schwerpunkt wie die Bioverfahrenstechnik oder das Haupt- oder Masterstudium der Chemietechnik. Dazu können in einigen, sehr eigenständigen Wissenschaftsgebieten auch eigene verfahrenstechnische Studien- oder Vertiefungsfächer existieren. Dies ist beispielsweise die Agrartechnik oder die Technik der Nutztierhaltung innerhalb der Agrarwissenschaft. Auch Spezialisierungen im Bereich der verfahrenstechnischen Energietechnik (Energieanlagenbau, Erneuerbare Energien) werden zurzeit vermehrt angeboten. Hier fließen oft Maschinenbau und

Elektrotechnik in das Fach mit ein. Der technischen Entwicklung folgend, führt dies mitunter zur Etablierung neuer Studienfächer, wie der Umwelttechnik, der Biotechnologie oder der Lebensmitteltechnik.

Hinzu kommt, dass der deutsche und der englische Sprachgebrauch bei den Begriffen des Verfahrens- und Chemieingenieurwesens unterschiedlich ist. Als *Process Engineering* wird im Englischen zwar die verfahrenstechnische Tätigkeit eines Ingenieurs bezeichnet. Das der deutschen Definition für Verfahrenstechnik entsprechende Studienfach ist im englischsprachigen Ausland aber meistens das *Chemical Engineering* (ebenso z. B. auch im Spanischen: *Ingenieria química*). In Deutschland wiederum wird in der Hochschulausbildung zwischen Verfahrens- und Chemietechnik klar unterschieden.

Studienabschluss ist in Deutschland meistens der Diplom-Ingenieur des jeweiligen verfahrenstechnischen Studienganges. Im Rahmen des Bologna-Prozesses erfolgt auch hier die Einführung der neuen Abschlussgrade.

Arbeitsmittel und Gliederung der Verfahrenstechnik

Die Verfahrenstechnik hat sich von ihren Anfängen im Rohrleitungs- und Kesselbau hin zu einer interdisziplinären Wissenschaft entwickelt. Heute werden für die Auslegung der Prozesse neben

- den Natur- und Materialwissenschaften für die Beschreibung des Prozesses und seiner stofflichen Auswirkungen, auch
- die Wirtschafts-, Sozial-, Politik-, und Rechtswissenschaften für die Akzeptanz, die Rahmenbedingungen und den Betrieb des Prozesses

benötigt. Weiterhin wird für die Umsetzung des Prozesses im Anlagenbau auf alle anderen Ingenieurswissenschaften zurückgegriffen.

Verfahrenstechnische Anlagen produzieren zwischen wenigen Gramm und mehreren hunderttausend Tonnen pro Jahr. Produziert werden einfache chemische Substanzen bis hin zu komplizierten Bauteilen. Um die Fülle an Prozessen beschreiben zu können, werden sie in physikalische nicht mehr sinnvoll trennbare Grundoperationen (en: unit operations) mit nur einem physikalischen Vorgang, wie Mischen oder Verdampfen, zerteilt. Verfahrensschritte, die eine räumlich untrennbare Kombination mehrerer Grundoperationen sind, werden meist auch als Grundoperationen bezeichnet. Klassen von verfahrenstechnischen Grundoperationen sind zum Beispiel:

- Änderung der Stoffeigenschaften: Zerkleinern, Kühlen, Trocknen, ...
- Änderung der Stoffzusammensetzung: Filtration, Destillation, Elektrolyse, ...
- Änderung der Stoffart: Oxidation, Hydrierung, Polymerisation, Gärung...

Diese Grundoperationen werden aneinandergereiht und ergeben den Gesamtprozess. Ein derart gestalteter Prozess ist berechenbar und betreibbar, aber nicht energie- und platzoptimiert. Der Kostendruck in der Industrie und die besseren Simulations- und Analysemöglichkeiten sowie das bessere physikalische Verständnis führen dazu, dass immer mehr Grundoperationen heute in einem Prozessschritt kombiniert werden. Für das Verständnis des Gesamtzusammenhangs ist eine Betrachtung des Prozesses in getrennten physikalischen Grundschritten jedoch sinnvoll.

Die Verfahrenstechnik gliedert sich daher immer noch entlang der physikalischen Vorgänge der Grundoperationen in:

- mechanische Verfahrenstechnik,
- chemische Verfahrenstechnik,
- thermische Verfahrenstechnik und
- den sonstigen Verfahren, die meist als physikalische Verfahren der chemischen Verfahrenstechnik zugeschlagen werden.

Dazu kommt die nicht überschaubaren Anzahl von komplexen, nicht voneinander trennbaren Verfahren wie:

- biologische Verfahrenstechnik,
- Grenzflächenverfahrenstechnik und

- Membranverfahrenstechnik.

Ebenso den benötigten Hilfs-, Umsetzungs- und Spezialdisziplinen, wie:

- Leit- und Steuertechnik,
- Anlagenbau und
- kerntechnische Verfahrenstechnik.

Eine andere, ältere Gliederung geht von den Stoffgruppen aus: Lebensmittelverfahrenstechnik, Kunststoffverfahrenstechnik, usw.

In der Pharmazie wird die Verfahrenstechnik als Galenik; in der Apotheke als Rezeptur bezeichnet (alt: Arzneiformenlehre). Industriell wird sie als Aufbereitungstechnik oder als pharmazeutische Technologie bezeichnet.

Abgrenzung zu anderen Wissenschaften

Grundsätzlich gilt: jede Prozessentwicklung, bei der ein Stoffstrom betroffen ist, beinhaltet Verfahrenstechnik. Sie ist daher ein meist nicht genannter Bestandteil jeder Wissenschaft. Die Verfahrenstechnik betont das Verfahren an sich und versucht es mit den gegebenen Randbedingungen zu optimieren. In anderen Disziplinen wird meist von einem gegebenen Prozess ausgegangen, da der Schwerpunkt auf anderen Aspekten liegt.

Die Verfahrenstechnik beschäftigt sich mit dem gleichen Gegenstand wie die Naturwissenschaften und benutzt ihre Werkzeuge. Im Gegensatz zur Naturwissenschaft versucht die Verfahrenstechnik jedoch nicht einen neuen Zusammenhang offenzulegen sondern einen erkannten Zusammenhang technisch nutzbar zu machen. Hierbei entstehende neue Fragen führen meist zu einer engen Kooperation mit den Naturwissenschaften bei der Auslegung neuer Prozesse.

Verfahrenstechniker benutzen die Werkzeuge der Ingenieurswissenschaften. Sie legen den Raum und die Bedingungen fest, unter denen ein Prozess abläuft. Für die eigentliche Maschine ist der Maschinenbauer oder Bauingenieur zuständig. Sie werden vom Verfahrenstechniker beauftragt. Die Verfahrenstechnik kann mit der Fertigungstechnik (Formänderung) und der Energietechnik (Energieumwandlung) auch als ein Teil der Produktionstechnik angesehen werden und ist daher Teil des Maschinenbaus.

Das Chemieingenieurwesen ist eine Disziplin der Verfahrenstechnik, welche einen Schwerpunkt auf die Chemie legt. Die Umwelttechnik legt den Schwerpunkt hingegen auf rechtliche, toxikologische, und logistische Aspekte der Ver- und Entsorgung.

Teildisziplinen

Mechanische Verfahrenstechnik

Die mechanische Verfahrenstechnik versteht sich als Anwender der Mechanik bzw. der Strömungsmechanik. Sie beschäftigt sich daher mit Stoffwandlungsprozessen, die auf mechanischer Einwirkung beruhen. Die vier Prozesshauptgruppen sind Zerkleinern und Agglomerieren sowie Mischen und Trennen (Filter, Siebe).

Historisch liegen ihre Wurzeln im Rohrleitungsbau und in der Feststoffverfahrenstechnik. Traditionell werden daher meist auch Lagern, Fördern und Dosieren von Feststoffen, Schüttgütern und flüssigen Gütern (z.B. Förderung durch Pumpen) der mechanischen Verfahrenstechnik zugeschlagen.

Kleiner Fliehkraftabscheider in einer Mühle

Thermische Verfahrenstechnik

Die thermische Verfahrenstechnik versteht sich als angewandte Thermodynamik. Der wichtigste Prozess ist daher die Destillation sowie die mit den gleichen Methoden beschreibbaren Prozesse Extraktion und Absorption.

Da es sich bei der von der thermischen Verfahrenstechnik vertretenen Thermodynamik um ein überall benötigtes Werkzeug handelt, werden außer der Ermittlung von thermodynamischen Stoffdaten alle aus ihr erwachsenen Prozesse meist nicht mehr zu der thermischen Verfahrenstechnik gezählt. Im Einzelfall entscheidet die historische Entwicklung vor Ort.

14.000 KW Absorption Wärmepumpe zur Nutzung Industrieller Abwärme in einem Österreichischen Fernheizwerk

Chemische Verfahrenstechnik

Die chemische Verfahrenstechnik (Chemische Reaktionstechnik) beschäftigt sich mit Stoffwandlungen durch chemische Reaktionen und bildet das stärkste Bindeglied der Verfahrenstechnik zur Chemie. Insbesondere wird der Übergang vom Labormaßstab der Chemie zum technischen Maßstab untersucht. Das beinhaltet beispielsweise die Errichtung von Pilotanlagen und die Untersuchung von Kinetiken. Der Chemieingenieur leistet somit maßgebliche Arbeit bei der Umsetzung von Laborergebnissen im Produktionsprozess.

Blick auf das BASF-Werk von Norden

Bioverfahrenstechnik

Faulturm eines Klärwerks

Die Bioverfahrenstechnik (auch Bioprozesstechnik) ist der Bereich der Biotechnologie, der sich mit der verfahrenstechnischen Umsetzung beschäftigt, bzw. der Teil der Verfahrenstechnik, der sich mit biotechnologischen Prozessen beschäftigt. Die Biotechnologie macht Stoffumwandlungen durch biologische Prozesse in technischen Anwendungen nutzbar. Diese Prozesse können durch die in Zellen (meist Bakterien, Hefen) enthaltenen Enzyme (früher: Ferment) bzw. durch isolierte Enzyme durchgeführt werden. In beiden Fällen spricht man von Biokatalyse, Biosynthese oder Fermentation. Von Kultivierung spricht man dagegen nur, wenn Zellen eingesetzt werden, die sich während des Prozesses vermehren bzw. Stoffwechsel betreiben. Teilbereiche der Biotechnologie sind z. B. die Mikrobiologie, Chemie und Biochemie. Gentechnische Methoden können eingesetzt werden, kommen aber nicht zwangsläufig bei allen biotechnologischen Anwendungen zum Einsatz. Ein wichtiger Bereich der Biotechnologie ist die Verfahrenstechnik, die Prozesse in Forschungs- oder Produktionsmaßstab umsetzt. Dazu gehört die generelle Planung und Umsetzung eines Verfahrens, die Entwicklung der Prozesskontrolle und der Aufbereitungsmethoden für die Produkte, die Steuerung von Produktionsprozessen und ihre laufende Optimierung.

Vor- und Nachteile

Biotechnologische Verfahren können verschiedene Vor- und Nachteile gegenüber den chemischen Verfahren haben:

- Bei chemischen Verfahren sind teilweise extreme Bedingungen (z. B. hohe Drücke und/oder Temperaturen) und giftige Chemikalien notwendig. Biologische Prozesse laufen unter weniger extremen Bedingungen ab und können verschiedene chemische Verfahren wegen ökonomischer und ökologischer Vorteile ersetzen.
- Manche Verbindungen sind nicht mit chemischen Methoden synthetisierbar, können jedoch biotechnologisch hergestellt werden.
- Vor allem bei pharmzeutischen Anwendung kann es notwendig sein, nur eine Varianten von chiralen Verbindungen einzusetzen. Bei biotechnologischer Produktion ist nur eine Variante vorhanden, bei chemischer Herstellung dagegen meistens beide.
- Da biologische Prozesse nicht bei höheren Temperaturen ablaufen können, ist damit auch die Reaktionsgeschwindigkeit limitiert. Reaktoren brauchen hier daher oft größere Volumina als bei chemischen Verfahren.

Einsatzbereiche

Biotechnologische Anwendungen unterscheiden sich stark und werden daher in verschiedene Bereiche eingeteilt. Neben der Bioverfahrenstechnik zu Herstellung von bestimmten Verbindungen können diese einzelnen Bereiche auch andere Felder umfassen:

- Die Weiße Biotechnologie (industrielle Biotechnologie) kann chemische Verfahren, bei denen *Nicht-Enzym-Katalysatoren* verwendet werden, ersetzen und ergänzen. Es werden z. B. Fein- und Grundchemikalien, Enzyme und anderes erzeugt.
- Die Rote Biotechnologie (medizinische Biotechnologie) hat verschiedene Aufgaben, darunter auch die bioverfahrenstechnische Herstellung von Wirkstoffen, Diagnostika und Impfstoffen.
- Die Grüne Biotechnologie beschäftigt sich vor allem mit der Optimierung von Nutzpflanzen. Die Bioverfahrenstechnik spielt hier eine untergeordnete Rolle

- Die Graue Biotechnologie (Umweltbiotechnologie) nutzt Enzyme und Mikroorganismen für die Aufbereitung von Trinkwasser, Abwasser, Abluft, Abfälle, Abgasen und anderes.
- Die Blauen Biotechnologie (marine Biotechologie) nutzt marine Mikroorganismen.
- Die Gelben Biotechnologie (meist als Lebensmittel-Biotechnologie definiert) findet Anwendung in der Lebenmittelindustrie, z.B. zu Herstellung von Bier mittels Hefen, Joghurt und Sauerkraut mittels Milchsäurebakterien etc..

Während die Begriffe Weiße, Rote und Grüne Biotechnologie etabliert sind, sind die anderen farblichen Zuordnungen bisher weniger verbreitet.[1]

Verfahrenstypen

Die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten haben verschiedene Verfahren hervorgebracht, die sich stark unterscheiden können. Häufig kommen Bioreaktoren (Fermenter) zum Einsatz. Meist enthalten die Fermenter Rührwerke für die Homogenisierung, Einrichtungen zur Temperatureinstellung und weitere Technik zur Kontrolle und Steuerung wichtiger Parameter.

Bioreaktoren und Technik zur Prozesssteuerung

- Vor allem in der Weißen und Roten Biotechnologie kommen sterilisierbare Fermenter zum Einsatz, in denen die Parameter (Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert etc.) exakt steuerbar sind.[2]
- Bei der Grauen Biotechnologie kommen verschiedene Bioreaktoren zum Einsatz, wie z. B. Faultürme bei Klärwerken, Fermenter bei der Biogaserzeugung und Biofilter bei der Abluftreinigung.
- In der Lebensmitteltechnik (Gelbe Biotechnologie) werden z. B. bei der Bierherstellung Gärtanks als Bioreaktoren eingesetzt.
- Weitere Bioreaktoren sind z. B. Algenreaktoren, Photobioreaktoren, Wasserstoffbioreaktoren etc..

Die Produkte werden nach unterschiedlichen Prinzipien erzeugt:

- Enzyme können für die Umsetzung eines Stoffes sorgen.
- Oft werden Mikroorganismen kultiviert, deren Stoffwechselprodukte das Produkt darstellen (z. B. Ethanol, Butanol, Citrat).
- Speicherstoffe der kultivierten Art, wie z. B. der mikrobielle Kohlenhydratspeicher Polyhydroxybuttersäure können das Produkt sein.
- Durch gentechnische Veränderung kann in der zu kultivierenden Arte eine Überexpression induziert werden oder ein neuer Stoffwechselweg in die Art transferiert werden, so daß das gewünschte Produkt mit hoher Ausbeute produziert wird.

Im Anschluss an die Produktion (Fermentation) ist in der Regel eine Aufbereitung (Downstream Processing) notwendig. Diese kann, je nach Verfahren, sehr aufwendig sein und Schritte wie Zellaufschluss, Filtration, Chromatographien und anderes umfassen. Auch dieser Bereich wird der Bioverfahrenstechnik zugeordnet.[2]

Nanotechnik

Die Nanotechnik oder Nanotechnologie ist ein noch junges Gebiet welches sehr interdisziplinär Gebiete aus der Physik, der Chemie, der Biologie und der Verfahrenstechnik vereint. Es beschäftigt sich mit Stoffen und Systemen, deren Größe unter Umständen nur aus wenigen Molekülen bestehen. Für die Verfahrenstechnik ist die Nanopartikeltechnik von besonderer Bedeutung. Aufgrund der kleinen geometrischen Ausdehnung von Nanopartikeln besitzen sie spezielle optische und elektronische Eigenschaften, welche besondere Messverfahren erforderlich machen, jedoch auch zu neuen Anwendungen führen können.

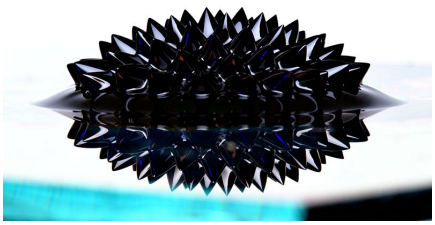


Bild der Oberfläche eines Ferrofluids im magnetischen Feld.

Siehe auch

- Dispersitätsanalyse
- Partikelmesstechnik
- Blasensäule
- Prozessindustrie

Literatur

Bücher

- Peter Grassmann: *Physikalische Grundlagen der Chemie-Ingenieur-Technik*. Sauerländer, Frankfurt am Main 1961.
- Eckhart Blaß: *VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen GVC – gestern-heute-morgen*. Saur, Düsseldorf 1984.
- Horst Chmiel (Hrsg.): *Bioprozesstechnik*. 2. Auflage. Spektrum, München 2006, ISBN 3-8274-1607-8.
- Hans Günther Hirschberg: *Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau. Chemie, Technik, Wirtschaftlichkeit*. Springer, Berlin und Heidelberg 1999, ISBN 3-540-60623-8.

Artikel

- Burkard Lotz: *Der Begriff „schlüsselfertig“ im Anlagenbau*. In: *Betriebs-Berater*. 1996, S. 544ff.
- Burkard Lotz: *Der Konsortialvertrag des Anlagenbaus im In- Und Ausland*. In: *Zeitschrift für deutsches und internationales Baurecht*. 1996, S. 233ff.
- Burkard Lotz: *Haftungsbeschränkungen in Anlagenverträgen*. In: *Zeitschrift für deutsches und internationales Baurecht*. 2003, S. 424ff.

Zeitschriften

- *Verfahrenstechnik* – Zeitschrift für Planung, Bau und Betrieb von Apparaten und Anlagen. Vereinigte Fachverlage, Mainz, ISSN 0175-5315 [3].
- *Chemie Ingenieur Technik* – Verfahrenstechnik, Technische Chemie, Apparatewesen, Biotechnologie. Herausgeber: Dechema, GDCh, VDI. Wiley-VCH, Weinheim, ISSN 0009-286X [4].
- *cav chemie-anlagen+verfahren* – Zeitschrift für Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Apparatetechnik. Konradin Verlag, Leinfelden, ISSN 0009-2800 [5].

Weblinks

- VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen [6]
- DECHEMA [7]
- Übersicht: Fachhochschulen mit dem Studienangebot „Verfahrenstechnik“ [8]
- GDCh, Gesellschaft deutscher Chemiker e.V. [9]
- AIChE, American Institute of Chemical Engineers [10]
- Studiengang Process Engineering and Energy Technology, Hochschule Bremerhaven [11]
- Praxisorientiertes Portal zum Thema Verfahrenstechnik [12]

Referenzen

[1] - "Die Regenbogenfarben der Biotechnologie" (http://www.chemie.de/articles/d/44283/) Artikel bei der Informationsseite "chemie.de", abgerufen am 03.12.2009
[2] Angewandte Mikrobiologie, Garabed Antranikian, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006
[3] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0175-5315
[4] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0009-286X
[5] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0009-2800
[6] http://www.vdi.de/vdi/organisation/schnellauswahl/fgkf/gvc/index.php
[7] http://www.dechema.de
[8] http://www.fachhochschule.de/FH/Fachhochschule/Deutschland/Technik/Verfahrenstechnik.htm
[9] http://www.gdch.de
[10] http://www.aiche.org
[11] http://peet.hs-bremerhaven.de
[12] http://www.cav.de/verfahren

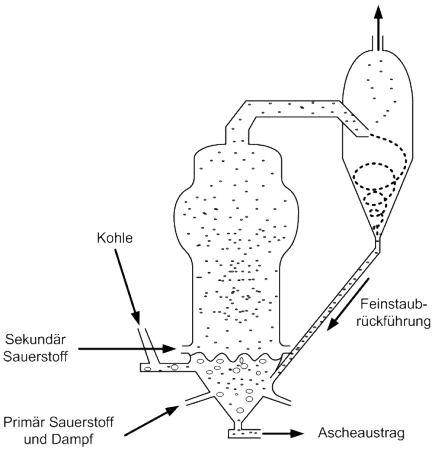
Vergasen

Vergasen beschreibt einen chemisch-physikalischen Vorgang, bei dem ein Teil eines Feststoffs oder einer Flüssigkeit in ein gasförmiges Endprodukt überführt wird. Dies geschieht durch Erhitzung, gegebenenfalls unter einer speziellen, sauerstoffarmen Atmosphäre.

Verfahren

Im Gegensatz zum Verdampfen erfolgt beim Vergasen eine Aufspaltung und Neuordnung bestehender chemischer Verbindungen durch Cracken bzw. Pyrolyse und/oder Reduktion bzw partielle Oxidation. Vergasen ist also als Oberbegriff einer Reihe von chemischen Vorgängen zu betrachten, die als Gemeinsamkeit die Erzeugung eines chemisch veränderten gasförmigen Endproduktes haben. Vergasen kann feste Rückstände hinterlassen.

Einen hohen Bekanntheitsgrad erreichte die Kohlevergasung zur Stadtgaserzeugung. In einem speziellen Generator wurde Braunkohle in einem Wirbelbett zunächst verbrannt, bis ein gleichmäßiges Glutbett entstand. Anschließend wurde ein Gemisch aus Wasserdampf und Luft eingeblasen, wodurch Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff entstanden - die brennbaren Hauptbestandteile von Stadtgas. Das Generatorgas musste anschließend noch von seinen unbrennbaren Bestandteilen (Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid) weitgehend befreit werden, um einen befriedigenden Heizwert zu erzielen. Nachteilig ist der hohe Energieverlust bei der Überführung von Braunkohle in Stadtgas. Stadtgas an sich hat den Nachteil seines giftigen Kohlenmonoxid-Anteils und seines niedrigen Heizwertes und wurde deshalb vom Erdgas verdrängt.



Wirbelschichtvergaser nach Winkler

Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die Holz- bzw. Biomassevergasung. In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg dienten in Deutschland gelegentlich Holzvergaser zum Betrieb von Kraftfahrzeug-Ottomotoren. Seit einigen Jahren wird die thermo-chemische Biomassevergasung zur Strom- und Wärmegewinnung sowie zur Herstellung von Synthesegas für die Produktion von Chemikalien und Kraftstoffen wieder verstärkt genutzt und weiterentwickelt.[1] Eine Weiterverarbeitung der Biomassevergasungsprodukte durch Methanierung führt zu Erdgas kompatiblem Biogas (Synthetic Natural Gas, SNG), das in die vorhandenen Gasnetze eingespeist werden kann.

Eine gewisse Bedeutung hat Vergasen beim Dieselmotor, insbesondere beim Kaltstart mit Hilfe einer Glühkerze, die einen Teil des eingespritzten Kraftstoffes bei Kontakt vergast, wodurch reaktionsfreudige Radikale entstehen. Nicht zu verwechseln ist der hier beschriebene Begriff *Vergasen* mit dem Begriff Vergaser im Sinne einer Gemischbildungseinrichtung beim Ottomotor, dessen Prinzip ausschließlich auf Zerstäuben und Verdampfen beruht.

Beim Vergasen veränderte Energieinhalte werden durch den Kaltgaswirkungsgrad ausgedrückt.

Referenzen

[1] A. Vogel: *Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen. Eine technische und ökonomische Bewertung der Vergasung im Vergleich zur Verbrennung.* IE-Report 2/2007, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig, 2007 ISSN 1862-8060

Viskose

Viskosefasern, kurz **Viskose** oder Zellwolle, sind Chemiefasern (Regeneratfasern), die vom Grundstoff Zellulose ausgehend über das Viskoseverfahren industriell hergestellt werden. Die chemische Zusammensetzung der Viskosefasern gleicht der von Baumwolle. Auch die typische Faserfeinheit (etwa 10 bis 15 µm Durchmesser) und Faserlänge (etwa 40 mm) sind ähnlich der von Baumwolle. Für die Textilindustrie wird Viskose zu einem Endlosfaden versponnen. Durch die Bearbeitung der Zellulose im Viskoseverfahren können – im Gegensatz zum Naturprodukt Baumwolle – die Charakteristika der Faser (Farbe, glänzendes oder mattiertes Aussehen, Faserlänge, -dicke und -querschnitt) variiert werden. Viskose ist eine natürliche Kunstfaser, im Gegensatz zu bekannten synthetischen Kunstfasern wie beispielsweise Polyester oder Polyacryl.

Eine Variante von Viskose ist das Zellglas (Cellophan), das nach dem gleichen Verfahren hergestellt jedoch dann zu Folien verarbeitet wird.

Verwendung

Die Verwendung von Viskose ähnelt der von Baumwolle (Textilien, Mischgewebe mit Polyester uvm.). Im nichttextilen Bereich (Nonwovens) hat die Viskosefaser aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten größere Marktanteile als im textilen Bereich. Anwendungsbeispiele sind hier der Einsatz in Intimhygieneprodukten (z. B. Tampons) sowie in Putztüchern/-schwämmen aufgrund günstigerer Flüssigkeitsaufnahmecharakteristika.

Allzweckschwamm aus Viskose

Herstellung (Viskoseverfahren)

Als Ausgangsmaterial für Viskosefasern dient Zellstoff, welcher seinerseits aus Holz von Buchen, Fichten, Eukalyptus, Pinien oder ähnlichen stammt. Die verwendete Zellstoffqualität unterscheidet sich von der Papierzellstoff-Qualität dadurch, dass die Kettenlänge der Zellulosemoleküle kürzer und die Reinheit höher ist. Der Zellstoff für die Viskoseproduktion enthält weniger Restlignin und weniger Hemizellulosen beziehungsweise Pentosane. Er hat eine bessere Reaktivität gegenüber Natronlauge und Schwefelkohlenstoff und eine bessere Löslichkeit in Natronlauge nach erfolgter Xanthogenierungsreaktion.

Für die Herstellung einer Spinnmasse für das Erspinnen der Viskosefasern wird im klassischen Viskoseverfahren der Zellstoff zunächst mit Natronlauge versetzt. In der wässrigen Natronlauge quillt die Zellulose und bildet Natronzellulose. Auf diese lässt man Schwefelkohlenstoff (CS_2) einwirken. Dabei entsteht Natriumxanthogenat (Xanthat). Das orangegelbe *Xanthat* ist in wässriger, verdünnter Natriumhydroxid-Lösung lösbar und bildet darin eine viskose (honigartige) Lösung. Daher stammt auch der Name der Viskose. Diese Masse mit einer Konsistenz ähnlich der von warmem Honig stellt die Viskose-Spinnmasse dar.

Sowohl vor der Reaktion mit CS_2 als auch nach dem Lösen in Natronlauge wird der Natronzellulose beziehungsweise der Spinnviskose Zeit für die jeweiligen chemischen Reaktionen gegeben. Hierzu gehören die Verkürzung der Kettenlängen der polymeren Zellulosemoleküle vor der Xanthogenierungsreaktion und Umlagerungsreaktionen nach dem Löseprozess. Nach zwei- oder dreifacher Filtration und Entlüftung besitzt dann die Spinnmasse die geeignete Viskosität und den geeigneten Reifegrad – Reaktivität gegenüber dem Spinnbad – um

nachfolgend versponnen werden zu können. Aus Viskose lassen sich grundsätzlich verschiedene Produkte des alltäglichen Lebens, wie Stapelfasern, Filamentfasern, Verpackungsfolien und Kunstdärme mit und ohne Faservliesverstärkung herstellen.

Für die Viskosefasern im klassischen Herstellungsprozess wird ein Schwefelsäurespinnbad eingesetzt, welches zusätzlich noch fast bis zur Sättigungsgrenze Natriumsulfat und eine geringe Menge Zinksulfat zur Verzögerung der Zellulose-Ausfällungsreaktion enthält. Die Viskosespinnmasse wird mittels Zahnradpumpen durch die Spinndüsen gepresst. Der typische Lochdurchmesser eines Einzellochs der Spinndüsen beträgt etwa 50 µm. Das Natrium-Zellulosexanthogenat in der Viskosespinnmasse zerfällt im sauren Milieu des Spinnbades wieder in die Ausgangsmaterialien Zellulose und Schwefelkohlenstoff (CS_2). Die Natronlauge der Viskosespinnmasse bildet mit der Schwefelsäure des Spinnbads Natriumsulfat. Gleichzeitig entsteht Wasser und aufgrund von Nebenreaktionen eine geringe Menge an übelriechendem, giftigem Schwefelwasserstoff, der in einer aufwendigen Gaswäsche entfernt werden muss. Alternativ kann das Biotrickling-Filter-Verfahren (Lenzing AG) angewendet werden, eine einfache und betriebssichere biologische Reinigungstechnik.

Das Wasser und das Natriumsulfat werden in der Rückgewinnung für die Wiederaufbereitung des Spinnbades aus dem verbrauchten Bad entfernt. Natriumsulfat ist somit ein Koppelprodukt im klassischen Viskoseverfahren und wird größtenteils an die Waschmittelindustrie verkauft. Der im Spinnprozess freigesetzte Schwefelkohlenstoff wird zum einen aus den Spinnanlagen abgesaugt und entweder durch Absorption an Aktivkohle direkt rückgewonnen oder zum Zwecke der Herstellung von Schwefelsäure verbrannt. Zum anderen wird das CS_2 aufgrund seines geringen Siedepunktes von 46 °C durch Austreibung aus den frisch gesponnenen Fasern mittels Dampf und nachfolgender Kondensation der Brüden direkt wiedergewonnen und in den Prozess zurückgeführt. Diese CS_2-Austreibung erfolgt üblicherweise, nachdem das frische Spinnkabel zuvor noch zur Festigkeitserhöhung *verstreckt* und auf die gewünschte Faserlänge geschnitten wurde. Da der Schwefelkohlenstoff ein vergleichsweise teures Rohmaterial darstellt, wird dessen vollständige Rückgewinnung angestrebt.

Für ein baumwolleähnliches Aussehen werden die Viskosefasern in einem Nachbehandlungsprozess gewaschen und gebleicht. Chlor-freie Bleiche und der Einsatz von chlorfrei hergestelltem Zellstoff ist in Europa bereits die Regel. Um den Viskosefasern für die Weiterverarbeitung günstige Gleiteigenschaften zu geben, werden vor deren Trocknung noch Avivagen – seifenähnliche Substanzen – im Promillebereich auf die Oberfläche der Fasern aufgebracht.

Die Viskosefasern (Stapelfaser) kommen in Ballen mit einem Gewicht von etwa 250 bis 350 Kilogramm und einer Reprise (handelsübliche Restfeuchte) von etwa elf Prozent auf den Markt. Viskosefäden werden mit Spulengewichten von etwa 1,5 bis 6,0 Kilogramm aufgewickelt. Hierbei werden üblicherweise Titer zwischen 40 und 660 dtex gesponnen.

Hersteller

1911 erwarb die bergische Besatzindustrie, die vorher die Kupferseideproduktion von Max Fremery und Johann Urban übernommen hatte, das Viskosepatent und brachte es zur Produktionsreife. Seit 1908/09 produzierte Hugo Küttner in Pirna Kunstseide, zuerst nach dem Chardonnet-Verfahren, und ab 1910 nach dem Viskosepatent.

Der größte Produzent weltweit ist die Grasim Industries Ltd. (Indien). Europäische Unternehmen sind Lenzing AG und Glanzstoff Austria GmbH in Österreich sowie Kelheim Fibres GmbH in Deutschland. Kelheim Fibres ist der größte Viskosespezialfaserhersteller der Welt, gleichzeitig ist Lenzing der weltgrößte Hersteller von zellulosischen Fasern insgesamt, betrachtet man Viskosefasern, Modalfasern und Tencel-/Lyocellfasern zusammengenommen. Die größten Produktionsstraßen werden von South Pacific Viscose in Purwakarta (Indonesien) mit einer Tagesleistung von rund 150 Tonnen und in Lenzing mit fast 170 Tonnen betrieben. Der größte europäische Produzent von textilen Viskosefilamentgarnen ist die Enka GmbH in Wuppertal.

Der weltweit größte Hersteller von hochfesten Viskose-Fasern, welche hauptsächlich als Reifencord in der Reifenindustrie eingesetzt werden, ist die Cordenka GmbH mit Sitz im Industrie Center Obernburg/Deutschland.

Verwandte Produkte

Ein ähnliches Produkt wie Viskosefasern sind Modalfasern. Sie bestehen ebenfalls zu 100 Prozent aus Zellulose und werden, so wie Viskosefasern, aus natürlichem Zellstoff hergestellt. Den Rohstoff für Viskose liefern Eukalyptus-, Pinien- und Buchenholz, welche entrindet und in streichholzlange Stücke zerkleinert werden. Der Grundstoff für Modalfasern besteht aus Buchenholz. Durch einen etwas unterschiedlichen Prozess erreicht man bei den Modalfasern höhere Faserfestigkeiten und verbesserte Fasereigenschaften. Außerdem besitzt die Modalfaser eine hohe Feuchtigkeitsaufnahme, sowie schnelles Trocknen. Ebenfalls in die Klasse der zellulosischen Fasern sind die Tencel- und Lyocellfasern einzuordnen. Diese werden mit dem gleichen Grundprozess hergestellt. Nach dem Kauf der Marke Tencel durch die österreichischen Lenzing AG (Lyocell) wurde der Markenname Tencel von Lenzing übernommen, weil dieser einen höheren Bekanntheitsgrad hat als die Marke Lyocell. Bei den Tencel-/Lyocellfasern wird der Zellstoff durch das ungiftige Lösungsmittel NMMO (*N*-Methylmorpholin-*N*-oxid) ohne vorherige Reaktion mit Natronlauge und Derivatisierung zum Xanthogenat direkt und unverändert aufgelöst. Das Verspinnen der Tencel-/Lyocellfasern erfolgt in einem verdünnten, wässrigen NMMO-Bad, wobei die Löslichkeitsgrenze der Zellulose überschritten und dadurch ein Faden gebildet wird.

So wie Viskosefasern ist auch bei Modal- und bei Tencel-/Lyocellfasern die Bezeichnung „synthetische Kunstfasern“ oder „Synthetikfasern“ unzutreffend. Das Rohmaterial für diese Fasern ist Zellstoff, welcher aus Holz durch die Entfernung der Bindestoffe (Lignine) direkt und ohne chemische Umwandlung hergestellt wird. Die Umsetzung des Zellstoffes zum Zellulosexanthogenat im klassischen Viskosefaserprozess dient nur zur Erzielung einer Löslichkeit und endet schließlich nach dem Spinnen wieder im Ausgangsmaterial Zellulose. Im Vergleich zu echten Synthetikfasern, deren Rohmaterialien auf Basis von Erdöl oder Erdgas hergestellt werden, tragen Viskosefasern wesentlich weniger zur Erhöhung des Kohlenstoffdioxid-Gehaltes in der Atmosphäre und damit zum Treibhauseffekt bei. Zutreffender ist für Viskose-, Modal- und Tencel-/Lyocellfasern die Bezeichnung „naturnahe Fasern“ oder „natürliche Kunstfasern“.

Literatur zur Geschichte der Viskose

- Lars Bluma: *„L'ersatz ist kein Ersatz“ – Das Schaffen von Vertrauen durch Technikvermittlung am Beispiel der deutschen Zellwolle.* In: Lars Bluma, Karl Pichol, Wolfhard Weber (Hrsg.): *Technikvermittlung und Technikpopularisierung. Historische und didaktische Perspektiven.* Waxmann, Münster 2004, ISBN 3-8309-1361-3, S. 121–142.
- Hans Dominik: *Vistra, das weiße Gold Deutschlands. Die Geschichte einer weltbewegenden Erfindung.* Koehler & Amelang, Leipzig 1936.
- Kurt Götze: *Kunstseide und Zellwolle nach dem Viskose-Verfahren.* Springer, Berlin 1940.
- Jonas Scherner: *Zwischen Staat und Markt. Die deutsche halbsynthetische Chemiefaserindustrie in den 1930er Jahren.* In: *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte.* 89, Nr. 4, 2002, S. 427–448.

Weblinks

- Didaktik der Chemie an der FU Berlin: Viskoseverfahren [1]

Referenzen

[1] http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/viskosyn.htm

- W -

Wachs

Brennende Kerze aus synthetischem Wachs

Wachse (von althochdeutsch "wahs": wie "Wabe" und "weben" zu indogermanisch "ueg" ['weben', 'Gewebe']) sind Stoffe, die heute durch ihre mechanisch-physikalischen Eigenschaften definiert werden. Ihre chemische Zusammensetzung und Herkunft sind hingegen sehr unterschiedlich.

Ein Stoff wird als Wachs bezeichnet, wenn er bei 20 °C knetbar, fest bis brüchig hart ist, eine grobe bis feinkristalline Struktur aufweist, farblich durchscheinend bis opak, aber nicht glasartig ist, über 40 °C ohne Zersetzung schmilzt, wenig oberhalb des Schmelzpunktes leicht flüssig (wenig viskos) ist, eine stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit aufweist sowie unter leichtem Druck polierbar ist. Ist mehr als eine der oben aufgeführten Eigenschaften nicht erfüllt, ist der Stoff nach Definition der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft (DGF-Einheitsmethode M-I 1 (75)) kein Wachs.

Wachsarten

Tierische und pflanzliche Wachse

Carnaubawachs, teilweise geschmolzen

Tierische und *pflanzliche Wachse* zählen zu den Lipiden. Hauptkomponenten dieser Stoffgemische sind Ester von Fettsäuren mit langkettigen, aliphatischen, primären Alkoholen, den so genannten Wachsalkoholen. Diese Ester unterscheiden sich in ihrem Aufbau von den Fetten und fetten Ölen, die Triglyceride mit Fettsäuren sind. Aus diesem Aufbau resultiert eine chemische Definition von Wachsen, bei der die oben genannten mechanisch-physikalischen Eigenschaften nicht unbedingt erfüllt werden.

Tierische Wachse sind beispielsweise Walrat, Wollwachs und Bienenwachs. Zu den pflanzlichen Wachsen gehören Zuckerrohrwachs oder das Carnaubawachs der Carnaubapalme. Das Jojobaöl besteht nicht aus Triglyceriden und ist damit kein *fettes Öl*, sondern chemisch betrachtet ein *flüssiges Wachs*. Weitere pflanzliche Wachse sind Candelillawachs, das aus verschiednenen Euphorbiaceae gewonnen wird, und Japanwachs. Wachsschichten auf Blättern und Früchten haben die Aufgabe Pflanzen vor Wasserverlusten zu schützen.

Erdwachse

Geologische *Erdwachse* (Ozokerit und das daraus hergestellte Ceresin) bestehen im Wesentlichen aus Kohlenwasserstoffen.

Synthetische Wachse

Synthetische Wachse werden hauptsächlich aus Erdöl gewonnen. Hauptprodukt ist Hartparaffin, das z. B. für Kerzen und Schuhcreme verwendet wird. Für spezielle Anwendungen werden natürliche Wachse chemisch modifiziert oder vollständig synthetisiert (Polyethylene, Copolymere). Auch aus Soja kann durch Hydrierung Sojawachs hergestellt werden.

Verwendung

Neben den schon genannten Verwendungen für Kerzen, Polituren und Imprägnierungen (z. B. Wachspapier für Verpackungen), werden Wachse in der Gießerei und wegen der guten Formbarkeit für Wachsfiguren gebraucht. In der bildenden Kunst stellen Künstler Modelle (Bozzetti) für Skulpturen aus Wachs her.

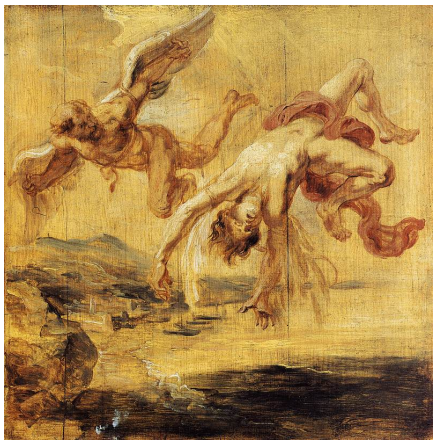
Zu einem Block gegossenes Bienenwachs und obenauf Wachs aus einem Sonnenwachsschmelzer

Jojobaöl und Japanwachs wird in der Kosmetik eingesetzt. Auch in medizinischen Produkten wie zahnärztlichen Wachspräparaten sowie als Rohstoff für die Seifenherstellung wird es verwendet. Am Bau werden Wachse zur Fußboden- und Holzbeschichtung eingesetzt. Polierte Wachse verleihen Oberflächen ein glänzendes Aussehen (Bohnerwachs), erleichtern aber auch die Gleitfähigkeit (Skiwachs). Bienenwachs und einige andere natürlichen Wachse sind als Lebensmittelzusatzstoff (meist als Trennmittel) zugelassen.

Für die historisch korrekte Restauration von Möbel-Antiquitäten (bis zum Biedermeier; ab dann wurde Schelllack verwendet) wird ein spezielles Möbelwachs, heute meistens als „Antik-Wachs“ bezeichnet, verwandt. Es wird in das Holz eingerieben und dann auspoliert. Für ein Wachsfigurenkabinett ist – wie der Name schon vermuten lässt – Wachs ein unabdingbarer Werkstoff; diese naturgetreuen Darstellungen der Gesichter sind bis heute noch von keinem Kunststoff erreicht worden.

Historisches

Nach der Sage verwendete Daidalos, der Vater des Ikaros, Wachs, um sich und seinem Sohn Federn an den Armen zu befestigen und wie ein Vogel fliegen zu können. Ikarus kam der Sonne zu nahe, die das Wachs schmelzen ließ; er stürzte ab und ertrank im Meer.



Peter Paul Rubens: *Der Sturz des Ikarus.* 1636

Ägyptische Mumien sind mit Wachsfarben eingefärbt; diese Technik nennt sich Enkaustik. Heutzutage werden gefärbte Wachse als Wachsmalstifte verkauft.

In der antiken und mittelalterlichen Heilkunde fand das „unberührte“ Jungfernwachs (von den unbebrütete Waben) bei der Zubereitung verschiedener Arzneimittel Verwendung.

Siegelwachs wurde bis zum 16. Jahrhundert zum Siegeln von Dokumenten verwendet. Es wurde dann durch den als *spanisches Wachs* bezeichneten Siegellack ersetzt.

Wachstafeln dienten in Griechenland und Rom als Schreibgrundlage für Notizen, da das Geschriebene wieder gelöscht werden konnte.

Im Mittelalter war der zuständige Handwerker ein hochangesehener Beruf: der Lebzelter. Er produzierte feine teure Kerzen (Lichtmess), Honig und Lebkuchen.

In der Renaissance, im Barock und im Klassizismus wurden wertvolle Möbel mit Wachs eingerieben und poliert.

Vom Ende des 19. Jahrhunderts bis in die 1920er-Jahre benutzte man bei Phonographen-Walzen Wachs erst als Tonträger für einen Vorläufer des Diktiergerätes und später weiterhin als Ursprungsmaterial für die Original-Aufnahme, die dann nach dem Vergolden in verschiedenen Prozessen vervielfältigt werden konnte. Für die von 1895 bis 1955 hergestellten Schelllackplatten und auch für die noch altbekannten Singles und LPs diente ebenfalls immer eine Wachsplatte zunächst für die Ur-Aufnahme, nach dem Zweiten Weltkrieg immerhin noch zum Überspielen der Tonband-Aufnahme. Nach dem Versilbern wurde die Wachsplatte als Matrize zum Herstellen von Matrizen-Kopien gebraucht, mit denen dann die Schallplatten massenhaft gepresst werden konnten.

Siehe auch

- Wachsliefernde Pflanzen unter Nutzpflanzen, Wachszieher, Stearin
- Wachsmalerei

Weblinks

- Bayerische Wachszieher-Innung -Bundesinnung- [1]

Referenzen

[1] http://www.kerzeninnung.de/

Waldrestholz

Als **Waldrestholz** bezeichnet man in der Forstwirtschaft die Holzreste, die nach einem Holzeinschlag oder einer Rodung auf der Fläche verbleiben und in der Regel nicht genutzt werden. Diese setzt sich überwiegend aus Baumkronen, Ästen und nicht verkaufbaren Stammteilen zusammen und stellt den Anteil des Schlagabraums dar, der nach Abzug der sonstigen Biomasse (Blätter, Nadeln) als theoretisch nutzbare Holzmenge verbleibt. Diese Holzmenge entspricht bei Nadelholz 5-10, bei Laubholz 12-15 Prozent des Gesamtertrags. Das Waldrestholz ist damit prinzipiell von Industrierestholz zu unterscheiden, das alle Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle umfasst, die in der holzbearbeitenden und -verarbeitenden Industrie anfallen.

Für die Weiterverwertung an der Waldstraße abgelegtes Waldrestholz.

Forstwirtschaftlich bezeichnet Waldrestholz bei der Angabe in Derbholzkubikmetern die Menge des nicht verwertbaren Derbholzes sowie bei der Angabe in Baumholzkubikmetern die nicht verwertbare Menge an Derbholz und Reisholz.

Nutzung

Waldrestholz verbleibt in der Regel im Wald und wird nicht genutzt. In waldreichen Regionen kann Waldrestholz zum Teil in Form von Bündeln aus dem Wald bzw. von gerodeten Flächen entfernt und vor allem für die energetische Nutzung der Biomasse in Biomasseheizkraftwerken verwendet werden.

Literatur

- *Forstwirtschaftlich produzierte Lignocellulosepflanzen.* In: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 2009; S. 75-88. ISBN 978-3-540-85094-6

Waschmittel

Unter dem Sammelbegriff **Waschmittel** werden Gemische verschiedener Substanzen in flüssiger, gelartiger oder pulverförmiger Art bezeichnet, die zum Reinigen von Textilien verwendet werden. Sie enthalten waschaktive Substanzen, welche in der Lage sind, Verunreinigungen von Textilien zu lösen.

Geschichte

Verschiedene Waschmittel der Marke Linux

Von der Antike bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts

Der Anfang des Waschens bestand wahrscheinlich nur aus der Nutzung des Wascheffekts des reinen Wassers, der durch Reiben, Schlagen und Treten der Wäschestücke verstärkt wurde. Homer beschreibt in der Odyssee, wie Nausikaa und ihre Gespielinnen die Wäsche am Strand waschen und zum Bleichen in die Sonne legen.

Im alten Rom war eine erste Art von Waschmittel in Nutzung. Man sammelte Urin, vergor ihn unter Ammoniak-Bildung und wusch damit die Wäsche.

Die Sumerer gelten als das älteste Kulturvolk, von dem überliefert ist, wie man aus Holzasche und Öl eine seifenähnliche Substanz herstellen kann. Keilschriftaufzeichnungen berichten vom Weben, Walken und Waschen von Wollstoffen. Es ist ein detailliertes Rezept überliefert, in welchem Verhältnis Holzasche und Öl vermischt werden müssen. Dabei handelt es sich gleichzeitig um die ersten Aufzeichnungen von chemischen Reaktionen.

Auch von den Ägyptern, Galliern und Germanen ist die Verseifung von Fetten und Ölen bekannt. Allerdings sind solche Seifen wohl eher in der Kosmetik und als Heilmittel genutzt worden. Erst der griechisch-römische Arzt Galenos (130–200 n. Chr.) macht auf die Reinigungswirkung von Seife aufmerksam.

Weitere Berichte über Seife und ihre Nutzung sind rar. Karl der Große (747 - 814 n. Chr.) förderte im fränkischen Reich das Handwerk der Seifensieder. Die Araber, Spanier, Italiener und Franzosen brachten die Seifensiederei zur Hochblüte, da der Ölbaum als Rohstoffquelle entdeckt wurde. Ab dem 14. Jahrhundert gab es in Deutschland Seifensieder-Zünfte. Die Seife war aber weiterhin ein Luxusartikel. Erst die Entdeckung der technischen Herstellung (Leblanc-Verfahren und Solvay-Verfahren) von Soda, das für die Verseifung von Fetten benötigt wird, machte Seife billiger.

Mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts wird Seife immer mehr in „selbsttätigen“ Waschmitteln in Kombination mit anderen Komponenten eingesetzt. Neben der Seife enthielten diese *Gerüststoffe* (*Builder*), und zwar vor allem Soda (Natriumcarbonat), Wasserglas (Natriumsilicat) und Natriumperborat. Diese Substanzen ersparten die umständliche Rasenbleiche. Der Markenname *Persil* der Firma Henkel, 1907 eingeführt, dokumentiert das durch seinen Namen: *Per* von Perborat und *Sil* von Silikat.

Ab 1960 wurde auch die Wäsche immer mehr von der Handwäsche auf Maschinenwäsche umgestellt, was durch technischen Fortschritt möglich wurde. Dadurch wurde auch eine Umstellung der Waschmittelzusammensetzung notwendig. Unter anderem musste die Wasserhärte-Empfindlichkeit verbessert werden. Denn die Bildung von *Kalkseifen*, Verbindungen von Seife mit Erdalkalimetallen, mindert die Waschkraft, macht die Wäsche hart und lässt sie schneller verschleißen.

Allmählich änderten sich auch die Rohstoffe, aus denen die Seifen hergestellt wurden. In Deutschland waren lange Talge die Fettgrundlage, später kamen auch Palmöl und Kokosöl hinzu. Mit der Zeit wurden jedoch die Produkte immer mehr auf Basis von Kohle und Erdöl hergestellt. Ein Vorläufer waren die *Türkischrotöle*. 1834 wurde von dem Chemiker Friedlieb Ferdinand Runge aus Schwefelsäure und Olivenöl ein „sulfoniertes Öl“ hergestellt, das

zuerst in der Buchdruckerei Anwendung fand. Ein Fabrikant aus Schottland kaufte das Verfahren und wandte es unter Nutzung des dort billigeren Rizinusöls an. Dabei entstand ein Sulfo-Rizinoleat, das sehr gute benetzende Wirkung hatte und besonderes in der Baumwollfärberei genutzt wurde. Auch wenn diese Chemikalie nicht für die Reinigung eingesetzt wurde, war damit die Nutzung der Sulfogruppe anstelle der wasserhärteempfindlichen Carboxygruppe erkannt.

Entwicklung moderner Waschmittel ab den 1950ern

Der Name Tenside für grenzflächenaktive Substanzen wurde 1964 von dem Chemiker Götte vorgeschlagen, der bei der Firma Henkel arbeitete.

In den 1950er-Jahren wurde die klassische Seife immer mehr durch das Tetrapropylenbenzolsulfonat (TPS) ersetzt, das auf petrochemischer Basis hergestellt wurde. Dies führte zur Schaumbildung und zur Sauerstoffarmut in den Gewässern, da TPS nur ungenügend abbaubar war. Verstärkt wurde dieser Effekt durch die Verbreitung von Waschmaschinen in den Haushalten und dadurch, dass es unüblich wurde, die Wäsche an Großwäschereien zu geben. Eine allgemeine Überdosierung war die Folge. Bald trat aber die biologische Abbaubarkeit als ein neues Kriterium in den Vordergrund:

Am 5. September 1961 wurde das Detergentiengesetz („Gesetz über Detergentien in Wasch- und Reinigungsmitteln“, siehe Bundesgesetzblatt Nr. 71 von 1961) verabschiedet; in Kraft trat es Ende 1964. Dazu gehört die am 1. Dezember 1962 die Detergentienverordnung. Ab 1. Oktober 1964 sollten Wasch- und Reinigungsmittel nur Tenside enthalten dürfen, die zu mindestens 80 % biologisch abbaubar seien. Anstelle des schwer abbaubaren, verzweigten TPS wurden immer mehr lineare Alkylbenzolsulfonate (z.B. Natriumdodecylbenzolsulfonat) eingesetzt.

Um Tenside in ihrer Wirkung zu unterstützen, wurde zur Wasserenthärtung hauptsächlich Pentanatriumtriphosphat eingesetzt. In den letzten Jahren haben anorganische Ionenaustauscher, wie zum Beispiel Zeolith A, die eine Überdüngung der Gewässer durch Phosphate verhindern, Bedeutung erlangt. Es kamen weitere Substanzen hinzu, die die Waschwirkung verbesserten.

Mit der Erstfassung des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes (WRMG) aus dem Jahr 1987, der EU-Detergenzienverordnung aus 2005 und der Neufassung des WRMG von 2007 wurden die Anforderungen an die biologische Abbaubarkeit von Tensiden weiter erhöht. Der Anteil an petrochemisch hergestellten Tensiden nahm ab und der Anteil an oleochemisch hergestellten Tensiden aus nachwachsenden Rohstoffen inzwischen auf 50 % zu.[1] [2]

Zeittafel (20. Jahrhundert):

1907 wurde in Deutschland das erste moderne Waschmittel mit Namen Persil (Henkel) produziert, einige Quellen, vor allem im Internet, nennen fälschlich das Jahr 1909. Der Name setzte sich aus Natrium**PER**borat und **SIL**ikat zusammen. Natriumperborat bleichte Flecken und Silikat transportierte abgelösten Schmutz.

1932 erfand Heinrich Gottlob Bertsch (1897–1981) in Chemnitz das erste vollsynthetische Feinwaschmittel. Unter dem Namen Fewa ist es vielen ehemaligen DDR-Bürgern noch in Erinnerung. In Westdeutschland warb FEWA Anfang der 1950er Jahre mit dem Slogan: *„Jetzt wieder in Friedensqualität“*.

1960 wurden die biologisch leicht abbaubaren Tenside eingeführt, um die starke Schaumbildung in Flüssen und an Wehren zu vermindern.

1968 begann die Verwendung von Enzymen in Waschmitteln. Diese sorgen für den schnelleren Abbau von Eiweiß, Fett und Stärke.

1986 entlasteten neue phosphatfreie Waschmittel die überdüngten Gewässer.

1992 begann die Einführung von Color-Waschmitteln für bunte Wäsche. Diese enthalten keine Bleiche und vermindern die Farbübertragung zwischen den einzelnen Wäschestücken.

1994 kamen neue Superkonzentrat-Waschmittel auf den Markt, von denen man nur die Hälfte der üblichen Dosierung benötigt. Auf diese Weise werden die Gewässer vor übermäßigen Mengen an Füllsalzen geschützt.

Arten

Verschiedene Typen von Waschmitteln werden nach Inhaltsstoffen und dem Bereich der möglichen Waschtemperatur unterschieden:

- *Vollwaschmittel* (auch *Kochwaschmittel* genannt) sind für alle Temperaturbereiche (20°C bis 95 °C), die meisten Textilien und Waschverfahren geeignet.
- *Buntwaschmittel* (auch *Colorwaschmittel* genannt) sind für Waschtemperaturen von 20 °C bis 60 °C.
- *Feinwaschmittel* sind für die Waschtemperatur von 30 °C und für Handwäsche geeignet. Sie enthalten keine Bleichmittel und optische Aufheller, dafür aber verstärkt Enzyme und Seife. Höhere Temperaturen zerstören die enthaltenen Enzyme.
- *Spezialwaschmittel* für Wolle, Seide, Daunen, Sport- und Membrantextilien sind in der Regel für niedrige Temperaturen geeignet.
- *Baukastenwaschmittel* bestehen aus den den einzelnen Komponenten eines Vollwaschmittels, die individuell dosiert werden können.

Allgemeine Inhaltsstoffe von Waschmitteln

Alle Waschmittel enthalten folgende Komponenten:

- Tenside sind der waschaktive Hauptbestandteil von Waschmitteln. Sie machen, je nach Waschmittel, einen Anteil von rund 20 bis 30 % aus. Verwendung finden anionische (z. B. lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS)) und nichtionische Tenside (z. B. Zuckertenside).[2]
- Wasserenthärter erzeugen weiches Wasser. Damit können Tenside ihre Wirksamkeit besser entfalten, da sich weniger Kalkseifen bilden. Als Wasserenthärter finden insbesondere Zeolith A und auch Schichtsilikate Verwendung. Sogenannte Builder unterstützen (neben anderen Funktionen) diese mineralischen Enthärter. Wasserenthärter verhindern Kalkablagerungen in der Waschmaschine. Zusätzliche Wasserenthärter sind bei Verwendung üblicher Waschmittel nicht nötig.[3]
- Waschalkalien erhöhen den pH-Wert der Waschlauge. Damit quellen die Fasern auf und der Schmutz lässt sich leichter ablösen.
- Enzyme, z. B. für die Entfernung von eiweiß- stärke- und fetthaltigen Flecken. Sie wirken unterschiedlich gut bei niedrigen und/oder mittleren Waschtemperaturen und werden bei hohen Temperaturen zerstört (denaturiert). (Amylasen spalten Stärke, Lipasen spalten Fette, Proteasen spalten Eiweiße und Cellulasen spalten Zellulose, um die Rauigkeit von Baumwolltextilien zu vermindern.)
- Schmutzträger halten den abgelösten Schmutz in der Schwebe oder verhindern, dass sich dieser wieder auf der Wäsche niederlegt. → Carboxymethylcellulose beschichtet Baumwollfasern gegen Schmutz.
- Kernseifen und Silikone regulieren die Schaumentwicklung als Entschäumer.
- Duftstoffe überdecken den Eigengeruch.
- Stellmittel, wie Natriumsulfat, halten pulverförmige Waschmittel während der Lagerung pulverförmig und dienen als kostengünstiges Streckmittel zur Gewinnsteigerung. Waschmittel mit der Bezeichnung *Konzentrat* enthalten weniger Streckmittel. Die Wirkstoffe sind *weniger verdünnt*.

Vollwaschmittel

Vollwaschmittel (Kochwaschmittel) sind meist pulverförmige Waschmittel für Textilien. Sie sind für alle Temperaturbereiche (20 °C bis 95 °C), die meisten Textilien und Waschverfahren geeignet. Vollwaschmittel verlieren jedoch an Bedeutung zugunsten von *Buntwaschmitteln*. Die zur Wäsche benötigte Menge an Vollwaschmittel wird neben dem Verschmutzungsgrad der Wäsche von der Wasserhärte bestimmt. In Gegenden mit hoher Wasserhärte werden somit zwangsläufig viele Inhaltsstoffe überdosiert. (siehe dazu Absatz Baukastenwaschmittel)

Zusätzliche Inhaltsstoffe

- Bleichmittel entfernen nicht auswaschbare, farbige Verschmutzungen, z. B. von Früchten oder Blut. Es sind Bleichmittel auf Wasserstoffperoxidbasis, wie z. B. Natriumperborat. Sie wirken besonders gut bei hohen Waschtemperaturen.
- Bleichaktivatoren erhöhen die Wirksamkeit der Bleichmittel bei niedrigen Temperaturen.
- Optische Aufheller sind fluoreszierende Stoffe, die Weißes weißer erscheinen lassen. Bei farbigen Textilien kann sich durch die Aufheller der Farbeindruck verändern.
- Bleichstabilisatoren verhindern den unkontrollierten Zerfall der Bleichmittel während der Lagerung und beim Einsatz des Waschmittels. Omnipräsente Spuren von Schwermetallen fördern die schnelle Freisetzung des Sauerstoffs. Phosphonate können die Schwermetalle binden.
- Konservierungsmittel sind in der Regel nicht nötig, da mikrobakterieller Befall des pulverförmigen Waschmittels wegen Wassermangel kaum vorkommt.

Inhaltsstoffe *flüssiger Vollwaschmittel*

Neben den oben aufgezählten Inhaltsstoffen werden in flüssigen Vollwaschmitteln auch andere Stoffe verwendet.

- Alkohole verstärken reinigungswirksame Substanzen und ermöglichen bei flüssigen Waschmitteln, dass die Tenside gelöst werden können; sie wirken teilweise auch als Konservierungsmittel.
- Konservierungsmittel schützen Waschmittel vor mikrobiellem Befall.
- Wasserenthärter, die in dem flüssigen Waschmittel löslich sind. → Komplexbildner wie z. B. NTA, Phosphonate, EDTA, keine mineralischen Enthärter.

Buntwaschmittel

Buntwaschmittel sind pulverförmige oder flüssige Waschmittel für Textilien. Sie sind meist für den Temperaturbereich von 20 °C bis 60 °C und für die meisten Textilien und Waschverfahren geeignet. Buntwaschmittel haben gegenüber von Vollwaschmitteln an Marktanteilen gewonnen.

Inhaltsstoffe

Über die normalen Inhaltsstoffe eines Waschmittels hinaus enthalten Buntwaschmittel:

- Farbübertragungsinhibitoren zum Schutz der Farbe der Textilien. Sie vermeiden das Abfärben auf andere Textilien während des Waschvorgangs.

Im Gegensatz zu Vollwaschmitteln sind in Buntwaschmitteln folgende Substanzen in der Regel nicht vorhanden:

- Bleichmittel, Bleichaktivatoren, Bleichstabilisatoren.
- Optische Aufheller. Bei farbigen Textilien kann sich durch die Aufheller der Farbeindruck verändern.
- Konservierungsmittel sind in der Regel bei allen pulverförmigen Waschmitteln nicht nötig, da mikrobieller Befall des Waschmittels wegen Wassermangel kaum vorkommt.

Feinwaschmittel

Feinwaschmittel für empfindliche Stoffe enthalten, im Gegensatz zu Vollwaschmitteln, keine Aufheller und Bleichmittel. Einige Feinwaschmittel wirken ohne Enzyme wie beispielsweise Cellulase, die vermieden werden sollten, wenn man dunkle Kleidung aus Baumwolle, Viskose oder Lyocell möglichst lange wie neu aussehen lassen möchte.

Spezialwaschmittel

Relativ neu sind flüssige Spezialwaschmittel für Kleidung aus synthetischen Materialien (v. a. Sporttextilien), die schon nach kurzer Tragezeit einen unangenehmen Geruch haben.

Baukastenwaschmittel

Baukastenwaschmittel bestehen meistens aus drei wesentlichen Bestandteilen eines Vollwaschmittels, die Bestandteile werden einzeln in einem Beutel oder Karton angeboten.

1. Der Enthärter gewährleistet die Anpassung an die jeweilige örtliche Wasserhärte.
2. Das Basiswaschmittel ohne Bleichmittel entspricht einem Feinwaschmittel und wird nach dem Verschmutzungsgrad der Wäsche dosiert.
3. Das Bleichmittel wird nur bei starker Verschmutzung und bleichbarer Wäsche zudosiert. Es macht aus dem Basispulver ein Vollwaschpulver.

Vollwaschmittel müssen bei hartem Wasser höher dosiert werden, um mehr Enthärter bereitzustellen. Dabei werden zwangsläufig auch die anderen Komponenten höher dosiert. Baukastenwaschmittel sind umweltfreundlicher, da der Enthärter alleine höher dosiert werden kann und so die anderen Komponenten eingespart werden bzw. sparsamer eingesetzt werden.

Wasch-/Weichspül-Kombinationen

Einige pulverförmige Vollwaschmittel enthalten Substanzen, die die Wäsche im letzten Spülgang auch *weich* machen sollen, so dass ein zusätzlicher Weichspüler entbehrlich wird. Vorteil ist, dass kein separates Mittel gekauft und dosiert werden muss. Nachteilig ist, dass der weichspülende Effekt immer eintritt - auch dort, wo er nicht erwünscht ist, z.B. bei Kragen oder Manschetten von Hemden oder bei Gardinenstoffen.

Tandem-System

Die zielgerichtete Anwendung von *kompakten Vollwaschmitteln* im Verbund mit *kompakten Buntwaschmitteln* wird gelegentlich als Tandem-System bezeichnet. Dabei kommt das kompakte Vollwaschmittelpulver für weiße Wäsche und bei hohen Temperaturen, das kompakte Buntwaschmittel für bunte Wäsche zum Einsatz. Allgemein kommen diese Pulverwaschmittel ohne das Stellmittel Natriumsulfat aus. Laut Umweltbundesamt reicht die Umweltverträglichkeit kompakter Buntwaschmittel an die von Baukastenwaschmitteln heran.

Funktionswaschmittel

Spezielle Waschmittel werden für die Reinigung, Pflege, Imprägnierung und Werterhaltung der unterschiedlichsten technischen Fasern benutzt. Hauptsächlich kommen sie bei der Pflege von Sporttextilien zum Einsatz und sollen helfen, die Lebensdauer der Funktionstextilien zu erhöhen. Funktionswaschmittel gibt es für Textil-Membranen, Microfasern, Daunenfüllungen sowie als Hygiene-Spüler für Funktionsunterwäsche.

Siehe auch

- Textilpflegesymbol
- Waschnuss
- gewöhnliches Seifenkraut
- Seife
- Waschmaschine
- Reinigungsmittel

Literatur

Ältere Literatur

- W. Kling: *Physik und Chemie des Waschens.* Angewandte Chemie 62(13/14), S. 305–311 (1950), ISSN 1521-3757 [4]

Aktuelle Literatur

- H. G. Hauthal, G. Wagner: *Reinigungs- und Pflegemittel im Haushalt. Chemie, Anwendung, Ökologie und Verbrauchersicherheit.* Verlag für chemische Industrie, Augsburg 2003, ISBN 3-87846-230-1
- Michaela Wilke: *Waschmittel. Von der Seife zum konfektionierten Pulver.* In: *Naturwissenschaftliche Rundschau.* 10/57/2004, S. 544–555, ISSN 0028-1050 [5]
- Günter Wagner: *Waschmittel: Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit* 14. Dezember 2004 Wiley-VCH, ISBN 3527312161

Weblinks

- Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel [6]
- Seite rund ums Wäschewaschen [7]
- Wasch- und Reinigungsmittel [8] (UmweltWissen - Bayerisches Landesamt für Umwelt; PDF-Datei; 184 kB)
- Hintergrundinformationen zum Wasch- und Reinigungsmittelgesetz [9] beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), einschließlich dem *Wasch- und Reinigungsmittelgesetz im Volltext* (pdf) [10]
- www.seilnacht.com: *Lexikon der Seifen und Waschmittel* [11], Lexikon mit umfassenden Informationen und Abbildungen zum Thema Seifen, Waschmittel und verwandten Themen

Referenzen

[1] www.innovations-report.de: *Molekulare Enzymtechnologie: umweltfreundliche Biotenside* (http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/molekulare_enzymtechnologie_umweltfreundliche_150598.html), vom 11. März 2010, abgerufen am 6. April 2010

[2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): *Marktstudie Nachwachsende Rohstoffe* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_254marktstudie_2006.pdf), Gülzow 2006, als pdf

[3] www.test.de: test 10/2000, *Vollwaschmittel - Die Weißmacher* (http://www.test.de/themen/haus-garten/test/-Vollwaschmittel/18889/18889/114207/), Untersuchung der Stiftung Warentest, abgerufen am 29. März 2010

[4] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1521-3757

[5] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0028-1050

[6] http://www.ikw.org/pages/prodgr_waschmittel.php?navi_id=wm

[7] http://www.waesche-waschen.de/

[8] http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_76_wasch_und_reinigungsmittel.pdf

[9] http://www.bmu.de/chemikalien/downloads/doc/35500.php

[10] http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wrmg_gesamt.pdf

[11] http://www.seilnacht.com/waschm/waschm.html

Waschnussbaum

Waschnussbaum
Waschnussbaum (*Sapindus mukorossi*)
Systematik
Rosiden
Eurosiden II
Ordnung: Seifenbaumartige (Sapindales)
Familie: Seifenbaumgewächse (Sapindaceae)
Gattung: Seifenbaum (*Sapindus*)
Art: Waschnussbaum
Wissenschaftlicher Name
Sapindus mukorossi
Gaertn.

Der **Waschnussbaum** (*Sapindus mukorossi*), (hindi: रीठा, rīṭhā, *Ritha*; auch *Doadni*, *Doda* oder *Dodan*) ist ein Baum der tropischen und subtropischen Regionen Asiens. Der wertvollste Teil der Pflanze sind ihre Früchte, die seit Jahrhunderten zum Waschen verwendet werden.

Beschreibung

Waschnussbäume können siebzig Jahre und älter werden und dabei 25 Meter Höhe und einen Stammumfang von 3 bis 5 Metern erreichen. Die Rinde ist bei jungen Bäumen hellgrau und glatt, bei älteren dunkelgrau.

Nach zehn Jahren trägt der Baum die ersten Früchte: orangefarbene, klebrige Nüsse, die etwa haselnussgroß sind und im September geerntet werden. Nach dem Trocknen sind die Früchte nicht mehr klebrig und rotbraun bis dunkelbraun.

Die Schale der Nüsse enthält bis 15 % Saponine, wobei die Qualität von der Erntezeit und dem Alter des Baums bestimmt wird.

Herkunft

Die Pflanze wächst von Afghanistan bis China wild, bevorzugt in tiefem Lehmboden und in Gebieten mit einer jährlichen Regenmenge von 1.500 bis 2.000 mm.

Verwendung

Waschnüsse

Die als "Waschnuss" bezeichneten Früchte werden in Indien traditionell zum Waschen von Kleidern und Haaren verwendet, aber auch als Heilmittel in der chinesischen und ayurvedischen Medizin. Waschnüsse sind auch in Deutschland erhältlich, sowohl als ganze Nüsse als auch in Pulverform, als gebrauchsfertige, halbierte Schalen oder als anwendungsfertige Produkte wie Flüssigwaschmittel.

Für die Wäsche werden die Nüsse geknackt und die Schalen in einem Baumwollsäckchen zur Wäsche in die Trommel gegeben. Je nach Waschtemperatur und Wasserhärte variiert die benötigte Menge von 3 bis 7 Nusshälften für eine Waschmaschinenladung. Die Waschnüsse können bei Wäschen bis zu 40 °C für zwei Waschgänge verwendet werden. Anders als herkömmliche Waschmittel haben Waschnüsse keine Wasser enthärtende oder textilbleichende Wirkung und geben keine Geruchsstoffe an die Wäsche ab. Bei Bedarf werden daher der Wäsche zusätzlich Bleichmittel, Wasserenthärter und/oder Duftstoffe (z.B. ätherische Öle) zugegeben werden. Alternativ zum Wasserenthärter kann die Waschlösung mit Zitronensäure angesäuert werden, da Saponinglykosid auch in saurer Lösung wirksam ist.

Die Waschwirkung von Waschnüssen bei der Reinigung von Textilien ist umstritten.[1] [2] Da die Wirkstoffe bei Anwendung in der Wäschetrommel auch während der Spülgänge an das Wasser abgegeben werden, gelangen Wirkstoffe auch während der Endphase der Reinigung in die Wäsche und können daher nicht komplett ausgewaschen werden. Ein Waschgang erfordert Waschnüsse im Wert von etwa 0,10 EUR.

Der Sud von in Wasser aufgekocheten Waschnüssen kann als Duschmittel, Shampoo oder Allzweckreiniger für den Haushalt verwendet werden. Vom Wasserextrakt der Waschnussschale soll eine Wirkung gegen verschiedene phytopathogene Pilze ausgehen

Der Kern der Waschnuss und nach der Anwendung verbleinende Reste der Schale können kompostiert werden. Die waschaktiven Substanzen der Wachnuss gelten als biologisch abbaubar innerhalb von 22 Tagen[3] .

Marktentwicklung

Durch den steigenden Gebrauch von Waschnüssen in Westeuropa versechsfachte sich deren Preis im Herkunftsland Indien zwischen den Jahren 2003 und 2008, so dass die Preiswürdigkeit der Waschnuss als Waschmittel gegenüber marktüblichen und weniger umweltschonenden Waschmitteln abnahm.[4] [5]

Literatur

- Kircher, Nora: *Waschnüsse & Co. – Waschmittel, die man pflücken kann*. Frank Jaspers Verlag, Bawinkel 2008, ISBN 978-3-938090-22-0.

Referenzen

[1] Zusammenfassung des Öko-Test-Artikels vom September 2003 (http://www.oekotest.de/cgi/yabb2/YaBB.pl?num=1112360030)

[2] Saubermacher – Der ewige Kampf gegen den Dreck (http://www.planet-wissen.de/p-w/?NavID=Artikel&pagecode=2F7CA49B9B071F51E0440003BA5E0921TV)

[3] Auszeichnungen Planet pure (http://www.planetpure.com/deutsch/umweltAbbau.htm)

[4] *Schmutzwäsche durch Bio-Boom* (http://www.taz.de/1/leben/alltag/artikel/1/waschnuesse-mangel-durch-bio-boom/). In: Taz Online, 11. März 2008

[5] Oliver Nagel: *Reines Gewissen – Umweltbewusste Europäer machen indische Waschnüsse unbezahlbar*. In: Thomas Osterkorn, Andreas Petzold (Hrsg.): *Neon Ausgabe Juni 2008*. Neon Magazin GmbH, Hamburg 2008, S. 31

Wasserstoffherstellung

Mit **Wasserstoffherstellung** wird die Bereitstellung von molekularem Wasserstoff (H_2) bezeichnet. Als Rohstoffe können Erdgas (vor allem Methan (CH_4)), Kohlenwasserstoffe, Biomasse, Wasser (H_2O) und andere wasserstoffhaltige Verbindungen eingesetzt werden. Als Energiequelle dient der Rohstoff selbst (chemische Energie) oder von außen zugeführte elektrische, thermische oder solare Energie. Wasserstoff wird derzeit vor allem in der chemischen Industrie, beispielsweise für die Herstellung von Stickstoffdünger, beim Cracken von Kohlenwasserstoffen in Erdölraffinerien und anderes eingesetzt. Wachsende Bedeutung hat die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen wie Gas-to-Liquid (GtL), Coal-to-Liquid (CtL) und Biomass-to-Liquid (BtL), die unter anderem die Erzeugung eines wasserstoffreichen Synthesegases erfordert. Die zunehmende Bedeutung der erneuerbaren Energien macht Energiespeicher notwendig, um Produktions- und Bedarfszeiten aufeinander abzustimmen. Eine Option zur Stromspeicherung könnte die Elektrolyse von Wasser zu den Gasen Wasserstoff und Sauerstoff (O_2) sein, welche gespeichert und später wieder verstromt werden könnten. Im Rahmen einer sogenannten Wasserstoffwirtschaft könnte der Wasserstoff auch direkt genutzt werden.

Herstellungsverfahren

Nachfolgend werden Wasserstoffherstellungsverfahren erläutert, die teils im industriellen Maßstab eingesetzt werden, sich aber teilweise noch in der Entwicklung befinden. Unterschieden wird zwischen Verfahren, die Kohlenwasserstoffe und ähnliche Verbindungen einsetzen, elektrolytischen Verfahren und solchen, die unmittelbar Sonnenenergie verwenden.

Verwendung von Kohlenwasserstoffen

Bei der Verwendung von Kohlenwasserstoffen, aber auch Kohle und Biomasse, liefert der Rohstoff die für den Prozess notwendige Energie. Auch der Wasserstoff kann teilweise bereits im Rohstoff gebunden vorliegen oder wird in Form von Wasser hinzugefügt. Eine Ausnahme ist das Kværner-Verfahren, bei dem die benötigte Energie hauptsächlich von außen zugeführt wird.

Dampfreformierung

(siehe auch Artikel Dampfreformierung)

Bei der Dampfreformierung wird aus Kohlenwasserstoffen in zwei Prozessschritten Wasserstoff erzeugt. Als Rohstoffe können verwendet werden: Erdgas, Biomasse, aber auch langkettigere Kohlenwasserstoffe aus Erdöl wie etwa die Mittelbenzinfraktion. Dieses Verfahren ist etabliert und in Anlagen mit Kapazitäten von bis zu 100.000 m³/h umgesetzt.

Im ersten Schritt werden langkettigere Kohlenwasserstoffe in einem Pre-Reformer unter Zugabe von Wasserdampf bei einer Temperatur von etwa 450–500 °C und einem Druck von etwa 25–30 bar zu Methan, Wasserstoff, Kohlenmonoxid sowie Kohlendioxid aufgespalten. Diese Vorstufe vermeidet eine zu starke Verkokung des Reformerkatalysators. Im zweiten Schritt wird im Reformer das Methan bei einer Temperatur von 800 bis 900 °C und einem Druck von etwa 25-30& bar an einem Nickelkatalysator mit Wasser zu Kohlendioxid und Wasserstoff umgesetzt. Dem zweiten Schritt ist in der Regel eine Raffinationsanlage zur Gasaufbereitung vorgeschaltet, da Katalysatoren äußerst empfindlich auf Schwefel- und Halogenverbindungen, insbesondere Chlor (*Katalysatorgifte*), reagieren.

- Allgemeine Gleichung: $\mathrm{C_nH_m + n\ H_2O \rightarrow (n + m/2)\ H_2 + n\ CO}$
- Beispiel Methan: $\mathrm{CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2;\ CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2}$

Das durch unvollständige Umsetzung erzeugte Zwischenprodukt Kohlenmonoxid wird anschließend noch mit Hilfe der Wassergas-Shift-Reaktion an einem Eisen(III)-oxidkatalysator zu Kohlendioxid und Wasserstoff umgesetzt. Um im abschließenden Schritt Reinstwasserstoff zu gewinnen, nutzt man in der Praxis häufig Druckwechsel-Adsorptionsanlagen oder Lauge-Absorptionsgaswäschen, die Nebenprodukte wie CO, CO_2 und CH_4 bis auf einige wenige ppm herausfiltern.

Die Dampfreformierung ist zurzeit die wirtschaftlichste und am weitesten verbreitete (~90 %) Methode, Wasserstoff zu erzeugen. Durch die Verwendung fossiler Energieträger wird dabei aber genauso viel des Treibhausgases Kohlendioxid CO_2 freigesetzt, wie bei deren Verbrennung. Durch Verwendung von Biomasse kann die Klimabilanz verbessert werden, da dann nur das Kohlendioxid freigesetzt wird, das zuvor beim Wachstum der Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.

Partielle Oxidation

(siehe auch Artikel partielle Oxidation)

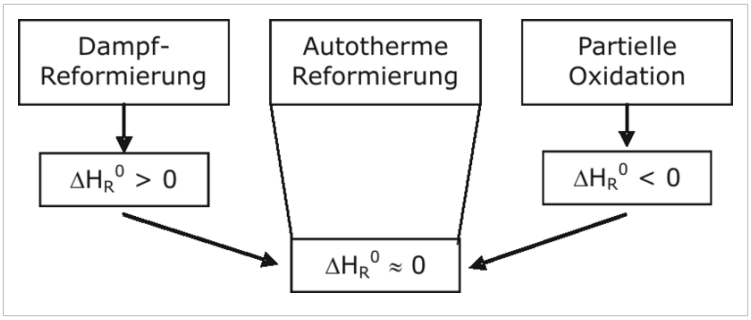
Bei der partiellen Oxidation wird der Rohstoff, wie Erdgas oder ein schwerer Kohlenwasserstoff (Heizöl), substöchiometrisch – also unter Sauerstoffmangel – in einem exothermen Prozess umgesetzt. Reaktionsprodukte sind vor allem Wasserstoff und Kohlenmonoxid:

- Allgemeine Reaktionsgleichung: $\mathrm{C_nH_m + \frac{n}{2}\ O_2 \rightarrow n\ CO + \frac{m}{2}\ H_2}$
- Beispiel: typischer Bestandteil von Heizöl: $\mathrm{C_{12}H_{24} + 6\ O_2 \rightarrow 12\ CO + 12\ H_2}$
- Beispiel: typische Zusammensetzung von Kohle: $\mathrm{C_{24}H_{12} + 12\ O_2 \rightarrow 24\ CO + 6\ H_2}$

Meist wird noch Wasser zugesetzt, um sowohl die extremen Temperaturen als auch die Rußbildung in den Griff zu bekommen, sodass man von einer autothermen Reformierung mit wenig Wasser sprechen müsste. Die Partielle Oxidation gilt als technisch ausgereift.

In kohlereichen Ländern wie China oder Südafrika kann als Ausgangsstoff für dieses Verfahren auch Kohle genutzt werden, die vorher zermahlen und mit Wasser zu einer Suspension vermischt wird.

Autotherme Reformierung



Die autotherme Reformierung ist eine Kombination aus Dampfreformierung und partieller Oxidation, um den Wirkungsgrad zu optimieren. Dabei kann beispielsweise Methanol wie auch jeder andere Kohlenwasserstoff beziehungsweise jedes Kohlenwasserstoffgemisch (Erdgas, Benzin, Diesel usw.) verwendet werden. Die beiden Verfahren werden so miteinander kombiniert, dass der Vorteil der Oxidation (Bereitstellung von Wärmeenergie) sich mit dem Vorteil der Dampfreformierung (höhere Wasserstoffausbeute) optimierend ergänzt. Dies geschieht durch genaue Dosierung der Luft- und Wasserdampfzufuhr. An die hier eingesetzten Katalysatoren werden besonders hohe Ansprüche gestellt, da sie sowohl die Dampfreformierung mit der Wassergas-Shift-Reaktion, als auch die partielle Oxidation begünstigen müssen.

Gasaufarbeitung

Enthält das Produkt Anteile von CO, so kann die Wasserstoffausbeute noch gesteigert werden. Nach der Reformierung wird das Synthese-Gas weiter aufgearbeitet. Es folgt in einem nächsten Schritt die CO-Konvertierung mittels der Wassergas-Shift-Reaktion. Gefolgt von einer gegebenenfalls erforderlichen CO-Fein-Reinigung mittels präferentieller Oxidation oder Selektiver Methanisierung wird CO chemisch umgesetzt oder physikalisch durch Druckwechsel-Adsorption oder eine wasserstoffpermeablen Membran aus einer Palladium-Silber-Legierung (PdAg) abgetrennt. Großtechnisch besteht auch die Möglichkeit CO_2 und H_2S (Schwefelwasserstoff) mit Methanol (Rectisolverfahren) auszuwaschen.

Kværner-Verfahren

(siehe auch Artikel Kværner-Verfahren)

Das vom norwegischen Unternehmen Kværner entwickelte Verfahren trennt Kohlenwasserstoffe in einem Plasmabrenner bei 1600 °C vollständig in Aktivkohle (reinen Kohlenstoff) und Wasserstoff.

- Allgemeine Reaktionsgleichung: $\mathrm{C_nH_m} + \mathrm{Energie} \rightarrow \mathrm{n\ C} + \frac{\mathrm{m}}{2}\ \mathrm{H_2}$
- Reaktionsgleichung für Methan: $\mathrm{CH_4} + \mathrm{Energie} \rightarrow \mathrm{C} + 2\ \mathrm{H_2}$

Eine 1992 in Kanada erbaute Pilotanlage erreichte einen Wirkungsgrad von nahezu 100 %, wovon etwa 48 % in Wasserstoff, etwa 40 % in Aktivkohle und etwa 10 % in Heißdampf übergehen.

Biomasse

(siehe auch Artikel Biowasserstoff)

Biomasse besteht meist hauptsächlich aus Kohlenhydraten und kann in ähnlichen Verfahren umgesetzt werden, wie Kohlenwasserstoffe. Eine weitere Option könnte die anaerobe Fermentation mit Hilfe von Mikroorganismen sein.

Dampfreformierung

Biomasse besteht im Wesentlichen aus Kohlenhydraten und anderen wasserstoff- und kohlenstoffhaltigen organischen Verbindungen. Diese können mittels allothermer oder autothermer Dampfreformierung in molekularen Wasserstoff umgewandelt werden. Da Biomasse zu etwa 40 % aus Sauerstoff besteht, vergast sie fast selbstständig mit nur wenig zusätzlichem Sauerstoff, um die endotherme Reaktion durchzuführen. Man erreicht daher deutlich höhere Wirkungsgrade als beispielsweise bei der Vergasung von Kohle.

Pyrolyse und Biomassevergasung

(siehe Hauptartikel Biomassevergasung und Pyrolyse)

In einem weiteren Verfahren werden Pyrolyse und Biomassevergasung verknüpft. Die erste Stufe ist hierbei die Pyrolyse, bei der als Endprodukte Primärgase, Koks und Methanol entstehen. Diese werden in einem zweiten Teilprozess mit Wasserdampf versetzt und es entsteht wiederum ein Gemisch aus Wasserstoff, Methan, Kohlenmonoxid und -dioxid. Auch bei diesem zweiten Schritt muss Energie zugeführt werden und es wird anschließend durch Dampfreformierung Wasserstoff gewonnen. Diese zweistufige Variante wird vor allem für kleinere Anlagen eingesetzt.

Nach Angaben des dena-Projekts *GermanHy* stellt die (großtechnische) Biomassevergasung die günstigste Option zur Erzeugung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien dar.[1]

Fermentation

Unter Laborbedingungen kann Wasserstoff mit anaeroben Mikroorganismen direkt aus Biomasse gewonnen werden. Werden hierfür Mischkulturen verwendet, muss die Wasserstoffproduktion vom letzten Glied der anaeroben Nahrungskette, der Methanproduktion (Methanogenese), entkoppelt werden. Die Freisetzung von molekularem Wasserstoff durch Mikroorganismen ist aus Gründen der Reaktionskinetik nur bei sehr niedrigem Wasserstoffpartialdruck begünstigt. Daher muss durch Bioreaktoraufbau und -betrieb dieser Druck trotz Abwesenheit methanogener Mikroorganismen oder Sulfat reduzierenden Bakterien (also: Wasserstoff verwertender Bakterien) niedrig gehalten werden.

Die fermentative Wasserstoffproduktion ist jedoch energetisch relativ ungünstig. Nach Thauer (1976) können auf dem beschriebenen Weg maximal 33 % der Verbrennungswärme aus Glucose in Wasserstoff gespeichert werden. Im Vergleich dazu können durch Methangärung 85 % der Energie aus Glucose in das Gärprodukt überführt werden.

Elektrolyse

Bei der Elektrolyse dient Wasser als Wasserstofflieferant. Mit Hilfe von elektrischem Strom wird aus dem Wasser der energiereiche Wasserstoff und Sauerstoff erzeugt. Bei verschiedenen chemischen Verfahren, bei denen die Elektrolyse für die Erzeugung anderer Verbindungen eingesetzt wird, kann Wasserstoff als Nebenprodukt anfallen.

Elektrolyse von Wasser

(siehe auch Artikel Elektrolyse)

Diese Form der Umwandlung von Wasser zu Wasserstoff wurde erstmals um 1800 vom deutschen Chemiker Johann Wilhelm Ritter nachgewiesen. Die Reaktion findet in einem mit leitfähigem Elektrolyten (Salze, Säuren, Basen) gefüllten Gefäß statt, in dem sich zwei Elektroden befinden, die mit Gleichstrom betrieben werden. Der Herstellungsprozess läuft dabei in zwei Teilreaktionen ab:

- Kathode: $2\ \mathrm{H_2O} + 2\mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{H_2} + 2\ \mathrm{OH^-}$
- Anode: $2\ \mathrm{H_2O} \rightarrow \mathrm{O_2} + 4\ \mathrm{H^+} + 4\ \mathrm{e^-}$

An der Anode werden im Prinzip Elektronen abgegeben und von der Kathode wieder aufgenommen. In der Gesamtreaktion entsteht aus Wasser also molekularer Wasserstoff und molekularer Sauerstoff:

- Gesamtreaktion: $2\ \mathrm{H_2O} \rightarrow 2\ \mathrm{H_2} + \mathrm{O_2}$

Das Verfahren hat den Vorteil, dass der erzeugte reine Sauerstoff abgefangen und energiewirtschaftlich sinnvoll verwendet werden kann und nicht einfach an die Luft abgegeben wird. Wegen des geringen Wirkungsgrades von nur etwa 57 % wird aber nur rund ein Prozent des weltweit erzeugten Wasserstoffs so hergestellt. Jedoch haben Wissenschaftler des MIT vor kurzem einen Katalysator entwickelt, der die Effizienz der Elektrolyse von Wasser auf nahezu 100% steigern soll.[2]

Ein Verfahrenstyp ist die alkalische Elektrolyse, die wegen der niedrigen Strompreise und der häufigen Kombination mit Wasserkraftwerken als Energielieferanten vor allem in Norwegen und Island genutzt wird.

Anders als bei der Verwendung von fossilen Energieträgern wird bei diesem Verfahren kein CO_2 freigesetzt. Dies gilt allerdings nur, wenn der verwendete Strom nicht aus fossilen Energieträgern erzeugt wurde. Jedoch ist auch die Dampfreformierung mit Biomasse, um Methan oder Wasserstoff zu gewinnen, CO_2-neutral.

Chloralkali-Elektrolyse

(siehe Hauptartikel Chloralkali-Elektrolyse)

Bei der Chloralkali-Elektrolyse entsteht Wasserstoff sowie Chlor als Nebenprodukt. Vorrangig dient sie aber der Gewinnung von Natron- und Kalilauge aus Lösungen von Chloriden (z. B. Kochsalz (NaCl)). An den beiden Elektroden finden diese Reaktionen statt:

- Kathode $2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$
- Anode $2\ NaCl_{aq} \rightarrow Cl_2 + 2\ e^- + 2\ Na^+$

Das Verfahren wird seit Jahrzehnten großtechnisch angewendet. Es ist dort wirtschaftlich sinnvoll, wo ein Bedarf an Laugen (und gegebenenfalls Chlor) besteht, lohnt sich aber allein für die Wasserstoffherstellung nicht.

Direkte Verwendung von Sonnenenergie

Bei der Verwendung von Kohlenwasserstoffen und bei der Elektrolyse wird indirekt vor allem Sonnenenergie verwendet, da diese beispielsweise Voraussetzung zur Entstehung von Kohle, Erdöl und Erdgas ist. Aber auch eine mehr oder weniger direkte Verwendung der Sonnenenergie ist möglich. Bei thermochemischen Verfahren zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff sind sehr hohe Temperaturen notwendig, die zum Beiapiel durch Konzentrierung der Sonnenstrahlung möglich sind. Auch biologische Verfahren sind in der Entwicklung, bei denen die während der Photosynthese stattfindende Wasserspaltung zur Erzeugung von Wasserstoff genutzt werden kann.

Thermochemische Verfahren

(siehe auch Artikel Hydrosol-Projekt und Solarchemie)

Die thermische Dissoziation bezeichnet den Zerfall von Molekülen in seine einzelnen Atome durch Wärme-Einwirkung. Oberhalb einer Temperatur von 1.700 °C vollzieht sich die direkte Spaltung von Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff. Dies geschieht zum Beispiel in Solaröfen. Die entstehenden Gase können mit keramischen Membranen voneinander getrennt werden. Diese Membranen müssen für Wasserstoff, jedoch nicht für Sauerstoff durchlässig sein. Das Problem dabei ist, dass sehr hohe Temperaturen auftreten und nur teure, hitzebeständige Materialien dafür in Frage kommen. Aus diesem Grund ist dieses Verfahren nach wie vor nicht konkurrenzfähig.

Eine Absenkung der Temperatur der thermischen Wasserspaltung auf unter 900 °C kann über gekoppelte chemische Reaktionen erreicht werden. Bereits in den 1970er Jahren wurden für die Einkopplung der Wärme von Hochtemperaturreaktoren verschiedene thermochemische Kreisprozesse vorgeschlagen, die zum Teil auch für die Nutzung konzentrierter Solarstrahlung geeignet sind. Die höchsten Systemwirkungsgrade sowie das größte Potenzial für Verbesserungen weist aus heutiger Sicht ein verbesserter Schwefelsäure-Iod-Prozess auf: Iod (I) und Schwefeldioxid (SO_2) reagieren bei 120 °C mit Wasser zu Iodwasserstoff (HI) und Schwefelsäure ($H_{2O}4$). Nach der Separation der Reaktionsprodukte wird Schwefelsäure bei 850 °C in Sauerstoff und Schwefeldioxid gespalten, aus Iodwasserstoff entsteht bei 300 °C Wasserstoff und das Ausgangsprodukt Iod. Den hohen thermischen Wirkungsgraden der thermochemischen Kreisprozesse (bis zu 50 %) müssen die heute noch weitgehend ungelösten material- und verfahrenstechnischen Schwierigkeiten gegenübergestellt werden.

Viele Metalloxide spalten bei sehr hohen Temperaturen Sauerstoff ab, und das entstehende Metall reagiert bei niedrigeren Temperaturen mit Wasser unter Rückgewinnung des Oxids und Erzeugung von Wasserstoff. Mehr als 300 Varianten dieser thermochemischen Prozesse sind bekannt. Einige davon, zum Beispiel das

Zink-Zinkoxid-Verfahren oder das Cer(III)oxid-Cer(IV)oxid-Verfahren, werden als technologisch vielversprechend untersucht.

Photobiologische Herstellung

(siehe auch Artikel Biowasserstoff)

Bei der photobiologischen Herstellung von Wasserstoff kann ebenfalls das Sonnenlicht als Energiequelle genutzt werden. Algen müssen dazu in Wasserstoffbioreaktoren kultiviert werden. Durch Beeinflussung der von ihnen betriebenen Photosynthese wird Energie nicht in Biomasse gespeichert, sondern zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwendet. Dieses Verfahren könnte CO_2-neutral bzw. nahezu CO_2-neutral sein. Bisher ist die Umsetzung jedoch nicht wirtschaftlich möglich.[3]

Siehe auch

- Wasserstoffspeicherung
- Hydrosol-Projekt

Weblinks

- *Brenngaserzeugung für Brennstoffzellen* [4] beim Forschungszentrum Jülich
- *Wasserstoffgewinnung mittels einer Artifiziellen Bakterien-Algen-Symbiose (ArBAS)* [5], Projektseite der TU-Berlin
- Hydrogeit – Wasserstoffherstellung [6]
- *Woher kommt der Wasserstoff in Deutschland bis 2050?* [7], Studie im Rahmen des Projekts *GermanHy* der Deutschen Energie-Agentur (dena), Stand August 2009, als 62-seitiges pdf

Referenzen

[1] www.germanhy.de: *GermanHy* (http://www.germanhy.de/page/index.php?9654), Internetpräsenz des dena-Projekts *GermanHy*, abgerufen am 31. März 2010

[2] *MIT claims 24/7 solar power* (http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=209900956&cid=NL_eet), vom 31. Juli 2008, abgerufen am 30. März 2010

[3] Bericht des Bundesumweltamts zur Nutzung von Mikroalgen (http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/meere/mikroalgen.htm#Wasserstoffproduktion), letzte Aktualisierung am 16. März 2009, abgerufen am 30. März 2010

[4] http://www.fz-juelich.de/iwv/iwv3/brennstoffzellen/entwicklungsthemen/bge/

[5] http://www.bionik.tu-berlin.de/institut/s2solar.html

[6] http://www.hydrogeit.de/wasserstoff.htm

[7] http://www.germanhy.de/page/fileadmin/germanhy/media/090826_germanHy_Abschlussbericht.pdf

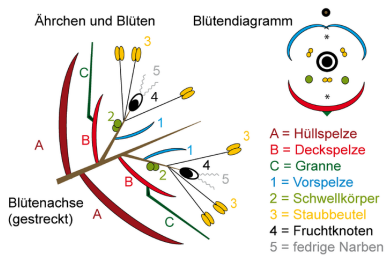
Weichweizen

Weichweizen
Feld mit Weichweizen
Systematik
Monokotyledonen
Commeliniden
Ordnung: Süßgrasartige (Poales)
Familie: Süßgräser (Poaceae)
Gattung: Weizen (*Triticum*)
Art: Weichweizen
Wissenschaftlicher Name
Triticum aestivum
L.

Weichweizen (*Triticum aestivum*), auch als **Brotweizen** bezeichnet, ist eine Getreideart und gehört damit zu den Gräsern der Familie Poaceae (Süßgräser). Weichweizen entstand bereits vor Jahrtausenden durch Kreuzung verschiedener Arten von Wildgräsern und ist eine der ältesten Kulturpflanzen.

Weichweizen ist die wirtschaftlich bedeutendste Weizenart und wird zur Herstellung von Brot, andere Backwaren, Malz, Futtermittel, zur Stärkegewinnung etc. eingesetzt.

Ein deutlicher Unterschied zum Hartweizen (*Triticum durum*) ist, neben anderen Eigenschaften, dessen deutlich härteres, glasartiges Korn.



Schematische Darstellung einer Grasblüte mit den botanischen Bezeichnungen

Botanische Merkmale

(siehe Hauptartikel Süßgräser)

Der Weichweizen wird als Winter- oder Sommergetreide angebaut, wächst dann als Winterannuelle (einjährige Pflanze) oder als Therophyt. Er erreicht Wuchshöhen von 40 bis 100 cm, selten bis 150 cm. Der Halm ist dünnwandig und hohl. Die Knoten sind kahl oder schon früh kahl werdend. Die Blattspreiten sind 6 bis 16 mm breit. Sie sind zunächst weichhaarig, später werden sie häufig kahl und rau.

Die Ähre ist ohne Grannen 6 bis 18 cm lang, dabei mindestens 3 mal so lang wie breit. Sie ist dicht und im Querschnitt quadratisch. Die Ährenachse ist nicht brüchig, es handelt sich also um einen Nacktweizen. Die Ansatzstelle der Ährchen besitzt keine Haarbüschel. Im oberen Bereich sind die Achsenabstände zwischen den Ährchen 4 bis 8 mm groß. Die Ährchen sind drei- bis sechsblütig, rund gleich lang wie breit. Fertil sind die unteren drei bis fünf Blüten. Die Hüllspelzen sind rund 10 mm lang, sie haben nur im oberen Bereich einen Kiel, unten sind sie gerundet. Der Kiel läuft in einen kurzen und stumpfen Zahn aus. Die Deckspelzen sind unbegrannt und haben einen kurzen Zahn, oder sie haben eine bis 15 cm lange Granne. Die Bestäubung erfolgt durch Fremd- oder Selbstbestäubung.

Die Frucht ist zur Fruchtreife locker von der Deck- und Vorspelze umhüllt und fällt aus. Das Endosperm ist mehlig oder glasig. Die Keimung erfolgt nur bei Temperaturen über +4 °C.

Weichweizen ist hexaploid, die Chromosomenzahl beträgt 2n = 42 (7 Chromosomen in 6-facher Ausführung).

Weichweizen besitzt Deckspelzen, aber keine Grannen

Weichweizenkörner

Herkunft

Die frühesten Funde von Weichweizen stammen aus der Fundstelle Can Hasan in der zentralanatolischen Provinz Karaman aus dem 7. Jahrtausend vor Christus.[1] Entstanden ist *Triticum aestivum* wahrscheinlich aus der Bastardisierung (Kreuzung) der Wildgräser *Triticum boeoticum* und *Triticum monococcum* (Einkorn) mit *Aegilops speltoides* und *Aegilops squarrosa* und damit verbundener Entstehung der Polyploidie.[2]

Anbau und Nutzung

(siehe auch Artikel Weizen)

Weichweizen wird als Brotgetreide zur Herstellung von Backwaren, und zur Herstellung von Malz (Weizenbier) verwendet. Beim Mahlen fällt als Nebenprodukt die Weizenkleie an, die als Kraftfutter in der Tiermast dient, aber auch als Lebensmittel verwendet wird.

Ein kleinerer Anteil des Weich- und Hartweizens wird industriell zur Stärkegewinnung genutzt. Andere Getreide haben hier eine größere Bedeutung, wie z. B. Mais, aus dem 80 % der weltweit erzeugten Getreidestärke stammt, während Weizenstärke 9 % ausmacht.[3] . Da Weichweizen mit etwa 70 % einen höheren Stärkeanteil als Hartweizen mit 60 % hat, eignet er sich besser für die industrielle Nutzung. Neben der Stärke- unfasst dies auch die Bioethanolproduktion.[4] In Deutschland wurden in 2007 mit 1,03 Mio. t rund 5 % der Weizenproduktion zur Gewinnung von Stärke und Stärkederivaten eingesetzt.[5] [6]

Durch den zeitweiligen starken Preisanstieg der Jahre 2007/08 hatte die industrielle Nutzung des nachwachsenden Rohstoffs Weizen (z. B. für Ethanol und Stärke) etwas abgenommen. Durch die nun wieder höhere Produktion und gesunkenen Preise wurde für 2008/09 ein Anstieg der weltweiten industriellen Nutzung von Weizen um 6 % auf 18 Mio. t erwartet.[7] Bei einer weltweiten Weizenerzeugung von etwa 690 Mio. t (2008) entspricht dies fast 3 %.[8] Diese industrielle Nutzung umfasst sowohl die stoffliche als auch die energetische Nutzung, z. B. als Biokraftstoff Bioethanol. Die Ethanolerzeugung macht bisher aber nur einen geringen Anteil an der industriellen Nutzung aus.

Qualität

(siehe Artikel Weizen)

Bei Weichweizen für Backzwecke werden in Deutschland verschiedene Qualitätsstufen unterschieden. Wichtige Parameter sind die Volumenausbeute im Rapid-Mix-Test (RMT, ein standardisierter Backversuch), der Proteingehalt, die Fallzahl und anderen Qualitätsmerkmalen. Die Einteilung des deutschen Bundessortenamtes umfasst die Stufen [9] :

- E-Weizen (Eliteweizen)
- A-Weizen (Qualitätsweizen, auch Aufmischweizen genannt[10])
- B-Weizen (Brotweizen)
- C-Weizen (sonstiger Weizen)

Belege

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

Weblinks

- *Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais; Ölfrüchte; Leguminosen (großkörnig); Hackfrüchte (außer Kartoffeln), 2008* [11], Information des Bundessortenamts, umfassender Beschreibung bzw. Eigenschaftsvergleich verschiedener Weichweizensorten und anderer Nutzpflanzen, als pdf

Referenzen

[1] M.E. Kislev: *Emergence of Wheat Agriculture*, in: Paléorient, Vol.10, Nr. 2, S. 61-70, 1984 pdf (http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/paleo_0153-9345_1984_num_10_2_940#)

[2] www.landwirtschaft.ch: *Weizen (Triticum aestivum)* (http://www.landwirtschaft.ch/de/wissen/pflanzen/getreidebau/brotgetreide/weizen/), Internetpräsenz des Schweizerischen Bauernverbandes, abgerufen am 2. März 2010

[3] World Grain.com: *Starch - versatile and in demand*, Januar 2004 (http://www.world-grain.com)

[4] B.F. Carver: *Wheat Science and Trade*, Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, 2009, ISBN 978-0-8138-2024-8

[5] Fachverband der Stärkeindustrie: *Zahlen & Daten* (http://www.staerkeverband.de/html/zahlen.html), aktuelle statistische Daten zu Rohstoffen, Produkten, Umsätzen, etc., abgerufen am 2. März 2010

[6] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV): *Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung 2009* (http://www.bmelv-statistik.de/de/fachstatistiken/besondere-ernteermittlung/)

[7] World Grain.com: *Wheat - New-season projections raise hopes for relief from tight gobal supplies*, 1. Mai 2008 (http://www.world-grain.com)

[8] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) *FAOSTAT - Production - Crops* (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor), Datenbank zu statistischen Informationen im Bereich Landwirtschaft, abgerufen am 2. März 2010

[9] Bundessortenamt: *Beschreibende Sortenliste* (http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_getreide_2008.pdf), Hannover, 2008, S. 107f., abgerufen 19. Dezember 2009.

[10] Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: *Pflanzenbau in Unterfranken* (http://www.aelf-wu.bayern.de/pflanzenbau/33049/index.php), abgerufen am 2. März 2010

[11] http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_getreide_2008.pdf

Weiden (Botanik)

Weiden
Sal-Weide (*Salix caprea*)
Systematik
Kerneudikotyledonen
Rosiden
Eurosiden I
Ordnung: Malpighienartige (Malpighiales)
Familie: Weidengewächse (Salicaceae)
Gattung: Weiden
Wissenschaftlicher Name
Salix
L.

Die **Weiden** (*Salix*) sind eine Pflanzengattung aus der Familie der Weidengewächse (Salicaceae). Es existieren etwa 450 Weiden-Arten. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich über alle Teile der nördlichen gemäßigten Zone bis zur Arktis; einige wenige Arten sind auch in den Tropen und den südlichen gemäßigten Zone heimisch. Weiden bevorzugen überwiegend feuchte Böden.

Beschreibung

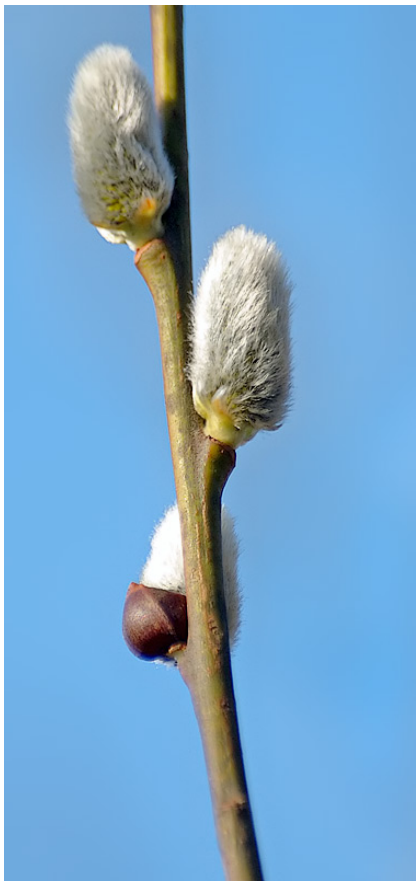
Die Weiden (von althochdeutsch „wîda“: 'die Biegsame') sind Laubgehölze: Bäume, Sträucher und Zwergsträucher. Unter den Weidenarten gibt es bis 30 Meter hohe Bäume, aber auch Zwergsträucher, die nur 3 cm hoch werden. Die baumartig wachsenden Weidenarten sind in der Regel schnellwüchsig, aber auch relativ kurzlebig. Weiden bilden kräftige und stark verzweigte Wurzeln und festigen so das Erdreich. Weiden sind sehr ausschlagsfreudig. Deshalb wurden sie früher gern als Kopfweiden und heute bei der Anlage von Energiewäldern genutzt.

Die Blätter der Weiden sind sehr unterschiedlich. Die Form reicht von beinahe kreisrund bis schmal und lanzettförmig. Bei vielen Arten sind die Blätter hellgrün, und an der Blattunterseite lässt sich – bis auf wenige

Ausnahmen – immer eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Behaarung erkennen. Bei allen dreht sich das nächste Blatt um jeweils 144°, also 2/5 Umdrehungen; jedes fünfte schaut wieder in dieselbe Richtung.

Weiden sind zweihäusig getrenntgeschlechtig (diözisch). Eine Ausnahme bildet lediglich die Trauerweide, bei der gelegentlich weibliche Blüten in den männlichen Kätzchen vorkommen. Die zu flaumigen Kätzchen versammelten Blüten sind bei manchen Weidenarten besonders auffällig und erscheinen schon vor oder gleichzeitig mit den neuen Blättern. Es lassen sich zwei verschieden geformte Kätzchen beobachten: dicke, eiförmige, welche die männlichen Staubbeutel enthalten und walzenförmige, grünlich gefärbte, die die weiblichen Narben tragen. Sowohl die männlichen als auch die weiblichen Kätzchen haben am Grunde jeder Einzelblüte zwei Nektardrüsen. Sie werden von Bienen und anderen honigsuchenden Insekten aufgesucht. Das gut trocknende Holz der Weiden ist weiß oder rötlich. Es ist biegsam, sehr leicht, zäh und faserig.

Fortpflanzung und Ökologie



Junge Blütenkätzchen

Die meisten Weiden pflanzen sich *generativ* durch Samen fort. Viele Arten können sich auch sehr gut vegetativ vermehren, wie zum Beispiel die *Salix fragilis*: Bei Hochwasser werden Zweige abgebrochen und ans Ufer geschwemmt, wo sie wurzeln können. Die sehr gute vegetative Vermehrbarkeit wird auch wirtschaftlich zur Vermehrung in Baumschulen oder zur ingenieurbiologischen Böschungs- und Uferbefestigung genutzt.

Weiden sind zweihäusig (diözisch), es gibt männliche und weibliche Individuen. In natürlichen Beständen ist das Verhältnis beider Geschlechter zugunsten der weiblichen Exemplare verschoben. [1] Angepflanzte, vegetativ erzeugte Bestände können auch rein männlich oder rein weiblich sein.

Die Blütezeit der Weiden beginnt je nach Art bereits sehr zeitig im Frühjahr (März), spät blühende Arten wie *Salix pentandra* blühen etwa im Mai-Juni. Verschiebungen durch die geografische Lage innerhalb einer Art sind möglich. Die Blüten werden von Insekten bestäubt. Für Hummeln, Wildbienen und die Honigbiene sind insbesondere die frühblühenden Arten *Salix caprea*, *Salix cinerea*, *Salix viminalis* oder *Salix daphnoides* sehr wichtig. Die Blütenstände der Weiden sind Kätzchen.

Aus den weiblichen Blütenständen entwickeln sich nach Bestäubung vielsamige Kapselfrüchte. Die Samenentwicklung erfolgt ziemlich rasch, bereits nach 4-6 Wochen sind die Früchte reif, springen auf und geben den Samen frei. Allein die Früchte der Lorbeer-Weide reifen im Spätherbst und geben den Samen den ganzen Winter über frei, so dass ihr Same überwintert.

Weidensamen sind die wohl kleinsten einheimischen Gehölzsamen, zwischen 1 und 1,5 mm lang und 1/5 mm breit, von einem Haarkranz umgeben. Die Ausbreitung erfolgt durch den Wind (Windausbreitung). Dabei können die Samen weite Stecken überwinden. Großstrauch- oder Baumweiden produzieren hunderttausende Samen jedes Jahr.

Bedingt durch seine geringe Größe ist der Weidensame nur sehr notdürftig mit Vorratsstoffen für den Keimling ausgestattet. Die junge Pflanze ist auf sich allein gestellt und sehr anfällig gegenüber Austrocknung und Licht- und Nährstoffkonkurrenz durch andere Pflanzen. Auf dicht bewachsenen Flächen haben sie keine Chance. Weiden sind somit ausgesprochene Pionierpflanzen. Durch die weite Ausbreitung des Samens mit dem Wind können sie vegetationsfreie Standorte (z. B. Schwemmland-, Waldbrand- oder Bodenerosions-Flächen) schnell besiedeln, da

hier keine Konkurrenz herrscht. Der Same keimt bei guten Bedingungen innerhalb 24 Stunden. Die Pflanzen können unter günstigen Umständen im ersten Jahr 0,3 bis 1 Meter Höhe erreichen. Die Fruchtbarkeit setzt ab dem 4. Lebensjahr ein.

Baumweiden erreichen selten ein Alter von mehr als 80 Jahren.

Männliche Blütenkätzchen mit Honigbiene

Weibliche Blütenkätzchen mit Honigbiene

Detailaufnahme eines männlichen Blütenstandes

Reifer Fruchtstand der Silber-Weide (*Salix alba*)

Reifer Fruchtstand

Sämlinge von *Salix cinerea* (4 Wochen alt)

Nutzung

Bereits für das Mesolithikum sind Seile und Fischernetze aus Weidenbast nachgewiesen.[2]

Neulandbesiedelung durch Weiden. Die Weiden (hier *Salix viminalis*) auf der Schwemmland-Fläche sind 1/2 Jahr alt und weisen Wuchshöhen von 0,3 bis 0,5 Metern auf.

Lebende Weiden sind ein wichtiges Arbeitsmittel in der Ingenieurbiologie: Wegen ihrer guten Bewurzelungseigenschaft und den geringen Ansprüchen an den Boden werden Weiden häufig zur Befestigung des Bodens verwendet, zum Beispiel an Hängen mit Rutschgefahr. Dazu eignen sich zum Beispiel die *Salix purpurea* oder, für feuchtere Hänge, die Schwarz- oder Großblatt-Weide. Wichtig ist, dass sie nicht zu nahe nebeneinander gepflanzt werden, da sie sich sonst gegenseitig zu viel Licht wegnehmen und teilweise degenerieren und somit nicht mehr fähig sind, den Boden zu befestigen.

Weiden werden häufig auch an Bächen, deren Ufer unterspült werden, gepflanzt. Die Silberweide (*Salix alba*) und die Bruchweide (*Salix fragilis*) eignen sich dazu sehr gut, da sie auch in sehr feuchten oder sogar häufig überschwemmten Böden gedeihen. Die Wurzeln reichen durchschnittlich bis in ungefähr zwei Meter Tiefe.

Heilkunde und Medizin

Die Rinde der Weiden kann getrocknet und als Tee aufgebrüht werden. Sie enthält Gerbstoffe, Phenolglykoside, Salicin und acylierte Salicinderivate (u. a. Salicortin, Fragilin, Populin). Vor allem das Salicin wird im Körper zu Salicylsäure metabolisiert, welches der Grundstoff des Medikaments Aspirin ist. Salicylsäure wirkt fiebersenkend, schmerzlindernd und antirheumatisch. Die Wirkung ist aber stärker, als es dem Salicingehalt entspricht, daher werden synergistische (unterstützende) Wirkungen der sonstigen Inhaltsstoffe (v. a. der Flavonoide) vermutet. Das Weidenlaub wurde im Mittelalter als harntreibendes Mittel eingesetzt[3] .

Zweige und Blätter

Die Zweige von Weiden, vor allem der Korb-Weide, dienen als Material zum Flechten von Flechtwerk (beispielsweise Körben) und Binden von Daubenware. Weidenzweige waren früher wichtig im Bauhandwerk, in Flechtwänden, in geflochtenen Ausfachungen von Fachwerk und als Bindemittel, den sogenannten Wieden beim Weichdach aus Ried oder Stroh. Die wirtschaftliche Bedeutung der Weidenflechterei hat im Zuge der Industrialisierung stark abgenommen. Früher wurden Weiden sehr häufig als Kopfweiden geschnitten, um jährlich einen hohen Ertrag von jungen biegsamen Zweigen zur Flechterei ernten zu können. In einigen Landstrichen (z. B. im Itzgrund) ist das heute noch der Fall.

Nach einer Faustregel gilt: Je schmaler die Blätter sind, desto besser lässt sich die Weide verflechten. Weiden mit runden Blättern sind oft recht brüchig.

Die Blätter der meisten Weidenarten sind als Viehfutter geeignet.

Ein Korbflechter bei der Arbeit

Holz

→ *Hauptartikel: Weidenholz*

In Europa wird vor allem das Holz der Silberweide (*Salix alba*) sowie verschiedener Unterarten und Varietäten wie die Trauer-, die Kricket- und die Dotterweide genutzt. Es wird für unterschiedliche Anwendungen insbesondere als Rund-, Industrie- und Schnittholz, zudem werden erhebliche Mengen energetisch verwertet (als biogener Brennstoff unter anderem in Heizwerken). Es wird zu Spanplatten und Spanholzformteilen sowie zu Schälfurnieren verarbeitet und als Blindholz für Möbel eingesetzt. Wie Pappelholz wird es zudem in der Zündholzindustrie verarbeitet, außerdem werden aus Schälfurnier der Pappel Sperrholz, Schichtholz für gebogene Formteile, Spankörbe für Obst und Gemüse und Geschenkverpackungen produziert. Auch Messerfurnier wird aus Pappelholz hergestellt. Speziell in England stellt Weidenholz den Werkstoff zur Herstellung der Schlagbretter von Kricketschlägern dar und hat die Aufgabe, den bis zu 130 km/h schnellen Ball in seinem Aufprall zu dämpfen (die Kricketweide, eine Unterart der Silberweide, erhielt hierdurch ihren Namen).[4]

Weidenholz wird ebenso wie Pappelholz zunehmend nicht nur im Forst, sondern auch in Kurzumtriebsplantagen erzeugt.

Kopfweiden sind eine durch den Menschen aufgrund der Nutzung zur Gewinnung von Flechtwerk oder Grünfutter (Laub) erzeugte Wuchsform von einigen Weidenarten.

Systematik

In Europa heimische Arten

Bäume und Sträucher, die höher als 4 Meter werden:

Salix × sepulcralis

- Spitzblättrige Weide (*S. acutifolia*) 3 bis 10 Meter
- Silber-Weide (*S. alba*) 6 bis 30 Meter
  - Gelbe Weide, auch Dotter-Weide (*S. alba* subsp. *vitellina*), Unterart aus Asien
  - u.w. Unterarten u. Hybride der Silber-Weide wie die Trauerweide
- Fuchsschwanz-Weide (*S.* × *alopecuroides* Tausch): (*S. fragilis* × *S. triandra*)
- Apeninnen-Weide (*S.apennina*) 2 bis 6 Meter
- Großblatt-Weide (*S. appendiculata*) 2 bis 9 Meter
- Sal-Weide (*S. caprea*) 3 bis 8 Meter
- Reif-Weide (*S. daphnoides*) 3 bis 10 Meter
- Filzast-Weide (*S. dasyclados*) 3 bis 5 Meter
- Lavendel-Weide (*S. eleagnos*) 3 bis 6 Meter
- Bruch-Weide (*S. fragilis*) 3 bis 15 Meter
- Seidenblatt-Weide (*S.* × *holosericea* Willd. sensu Rechinger, Neumann, Skvortsov): (*S. cinerea* × *S. viminalis*)
- Zerbrechliche Lorbeer-Weide (*S.* × *meyeriana* Rostkov ex Willd.): (*S. fragilis* × *S. pentandra*)
- Lorbeer-Weide (*S. pentandra*) 4 bis 12 Meter
- Purpur-Weide (*S. purpurea*) bis 6 Meter
- *Salix x reichardtii* A. Kern. (*S. caprea* × *S. cinerea*)
- Fahl-Weide, Hohe Weide (*S.* × *rubens* Schrank): (*S. alba* × *S. fragilis*)
- Blend-Weide (*S.* × *rubra* Huds.): (*S. purpurea* × *S. viminalis*)
- Kübler-Weide (*S.* × *smithiana* Willd.): (*S. caprea* × *S. viminalis*)
- Korb-Weide (*S. viminalis*) 3 bis 5 Meter

Kleine Arten bis 4 Meter:

Spieß-Weide (*S. hastata*)

- Alpen-Weide (*S. alpina*), Zwergstrauch
- Bastard-Ohrweide (*S.* × *ambigua* Ehrh.): (*S. aurita* × *S. repens*)
- Arktische Weide (*S. arctica*), Zwergstrauch
- Ohr-Weide (*S. aurita*) 3 Meter
- Zweifarben-Weide (*S. bicolor*) Kleiner Strauch, in D ausgestorben [5]
- Kurzzahn-Weide, Matten-Weide (*S. breviserrata*), Zwergstrauch
- Hechtblaue Weide (*S. caesia*), Kleiner Strauch
- Asch-Weide oder Grau-Weide (*S. cinerea*) 4 Meter
- Ruch-Weide (*S. foetida*) 2 Meter
- Kahl-Weide, Glanz-Weide (*S. glabra*), Zwergstrauch
- Seiden-Weide (*S. glaucosericea*), Zwergstrauch
- Seidenhaarige Weide (*S. glauca* ssp. *glauca*), Zwergstrauch
- Spieß-Weide (*S. hastata*), Zwergstrauch
- Hochtal-Weide (*S. hegetschweileri*) bis 4 Meter
- Schweizer Weide (*S. helvetica*) Kleiner Strauch bis 1.5 Meter

- Krautweide (*S. herbacea*), Zwergstrauch
- Flaum-Weide (*S. laggeri*), Kleiner Strauch bis 2 Meter
- Lappland-Weide (*S. lapponum*), Zwergstrauch
- Tauern-Weide (*S. mielichhoferi* Saut.)
- Busch-Weide (*S.* × *mollissima* Hoffm. ex Elwert): (*S. triandra* × *S. viminalis*)
- Vielnervige Weide (*S.* × *multinervis* Döll): (*S. aurita* × *S. cinerea*) 3 bis 4 Meter?
- Schwarz-Weide, Schwarzwerdende Weide, (*S. myrsinifolia*) bis 4 Meter
- Heidelbeer-Weide (*S. myrtilloides*), Zwergstrauch
- Teeblättrige Weide (*S. phylicifolia*) bis 4 Meter
- Polar-Weide (*S. polaris*), Zwergstrauch
- Kriech-Weide (*S. repens*), Kleiner Strauch
  - Rosmarin-Weide (*Salix repens* subsp. *rosmarinifolia*)
  - Sand-Kriech-Weide (*Salix repens* subsp. *arenaria*)
  - Dünen-Kriech-Weide (*Salix repens* subsp. *dunensis*)
- Netz-Weide (*S. reticulata*), Zwergstrauch

Bäumchen-Weide (*S. waldsteiniana*)

(*S. lapponum L.*)

- Stumpfblättrige Weide (*S. retusa*) Syn.: *Salix kitaibeliana*, Zwergstrauch
- Quendel-Weide (*S. serpillifolia*), Zwergstrauch
- Schlesische Weide (*S. silesiaca* Willd.) ? Meter
- Bleiche Weide (*S. starkeana*), Zwergstrauch
- Mandel-Weide (*S. triandra*) 1,5 bis 4 Meter
- Bäumchen-Weide (*S. waldsteiniana*), Zwergstrauch

Die hochalpinen Arten Kraut-Weide (*S. herbacea)*, Netz-Weide (*S. reticulata)* und Stumpfblättrige Weide (*S. retusa)* werden unter dem Begriff „Gletscher-Weiden“ zusammengefasst.

In Mitteleuropa angepflanzte Zier-Arten

- Korkenzieher-Weide (*S. matsudana*): Zierpflanze aus China
- Harlekin-Weide (*S. integra 'Hakuro Nishiki*)
- Echte, Chinesische oder Babylonische Trauerweide (*S. babylonica*): Diese in China heimische Art ist in Europa ausgesprochen selten anzutreffen; sie ist hier nur äußerst selten angepflanzt. In Parks und Gärten häufig gepflanzt ist hingegen der winterhärtere Bastard der Echten Trauerweide mit der Silberweide (*S. alba*) *Salix x sepulcralis* Simonk.. Er ist als *S. alba* 'Tristis' oder (fälschlich als) *S. babylonica* im Handel (s. Gartenbaudatenbank [6]). Die Chinesische Trauerweide ist an ihren **braunen** Zweigen einwandfrei von der Trauerweide mit ihren **gelben** Zweigen unterscheidbar.
- Drachen-Weide (*S. sekka*): Zierpflanze aus Japan

Harlekin-Weide Salix integra *Hakuro Nishiki*

In Südamerika heimische Arten

- Humboldt-Weide (*S. humboldtiana*)

In Nordamerika heimische Arten

- Amerikanische Schwarz-Weide (*Salix nigra* Marsh.)
- Seidenhaarige Weide (*Salix glauca* ssp. *callicarpaea*(Trautv.) Bocher und *S. glauca* L. var. *acutifolia* (Hooker) C. Schneider)

Symbolik

In Europa haben Zweige mit Blütenkätzchen der Weiden die Palmwedel ersetzt, die am Palmsonntag in der katholischen Kirche gesegnet werden (fälschlich „Palmweihe“). Die Weidenkätzchen werden daher oft auch „Palmkätzchen“ genannt.

In China gilt die Weide als Symbol für Frühling, sexuelles Verlangen und Freudenmädchen. Unter *Blumen-und-Weiden-Hof* wird ein Bordell verstanden.

Literatur

- Georg Franz Hoffmann: *Historia salicum*. Crusius, Leipzig 1785 (Digitalisat [7])
- Dagmar Lautenschlager u. a.: *Die Weiden von Mittel- und Nordeuropa.* Überarbeitete und erneuerte Auflage. Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin 1994, ISBN 3-7643-2994-7
- Elvira Hörandl, Florin Florineth, Franz Hadacek: *Weiden in Österreich und angrenzenden Gebieten*. ISBN 3-9501700-0-6 [8]
- H. M. Schiechtl: *Weiden in der Praxis - Die Weiden Mitteleuropas, ihre Verwendung und ihre Bestimmung* Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1992, ISBN 3-87617-082-6
- Gregor Aas: *Systematik und Biologie einheimischer Weiden (Salix ssp.)*, Online-Version (PDF) [9]
- T. A. Volk u. a.: *Developing a Willow Biomass Crop Enterprise for Bioenergy and Bioproducts in the United States*. (Online-Version [10])

Weblinks

- *Faltblatt Weiden* [11] der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald
- *Pflanzenbilderdatenbank des Instituts für Wirtschaftsökologie* [12]
- Links zum Thema Salix (englisch) [13]. In: *Open Directory Project.*
- *Linksammlung zum Thema Salix* [14]
- *Liste (fast) aller Synonyme* [15]
- *Untersuchungen ausgewählter Salix-Sippen des NO-deutschen Tieflandes. Taxonomie, Soziologie, Verbreitung, Isoenzymanalysen* (PDF, 588Kb) [16]

Siehe auch

- Liste von Bäumen und Sträuchern in Mitteleuropa

Referenzen

[1] M. C. Alliende, J. L. Harper , *Demographic Studies of a Dioecious Tree. I. Colonization, Sex and Age Structure of a Population of Salix Cinerea*, The Journal of Ecology, Vol. 77, No. 4 (Dec., 1989), pp. 1029-1047 (http://links.jstor.org/sici?sici=0022-0477(198912)77:4<1029:DSOADT>2.0.CO;2-R)

[2] Almut Bick: *Die Steinzeit*. Theiss WissenKompakt, Stuttgart 2006. ISBN 3-8062-1996-6

[3] Jörg Mildenberger: *Anton Trutmanns 'Arzneibuch', Teil II: Wörterbuch*, Würzburg 1997, Band V, S. 2285

[4] D. Grosser, W. Teetz: *Weide.* In: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. (Hrsg.): *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Nr. 15, 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).

[5] http://www.floraweb.de/pflanzenarten/artenhome.xsql?suchnr=23720&

[6] http://www.gartendatenbank.de/wiki/salix-alba

[7] http://num-scd-ulp.u-strasbg.fr:8080/270/

[8] http://www.botanik.univie.ac.at/~hoerandl/Weidenbuch.htm

[9] http://www.lwf.bayern.de/imperia/md/content/lwf-internet/veroeffentlichungen/lwf-wissen/24/lwf_wissen_24_03.pdf

[10] http://bioenergy.ornl.gov/papers/bioen00/volk.html

[11] http://www.sdw.de/wald/baum_infos/faltblatt-weide/salix.htm

[12] http://www.iwoe.de/cmarq/pflanzen.html

[13] http://www.dmoz.org/Science/Biology/Flora_and_Fauna/Plantae/Magnoliophyta/Magnoliopsida/Salicaceae/Salix/

[14] http://www.salix.ch

[15] http://www.dijon.inra.fr/flore-france/saa-sal.htm

[16] http://www.genres.de/infos/pdfs/bd01/01_17.pdf

Weidenholz

Weide	
Baumarten	Silberweide (auch Trauer-, Kricket- und Dotterweide), Bruchweide, Salweide, Korbweide, Purpurweide, Reifweide
Herkunft	Europa, Nordafrika, Asien
Farbe	Splintholz weißlich bis gelblich-weiß, Kernholz hellbräunlich bis rötlichbraun.
Materialeigenschaften	
Rohdichte Mittelwert	560 kg/m³
Rohdichte Grenzwerte	330–590 kg/m³
Axiales Schwindmaß	0,5 %

Radiales Schwindmaß	3,9 %
Tangentiales Schwindmaß	6,8 %
Biegefestigkeit	31-37 N/mm²
Druckfestigkeit	28-34 N/mm²
Zugfestigkeit	46-64 N/mm²
Brennstoffeigenschaften	
Brennwert	19,7 MJ/kg [1]

Als **Weidenholz** wird das Holz verschiedener Arten der Weiden (Gattung *Salix*) bezeichnet, die als Nutz- und Brennholz verwendet werden. In Europa ist dies vor allem die Silberweide (*Salix alba*) sowie verschiedener Unterarten und Varietäten wie die Trauer-, die Kricket- und die Dotterweide. Es wird für unterschiedliche Anwendungen insbesondere als Rund-, Industrie- und Schnittholz, zudem werden erhebliche Mengen energetisch verwertet (als biogener Brennstoff unter anderem in Heizwerken). Zunehmend wird Weidenholz ebenso wie Pappelholz nicht nur im Forst, sondern auch in Kurzumtriebsplantagen erzeugt.

Nach DIN 4076 ist „WDE“ das Kurzzeichen für die Silberweide.[2]

Eigenschaften

Die mit zahlreichen Arten, Züchtungen und Hybriden vertretene Gattung der Weiden lässt sich aufgrund ihrer Wuchsformen allgemein in Baumweiden und Strauchweiden aufteilen. Dabei wachsen die meisten Arten strauchartig in unterschiedlichen Wuchshöhen, nur wenige Arten bilden Bäume mit durchgehenden Baumstämmen aus.. Hierbei handelt es sich vor allem um die Silberweide sowie mit Einschränkungen um die Bruchweide (*Salix fragilis*) und die Salweide (*Salix caprea*). Erstere ist dabei die mit Abstand am häufigsten genutzte Weidenart. Strauchartige Weiden spielen als Holzlieferanten keine Rolle, können jedoch als Flecht- und Bindeweiden von Bedeutung sein. Hier sind vor allem die Korbweide (*Salix viminalis*) und die Purpurweide (*Salix purpurea*) sowie die eingeführte Amerikanische Weide (*Salix amaricana*) zu nennen.

Silberweiden wachsen unter günstigen Bedingungen zu mittelgroßen Bäumen mit Höhen von 20 bis 30 Metern und 1 Meter Durchmesser mit geradem, zylindrischen Stamm nutzbaren Schaftlänge von 10 Metern heran. Im Freistand sind die Stämme allerdings häufig krummwüchsig. Weiden sind wie Pappeln raschwüchsig und bereits nach 30 bis 50 Jahren ausgereift. Ein Weidenbestand kann bei guten Bedingungen pro Jahr und Hektar einen Zuwachs von 15 bis 25 Festmeter Holz produzieren.[2] Zum Vergleich: Buchen schaffen an guten Standorten einen Zuwachs von 6 bis 8 Festmetern.

Die Weiden zählen zu den Kernholzbäumen mit Farbkernbildung. Die Splintholzzone ist in der Regel breit und weißlich bis gelblich-weiß, der Kern ist hellbräunlich bis rötlichbraun. Die Jahrringe sind auffällig breit und gut gegeneinander abgesetzt, wozu ein dichtes Spätholzband beiträgt. Die Längsflächen sind entsprechend im Tangentialschnitt gefladert oder im Radialschnitt gestreift. Die Poren sind fein und treten zerstreut als Einzelporen oder in kleinen Gruppen auf, sichtbar sind sie nur mit der Lupe.[2]

Das Holz verschiedener Weidenarten ist optisch nicht voneinander zu unterscheiden und gleicht sich auch in den physikalischen Eigenschaften; auch dem Pappelholz ähnelt es sehr stark. Es ist grobfaserig und sehr weich mit einer Rohdichte von 560 kg/m^3 bei 12 bis 15 % Holzfeuchte. Es ist wenig elastisch und wenig fest, zugleich jedoch sehr leicht. Die Schwindung ist mäßig und es ist sehr anfällig gegenüber Pilzen und Insektenbefall, eine Imprägnierung ist im Splintholz gut und im Kernholz nur mäßig machbar.

Das Holz kann aufgrund seiner Struktur gut bearbeitet werden, fasert jedoch leicht aus und bildet wollige Oberflächen. Es ist leicht zu sägen, messern und zu schälen und besitzt eine sehr gute Spaltbarkeit. Die Biegeeigenschaften sind unbefriedigend, Verleimungen und Verschraubungen sind problemlos.[2]

Verwendung

Stoffliche Verwendung

Das Holz der Weiden wird in den gleichen Anwendungsbereichen wie Pappelholz eingesetzt. Es wird vor allem als Rund-, Industrie- und Schnittholz, zudem werden erhebliche Mengen energetisch verwertet (als biogener Brennstoff unter anderem in Heizwerken). Es wird zu Spanplatten und Spanholzformteilen sowie zu Schälfurnieren verarbeitet und als Blindholz für Möbel eingesetzt. Wie Pappelholz wird es zudem in der Zündholzindustrie verarbeitet, außerdem werden aus Schälfurnier der Pappel Sperrholz, Schichtholz für gebogene Formteile, Spankörbe für Obst und Gemüse und Geschenkverpackungen produziert. Auch Messerfurnier wird aus Pappelholz hergestellt.

Das Holz wird auch zu Zeichenbrettern, Haushaltsgeräten, Zahnstochern und Schneeschaufeln weiterverarbeitet. Es eignet sich auch gut zur Fertigung von Faserplatten und zur Erzeugung von Zellstoff und Papier. Weiters wird Weidenholz zu Holzwolle verarbeitet. Speziell in England stellt Weidenholz den Werkstoff zur Herstellung der Schlagbretter von Cricketschlägern dar und hat die Aufgabe, den bis zu 130 km/h schnellen Ball in seinem Aufprall zu dämpfen (die Kricketweide, eine Unterart der Silberweide, erhielt hierdurch ihren Namen).[2]

Eine spezielle Nutzung der Kricketweide ist die Herstellung des Schlagbretts des Cricketschlägers.

Energetische Verwendung

Der Brennwert von Weidenholz liegt wie beim Pappelholz mit 19,8 MJ/kg zwischen dem von Fichten- und Buchenholz. Aufgrund der geringen Dichte ist die Energieausbeute des Holzes bezogen auf das Holzvolumen (z. B. pro Ster oder pro Schüttraummeter) geringer als die anderer Brennhölzer.

Neben Pappeln stellen Weiden als schnellwachsende Baumsorten die wichtigsten Baumarten für den Anbau in Kurzumtriebsplantagen dar. Bei Weidenholz aus Kurzumtriebsplantagen, die bereits nach wenigen Jahren geerntet werden, beträgt der Ascheanteil mit 1,8 % rund das Dreifache von Fichtenholz aus dem Forst.[3]

Belege

Literatur

- D. Grosser, W. Teetz: *Buche.* In: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. (Hrsg.): *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Nr. 7, Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond – Absatzförderungfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn 1998, ISSN 0446-2114 [2].

Referenzen

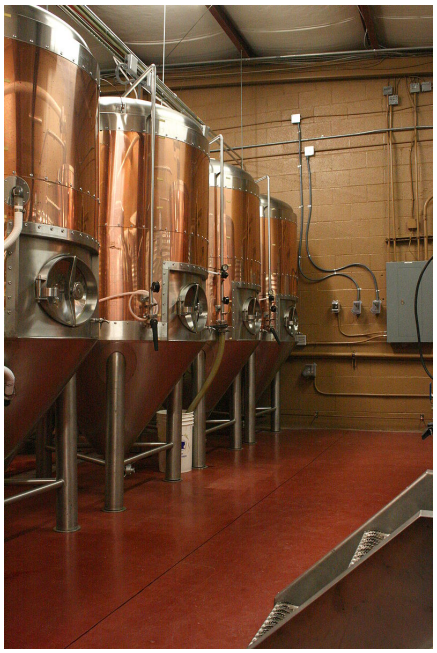
[1] Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.), 2009: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, 2. Auflage, S. 360, ISBN 9783540850946

[2] D. Grosser, W. Teetz: *Weide.* In: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. (Hrsg.): *Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).* Nr. 15, 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).

[3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2007): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. ISBN 3-00-011041-0 (pdf (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf))

Weiße Biotechnologie

Die **Weiße Biotechnologie**, auch **Industrielle Biotechnologie** genannt, ist der Bereich der Biotechnologie, der biotechnologische Methoden für industrielle Produktionsverfahren einsetzt. Der Begriff *Weiße Biotechnologie* ist dabei relativ neu und bisher nicht klar definiert. Dazu werden biologische und biochemische Kenntnisse und Prozesse durch die (Bioverfahrenstechnik) in technische Anwendungen übertragen. Dabei kommen Organismen (z. B. Bakterien wie *Escherichia coli* oder *Corynebacterium glutamicum*, Hefen, etc.) oder auch Enzyme oder Enzymsysteme zum Einsatz.



Bei vielen biotechnologischen Anwendungen kommen Fermenter verschiedener Ausführung zum Einsatz, wie z. B. diese Gärbottiche zur Bierherstellung.

Durch große Fortschritte in der Entwicklung biotechnologischer Methoden und Anwendungen hat die Weiße Biotechnologie in den vergangenen Jahren stark an Bedeutung gewonnen und wird auch zukünftig als Wachstumsbranche gesehen. Großes Potential wird in diesen Bereichen erwartet:[1]

- Optimierung von Produktionsverfahren, z. B. für Grund- und Feinchemikalien
- Reduzieren der Rohstoffabhängigkeit, z. B. durch Nutzung Nachwachsender Rohstoffe statt fossiler Rohstoffe
- Reduzierung der Energie- und Entsorgungskosten, z. B. durch Ersetzen chemischer Verfahren
- Entwicklung neuer Produkte und Systemlösungen mit hohem Wertschöpfungspotenzial, z. B. durch Nutzbarmachung von biologischen Stoffwechselwegen mit gentechnischen Methoden

Definition

Als Biotechnologie wird die Anwendung von Kenntnissen und Prozessen der Biologie und Biochemie in technischen Verfahren bezeichnet. Relativ geläufig und klar abgegrenzt sind die Bezeichnungen Rote Biotechnologie bzw. Grüne Biotechnologie mit Anwendungen im medizinischen und pharmazeutischen bzw. im landwirtschaftlichen und pflanzlichen Bereich. Viele andere Anwendungen fallen in den Bereich der Weißen bzw. Industriellen Biotechnologie. Darüber hinaus wird auch gelegentlich von Blauer (mariner), Grauer (Abfallbereich) und anderen Biotechnologien gesprochen.

Die Weiße Biotechnologie wird unterschiedlich definiert:

- Die europäische Industrievereinigung EuropaBio zählt z. B. die biotechnologische Herstellung von Spezial- und Feinchemikalien, Lebensmitteln oder Lebensmittelzusatzstoffen, Agrar- und Pharmavorprodukten und zahlreichen Hilfsstoffen für die verarbeitende Industrie zur Weißen Biotechnologie.[2]
- Die Fraunhofer-Gesellschaft definiert Weiße Biotechnologie als „die industrielle Produktion von organischen Grund- und Feinchemikalien sowie Wirkstoffen mithilfe optimierter Enzyme, Zellen oder Mikroorganismen“.
- Die OECD unterscheidet hier zwei Schwerpunkte:
  - *Ersatz endlicher fossiler Brennstoffe* durch nachwachsende Ausgangsstoffe, also Biomasse
  - *Ersatz konventioneller industrieller Prozesse* durch biologische Prozesse, die den Energiebedarf und den Rohstoffeinsatz senken sowie die Anzahl der Prozessstufen reduzieren und damit Kosten senken sowie gleichzeitig ökologische Vorteile schaffen.

In diesem Artikel wird die Definition relativ weit gefaßt.

Geschichte

Der Begriff *Weiße Biotechnologie* ist relativ jung, aber einige Methoden, die dieser Biotechnologie zugeordnet werden, werden seit Jahrtausenden von der Menschheit genutzt. Dies geschah lange vor der Entdeckung der Mikroorganismen oder gar dem Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse. In zahlreichen Kulturen wurde z. B.

- die Vergärung zuckerhaltiger Nahrungsmittel zu Alkohol (Ethanolgärung)mit Hilfe von Hefen,
- die Milchsäuregärung unter Verwendung von *Lactobacillus*-Stämme oder
- die Essigsäureherstellung mit Hilfe von *Acetobacter*-Spezies

angewendet.

Louis Pasteur (1822-1895) entdeckte 1856 in verunreinigten Weinfässern Mikroorganismen, die er nach ihrer Form mit dem griechischen Wort für Stäbchen Bacterion benannte. Die entdeckten Milchsäurebakterien (Lactobazillen) produzierten aus Zucker durch Gärung Milchsäure, während in den Weinfässern Hefepilze den Zucker zu Alkohol vergären sollten. Pasteur legte mit diesen Entdeckungen die Grundlage für das Verständnis von Fermentation bzw. Gärung und begründete die moderne Mikrobiologie.

2008 arbeiteten von den 501 Biotech-Unternehmen in Deutschland 45 (rund 9 %) hauptsächlich auf dem Gebiet der Industriellen Biotechnologie. Viele Unternehmen der chemischen Industrie setzen Methoden der Weißen Biotechnologie ein, wurden bei dieser Umfrage aber nicht erfaßt, so dass die Bedeutung deutlich größer sein dürfte.[1]

Methode

In der Weißen Biotechnologie werden, wie in den anderen Biotechnologien auch, verschiedene Möglichkeiten der Biokonversion (Biokatalyse) eingesetzt, wie z. B. die Gewinnung von bestimmten Stoffwechselabfällen oder -produkten (Katabolismus bzw. Anabolismus).

Die Auswahl eines in der biotechnologischen Anwendung eingesetzen Organismus kann z. B. erfolgen, weil er bereits die Fähigkeit zur entsprechenden Biokonversion besitzt. Durch Zucht, Mutation und Selektion mit konventionellen, nicht gentechnischen Methoden kann die Ausbeute gesteigert werden. In biotechnologischen Anwendung eingesetzte Enzyme für die Biokonversion, wurden, bevor gentechnische Methoden verfügbar waren, meist aus bestimmten Organismen oder Organen gewonnen, wie z. B. Lab aus Kälbermägen.

Durch die Entwicklung gentechnischer Methoden stehen der Weißen Biotechnologie (auch als Weiße Gentechnik bezeichnet) deutlich erweiterte Möglichkeiten zur Verfügung. So können bereits eingesetzte Organismen, z. B. durch gerichtete Evolution oder metabolic engineering, so optimiert werden, dass sie höhere Ausbeuten liefern.[3] Eine weitere Option ist, bisher nicht mögliche Biokonversionen für den industriellen Einsatz verfügbar zu machen. Ein Hindernis war z. B., dass viele Organismen sich für den Einsatz in der Weißen Biotechnologie nicht eigneten, z. B. weil sie nicht oder zu schlecht in Fermentern (Bioreaktoren) kultiviert werden konnten. Mit gentechnischen Methoden kann es möglich sein, das oder die benötigten Gene in eine gut kultivierbare Arten zu übertragen. Das letztlich interessierende Produkt kann z. B. die chemische Verbindung sein, die von dem Enzym gebildet wird, das durch dieses Gen codiert wird. Aber auch das Enzym (Protein) selbst kann das gewünschte Produkt sein (Molecular farming). Ein bekanntes Beispiel ist die Herstellung des Peptidhormons Insulin mit Bakterien, die die Gewinnung aus Schweinebauchspeicheldrüsen ablöste.[4]

Ein neuer Ansatz ist die Analyse von Metagenomen (Metagenomik). Lange konnten nur Gene bzw. Enzyme für die Biotechnologie nutzbar gemacht werden, die aus Organismen stammten, die zumindest unter Laborbedingungen kultivierbar waren. Mit neueren molekularbiologischen Methoden stehen nun ganze Metagenome (die Gesamtheit der Gene aller Arten z. B. in einem Biotop) zur Verfügung. Insbesondere von den geschätzten zwei Milliarden Arten von Mikroorganismen, von denen bisher nur wenige kultiviert werden konnten, verspricht man sich neue und bessere Enzyme für biotechnologische Anwendungen.[5]

Anwendungsgebiete

Die Anwendungsmöglichkeiten für biotechnologische Methoden sind sehr vielfältig. Im folgenden ist nur eine kleine Auswahl von Beispielen aufgeführt.

Substitution fossiler Energieträger

Bioethanol, Biogas und Biowasserstoff können aus Biomasse (Nachwachsenden Rohstoffen (Nawaros)) gewonnen werden. Die wirtschaftliche Bedeutung von Bioethanol und Biogas hat in den vergangenen Jahren erheblich zugenommen.

Bioethanol wird heute in großem Maßstab für die Verwendung als Treibstoff erzeugt.

- Bioethanol: Aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen (Zuckerrüben, Maiskorn, Getreidekorn oder bestimmte organische Abfälle) kann durch Ethanolgärung Ethanol erzeugt werden. Auch das bisher schwer zu erschließende Polysaccharid (Vielfachzucker) Cellulose soll zukünftig enzymatisch erschlossen werden können und zur Herstellung von sogenanntem Cellulose-Ethanol dienen.
- Biogas: Durch anaeroben Abbau von Biomasse einschließlich einer Methanfermentation wird in Biogasanlagen das energiereiche Biogas erzeugt.
- Biowasserstoff: Der Energieträger Wasserstoff kann durch mikrobiologische Fermentationsprozesse aus organischem Material oder durch abgewandelte photosynthetische Prozesse mit Algen in Photobioreaktoren gewonnen werden.

Antibiotika

Antibiotika dienen der Behandlung von Infektionskrankheiten und zählen zu den am häufigsten verschriebenen Medikamenten.

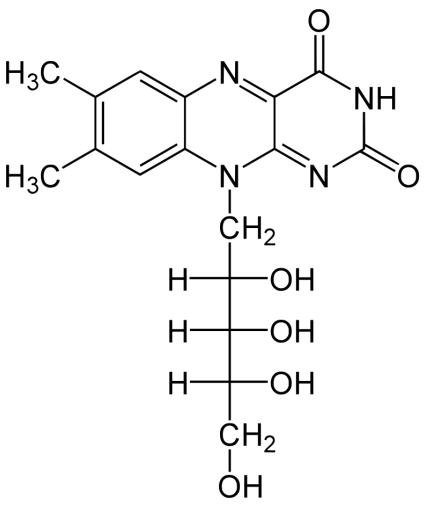
Ein bekanntes Beispiels für ein Breitbandantibiotikum ist das Cephalosporin. Es gehört, wie das Penicillin, zu den β-Lactam-Antibiotika und wird aus dem Hauptausgangsstoff 7-Amino-Cephalosporansäure abgeleitet. Bei der Produktion mit einem biotechnologischen Verfahren sind Zimmertemperatur, Wasser als Lösungsmittel und keine großen Mengen toxischer Stoffe oder Schwermetalle notwendig. Das Abwasser kann danach im Wesentlichen biologisch gereinigt werden. Die Herstellung ist somit ökonomisch und ökologisch vorteilhaft gegenüber chemischen Verfahren.

Nahrungsmittelzusätze

Zunehmend wird versucht, den Nährwert von Nahrungsmitteln zu erhöhen (Functional Food), indem bestimmte Verbindungen zugesetzt werden, die ansonsten nicht oder in nur geringer Menge vorhanden sind.

Vitamine

Vitamine werden vom Körper für lebenswichtige Funktionen benötigt und müssen mit der Nahrung oder im Mangelfalle über Nahrungsergänzungsmittel aufgenommen werden. Noch in den 1990ern wurde beispielsweise Vitamin B2 durch ein chemisches Verfahren in einem achtstufigen Syntheseprozess hergestellt. Heute wird mit einer einstufigen Fermentation ein biotechnologisches Verfahren angewendet. Dadurch konnten 40 % der Kosten, 60 % der Rohstoffe, 30 % der CO_2-Emissionen und 95 % der Abfälle eingespart bzw. vermieden werden.[6]



Komplexe Verbindungen wie Riboflavin (Vitamin B2) sind mit biotechnologischen Methoden einfacher herzustellen als durch chemische Verfahren.

Aminosäuren

Mehrere Aminosäuren werden heute in großtechnischem Maßstab in biotechnologische Verfahren hergestellt.

Eine große Bedeutung hat L-Lysin. Für viele Nutztiere ist es eine essenzielle Aminosäure und in verbreiteten Futtermitteln wie Sojamehl in geringer Konzentration vorhanden. Jährlich werden rund 1 Mio. t als Futtermittelzusatz in der Geflügel- und Schweinemast eingesetzt. Bei der fermentativen Herstellung mit Bakterien wird als Rohstoff vor allem Zucker eingesetzt.[6]

Ende der 1980er Jahre stellte Showa Denko mithilfe transgener Bakterien die Aminosäure Tryptophan her, wodurch gleichzeitig versehentlich ein unerwünschtes Toxin produziert wurde, an dem 37 Menschen starben (sogenanntes Eosinophilie-Myalgie-Syndrom (EMS)).[7]

Enzyme

Die Verwendung biotechnologisch hergestellter Enzyme in der Medizin ist vielfältig: Enzyme werden in Therapie und Diagnose eingesetzt. Erst mit den Fortschritten der biotechnologischen Forschung der vergangenen Jahrzehnte hat sich das ökonomische Potenzial therapeutischer Enzyme entwickeln können. Durch die Verfahren der Weißen Biotechnologie können Enzyme preisgünstig sowie mit hoher Leistungsfähigkeit und Selektivität hergestellt werden.

Die so genannten therapeutischen Enzyme werden direkt als Medikamente verwendet (z.B. Lipasen, Lysozym, Thrombin und andere).

In der Lebensmittelindustrie werden mehr als 40 Enzyme in zahlreichen Produktionsprozessen eingesetzt. Enzyme modifizieren Stärke (Modifizierte Stärke), optimieren Fette und Eiweiße, sie stabilisieren aufgeschlagene Schäume und Cremes und verbinden zusammengefügte Fleischteile zu Kochschinken oder Brühwurst (Formfleisch). Enzyme sorgen für die Bissfestigkeit von Cornflakes, die Gefrier-Tau-Stabilität eines Fertigteiges, die gleichmäßige Qualität von Eiswaffeln oder verhindern das Kleben von Nudeln nach dem Kochen. Enzyme konservieren Mayonnaise und Eiprodukte, steuern die Reifung von fermentierten Lebensmitteln und Getränken, sie ermöglichen intensivere Aromen, spalten aus Butter-, Käse- oder Rahmaromen Fettsäuren ab oder bilden aus Eiweißen Würze oder Bratengeschmack.

Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln

Waschmittel enthalten bestimmte Enzyme (z. B. Lipasen, Proteasen, Amylasen), die helfen, Verschmutzungen mit Fett, Protein (Eiweiß, z. B. Blut, Eigelb) und Stärke durch Zerlegung in wasserlösliche Bestandteile zu entfernen. Die dadurch verbesserte Waschwirkung erlaubt das Herabsetzen der Waschtemperaturen und Waschdauer und eine Verringerung des Wasser-, Waschmittel- und Energieverbrauchs gegenüber enzymfreien Waschmitteln.

Zunächst erfolgte die biotechnologische Herstellung der Enzyme mit nicht gentechnisch veränderten Mikroorganismen, die durch Selektion optimiert worden waren. Seit den 1980ern wird die Gentechnik eingesetzt, um höhere Ausbeuten zu erzielen und weitere Enzyme nutzbar zu machen.[8]

Hormone

Die Zuführung von Hormonen ist in der Medizin bei verschiedenen Krankheiten erforderlich (zum Beispiel Wachstums- oder Wechseljahresbeschwerden, Krebstherapie und andere).

Die schmerz- und entzündungslindernde Wirkung des Steroidhormons machte beispielsweise Cortison als Medikament interessant. Die aufwändige chemische Synthese in 37 Schritten wurde durch die ökonomischere biotechnologische Herstellung in 11 Schritten ersetzt. Unter anderem wurde die Stoffwechselleistung des Pilzes *Rhizopus arrhizus* verwendet. Mit Hilfe weiterer biotechnologischer Prozesse konnte darüber hinaus der Ausgangsstoff für die Cortison-Synthese, Diosgenin, der aus der mexikanischen Yams-Wurzel gewonnen wurde, ersetzt werden.

Das Hormon Insulin (ein Peptidhormon) kann fermentativ durch Bakterien erzeugt werden.

Textilindustrie

Zum Bleichen von Textilien wird in der Textilindustrie Wasserstoffperoxid (H_2O_2) genutzt. Wasserstoffperoxid ist ein starkes Oxidationsmittel, das nach dem jeweiligen Bleichprozess wieder vollständig aus dem Textilmaterial entfernt werden muss. Im konventionellen Verfahren wird Wasserstoffperoxid durch zweistündiges Spülen mit heißem Wasser (80-95 °C) beseitigt. Trotz hohem Verbrauch an Wasser und Energie gelingt jedoch eine vollständige Entfernung des Bleichmittels erst durch Nachbehandlung mit verschiedenen Chemikalien.

In dem biotechnologischen Verfahren wurde zur Entfernung des Bleichmittels Wasserstoffperoxid ein enzymatischer Prozess entwickelt. In diesem biotechnologischen Verfahren wird zur Nachbehandlung der Textilien das Enzym Katalase eingesetzt. Dieses Enzym baut das Wasserstoffperoxid innerhalb von wenigen Minuten bei 30-40 °C zu Wasser und Sauerstoff ab.

Statt zweier Spülzyklen muss zur Entfernung des Bleichmittels nur noch ein Spülschritt mit warmem Wasser durchgeführt werden.

Biopestizide

Der weltweite Markt für Biopestizide, wie z. B. Mitteln für die Unkrautbekämpfung mit Mikroorganismen oder deren Produkten, wächst stark.

Ein Beispiel für Biopestizide ist die Produktion des Toxins des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis*. Das so genannte Bt-Toxin, ein Protein, wirkt auf verschiedene Insekten toxisch, für andere Organismen ist es aber ungiftig. Das Toxin wird fermentativ hergestellt und in Form einer Suspension eingesetzt. (In der Grünen Biotechnologie wurde das Gen des Bt-Toxins in Pflanzen übertragen (z. B. Bt-Mais), so dass sie das Protein selbst synthetisieren können.)

Biokunststoffe

Die biotechnologische Herstellung von Bausteinen (Monomeren) für die Kunststoff- und Polymerherstellung ist ein weiteres zukunftsträchtiges Feld biotechnologischer Verfahren. An der Entwicklung z. B. von biologisch abbaubaren Polymeren wird seit vielen Jahren intensiv geforscht. Erste Anwendungen sind auf dem Markt. Aber auch nicht biologisch abbaubare Biokunststoffe werden entwickelt. Durch diese biotechnologische Verfahren werden petrochemische Verfahren zur Herstellung bestimmter Polymere ersetzt oder neue Polymere mit neuen Eigenschaften entwickelt. Bekannte Beispiele sind Polymilchsäure (Polylactid, PLA) und Polyhydroxyalkanoate wie z. B. Polyhydroxybutyrat (PHB).

Mulchfolie aus Biokunststoff (PLA-Blend Bio-Flex)

Ausblick

Die Weiße Biotechnologie gehört zu den sogenannten Schlüsseltechnologien unserer Zeit. Es ist davon auszugehen, dass durch gezielte Nutzung der etwa zwei Milliarden Mikroorganismusspezies und deren biotechnologische Verbesserung sehr viele industrielle Prozesse kostengünstiger (weniger Prozessstufen, weniger Material- und Energieeinsatz) und ökologischer (weniger sowie umweltverträglichere Reststoffe und Emissionen) gestaltet werden können. Darüber hinaus können sich die Investitionen durch die Nutzung der Mikroorganismen und es werden nachwachsende Rohstoffe für die industrielle Nutzung erschlossen.

Neben den Produktionskosten wird auch die Kundenakzeptanz die entscheidende Triebkraft für den Wechsel von konventionellen zu biotechnologischen Produktionsverfahren sein, insbesondere wenn auch gentechnische Verfahren eingesetzt werden.

Literatur

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2007): *Weiße Biotechnologie - Chancen für neue Produkte und umweltschonende Prozesse.* (PDF-Datei; 2,23 Mb) [9]
- Garabed Antranikian: *Angewandte Mikrobiologie*, 1. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, ISBN 3-540-24083-7

Siehe auch

- Bioraffinerie

Weblinks

- Portal Biotechnologie [10] des Bundesministeriums für Bildung und Forschung inklusive einer Definition von *Biotechnologie* und *Weißer Biotechnologie* [11]
- BioIndustrie 2021 [12] Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
- European Association for Bioindustries [13]

Referenzen

[1] Umfrage der Informationsplattform *biotechnologie.de* (http://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/Hintergrund/studien-statistiken,did=95732.html) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

[2] "Information zur Biotechnologie" (http://www2.fh-ansbach.de/index.php?id=1695) auf der Informationsseite zum Studiengang "Industrielle Biotechnologie" der Hochschule Ansbach

[3] Garabed Antranikian: "Angewandte Mikrobiologie", 1. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, ISBN 3-540-24083-7.

[6] Presseinformation des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) *Biotechnologie - Eine Zukunftstechnologie eröffnet neue Wege* (http://www.vci.de/showPDF/showPDF.asp?p=101&docnr=123628&type=xml), Rede vom 18. September 2008

[7] Jeffrey M. Smith: *Trojanische Saaten*, Riemann 2004, ISBN 3-5705-0060-8. Kaptitel 4: Über das von Showa Denko auf gentechnischem Weg hergestellte L-Tryptophan, das das Eosinophilie-Myalgie-Syndrom auslöste, an dem 37 Menschen starben und über 1500 erkrankten.

[8] Informationen der Henkel AG "Biotechnologisch hergestellte Waschmittel-Enzyme" (http://www.henkel.de/SID-0AC8330A-59EF0390/nachhaltigkeit/gentechnik-dauerbrenner-in-der-oeffentlichkeit-10196.htm), abgerufen am 01.01.2010

[9] http://www.bmbf.de/pub/weisse_biotechnologie.pdf

[10] http://www.biotechnologie.de/

[11] http://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/Hintergrund/basiswissen.html

[12] http://www.bmbf.de/de/6955.php

[13] http://www.europabio.org/

Werg

Werg (als *Arbeitsstoff* auch *Hede* oder *Kauder* genannt) ist eine niedere Faserqualität, die beim Hecheln von Bastfasern wie Leinen, Hanf oder Jute anfällt. Es besteht aus kurzen Faserstücken in Wirrlage und ist meistens durch Schmutz und Schäben verunreinigt. Es stellt ein Nebenprodukt der Langfaserproduktion dar.

Kalfaterwerkzeuge (Hammer und Eisen) und Werg.

Eigenschaften

Flachswerg besteht aus rund 70 bis 95% etwa 100 bis 500 Millimeter langen Faserstücken sowie Anteilen an Staub und Schäben, bei Hanfwerg variiert die Länge zwischen 10 und 500 mm, bei bis zu 98% Faseranteil[1] . Als Dämmstoff liegt die Wärmeleitfähigkeit von Flachswerg ähnlich wie herkömmliche Dämmstoffe bei rund 0,040 W/mK[2] .

Verwendung

Hanffasern

Das Werg wird für die spätere Verarbeitung gereinigt, verfeinert und parallelisiert. Es kann danach in Trocken- und Nassspinnverfahren zu Garnen (Werggarn oder Towgarn) und Schnüren versponnen oder unversponnen verwendet werden (z.B. als Dicht- oder Füllstoff, in der Papierindustrie oder für Vliesstoffe).

Vor allem historisch relevant ist die Anwendung von Hanfwerg gemeinsam mit Holzteer, Pech oder Gummi beim Kalfatern zum Abdichten von Fugen zwischen hölzernen Schiffsplanken. Beim Bau von arabischen Dhaus und anderen Holzschiffbauten im Bereich des Indischen Ozeans ist das Verfahren heute noch gebräuchlich. In Deutschland werden vorwiegend die wenigen noch vorhandenen Holzschiffe bei Reparaturarbeiten kalfatert, während Neubauten in klassischer Holzbauweise sehr selten sind. Im Mittelalter wurde es als Grundstoff für Brandgeschosse verwendet. Wie z.B. die Falarika. Hierzu wurde es mit Pech, Schwefel oder Naturharz vermischt und vor dem Fortschleudern in Brand gesetzt.

In der Gebäudetechnik wird - trotz der „moderneren“ Alternative Teflonband - nach wie vor oft Flachs- oder Hanfwerg verwendet, um durch das Auffüllen der Gewindespalten Wasser- und Heizungsrohre abzudichten. Bei Flüssigkeitseinwirkung quillt die Faser auf, die Quellung unterstützt nachträglich die Dichtwirkung. Soll das Rohr nahe der Verschraubung geschweißt oder gelötet werden, bietet Hanf eine hohe Temperaturstabilität, die mit Teflonband nicht erreicht werden kann. Hanf widersteht zudem der hohen mechanischen Belastung beim Festschrauben besser als Teflon. Das Zurückschrauben ist nur mit Hanfdichtungen möglich; Teflondichtungen werden dabei zerstört.

Ebenso wie Kurzfasern kann Werg zudem als minderwertigere Faserfraktion in der Produktion von technischen Textilien und Zellstoff verwendet werden.

Bei der päpstlichen Amtseinführung diente Werg bisher zum einen zur Erzeugung des weißen Rauchs, welcher eine erfolgreiche Papstwahl anzeigt. Zum anderen wurde, nachdem der neue Papst seine Insignien erhalten hatte, vor dessen Augen dreimal ein Stück Werg verbrannt, jedes Mal begleitet von der Ermahnung: *„Sancte Pater, sic transit gloria mundi“* (*Heiliger Vater, so vergeht der Ruhm der Welt.*)[3]

Literatur

- nova-Institut (Hrsg.): Das kleine Hanf-Lexikon. Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2. Auflage, 2003; Seiten 74. ISBN 3-89533-271-2

Referenzen

[1] Sachsenleinen, Produktdatenblatt Flachswerg (http://www.sachsenleinen.de/index.php?id_kat=125&sprache=de) und Hanfwerg (http://www.sachsenleinen.de/index.php?id_kat=130&sprache=de)

[2] Flachshaus: Werg WG (http://www.flachshaus.de/1/flachsdaemmstoffe/stopfmaterial/werg.html)

[3] Louis Carlen: *Sinnenfälliges Recht: Aufsätze zur Rechtsarchäologie und rechtlichen Volkskunde.* Georg Olms Verlag. 1995; Seite 106 (http://books.google.com/books?id=iUmZZL_rIawC&pg=PA282&lpg=PA282&dq="werg"+papst+-wikipedia+Sancte+Pater,+sic+transit+gloria+mundi.&source=web&ots=0UOsKKg-m6&sig=OG-xZJdCYlCytxp_4kr1ZgFOdP8&hl=de&sa=X&oi=book_result&resnum=14&ct=result)

Wirrfaser

Als **Wirrfasern** werden in der Naturfaserindustrie Faserkollektive benannt, deren Einzelfasern oder Faserbündel keine bevorzugte Ausrichtung haben. Die Fasern liegen in diesen Kollektiven in wirrer Streulage vor. Wirrfasern werden den Längsfasern gegenübergestellt, bei denen die Fasern vorzugsweise in einer Richtung orientiert sind.[1]

Wirrfasern, beispielsweise Wirrfaserhanf und Wirrfaserflachs, spielen vor allem bei modernen Kurzfaseraufschlüssen und -verwendungen eine Rolle. Hierzu zählen vor allem die Verwendungen für Zellstoffprodukte wie Zigarettenpapier und andere Spezialpapiere, Vliese und Naturfaserverstärkte Kunststoffe.

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 [3]

Referenzen

[1] Definitionen nach Jörg Müssig und Michael Carus: *Faseraufschluss von Flachs und Hanf.* In: Carus et al. 2008; Seite 104.

Wolle

Als **Wolle** (von indogermanisch „uel“: reißen, rupfen oder drehen) bezeichnet man die weichen Haare des Fells einiger Säugetiere (im Gegensatz zum Deckhaar). Sie gehört wie Seide und Kasein zu den Proteinfasern, jedoch unterscheiden Wolle und andere Tierhaare sich von diesen durch ihren hohen Schwefelgehalt (3–4 %), der vom hohen Gehalt der Doppelaminosäure Cystein herrührt. Wolle ist ein nachwachsender Rohstoff, der nachweislich seit etwa 3.000 v. Chr. verwendet wurde.[1]

Schafwolle vor der Weiterverarbeitung

Gewinnung

Zur Wollgewinnung dienen Schafe (siehe auch Schafwolle), Kaschmirziegen (Kaschmir), Angorakaninchen (Angora), Kamele, Lamas und Vikunjas.

Zur Wollgewinnung werden die Tiere geschoren (Schurwolle) oder ausgekämmt, einige Schafrassen (Soay) werden gezupft (das ist für die Tiere schmerzfrei, man löst jeweils vorsichtig nur die fast schon losen Haare).

Bereits die Vorfahren der Inkas fertigten feinste Garne aus der Wolle der südamerikanischen Kleinkamele (Alpakas) und der noch selteneren wilden Vikunjas. Auch heute noch gilt Alpaka als ein besonders

Schafschur

hochwertiges Garn. Es hält die Wärme fünfmal besser als Schafwollgarne. Durch mikroskopisch kleine Lufttaschen hält es besser warm als fast alle anderen tierischen Fasern. Alpaka enthält kein Lanolin und ist daher für Wollallergiker geeignet.

Ebenfalls durch sehr geringes Gewicht und außergewöhnlich gute Isolationsfähigkeit zeichnet sich Merino-Possum-Wolle aus. Sie wird vor allem in Neuseeland hergestellt und verwendet. Die Produktion dieser Wolle hilft mit, die Bestände der unerwünscht zahlreichen, die einheimische Flora und Fauna gefährdenden Possums zu verringern.

Die Wolle von Angoraziegen ist als Mohair bekannt.

Schafschur im Mittelalter

Weiterverarbeitung

Zuerst wird die Wolle schonend gewaschen, gekämmt, gefärbt oder gebleicht und häufig zu Kammgarn (seltener zu Streichgarn) versponnen. Die so entstandenen Fäden lassen sich dann zu Stoffen weben, zum Stricken (Strickwaren) und Trikotagen verwenden oder werden von Hand oder maschinell zu Teppichen geknüpft. Die gereinigte und gekämmte Wolle kann auch zu Filz, einem Vliesstoff, verarbeitet werden.

Um der Wolle Eigenschaften zu verleihen, die sie von Natur aus nicht hat, wird sie ausgerüstet. Einige dieser Ausrüstungen verleihen ihr z. B. Mottensicherheit, Filzfreiheit (Hercosett-Verfahren), Maschinenwaschbarkeit usw.

Eigenschaften

Die Wolle hat eine sogenannte natürliche Thermoregulations-Eigenschaft. Wolle kann im Faserinneren Wasserdampf aufnehmen, die Oberfläche stößt Wasser jedoch ab. Sie kann bis zu 33 % ihres Trockengewichtes an Wasser aufnehmen, ohne sich feucht anzufühlen und sie leitet Feuchtigkeit wesentlich schneller ab als z. B. die viel verwendete Baumwolle. Da Wollwaren (bezogen auf ihr Gesamtvolumen) aus bis zu 85 % Luft bestehen, sind sie gute Wärmeisolatoren: die Körperwärme entweicht nur wenig. Umgangssprachlich heißt es deshalb, dass Wolle gut "wärmt", obwohl Wolle von sich aus hauptsächlich nur die Wärmestrahlung des Körpers reflektiert. Wolle nimmt Schmutz schlecht an, knittert kaum, da die Faser sehr elastisch ist. Wolle ist sehr farbbeständig und schwer entflammbar. Sie brennt nicht, sondern verkohlt nur. Wolle nimmt im Gegensatz zu Kunstfasern wenig Gerüche (z.B. von Schweiß) an, und hat eine natürliche Selbstreinigungsfunktion - aufgenommene Gerüche werden an die Luft wieder abgesondert, und die Wolle riecht nach kurzer Zeit an frischer Luft wieder neutral und frisch. Wolle neigt zum Fusseln (Pilling), was man durch Fusselfrei-Ausrüstungen oder Verarbeitungsqualität mindern kann. Wollkleidung kann als unangenehm bzw. kratzig empfunden werden. Dies lässt sich durch spezielle Behandlung mindern. Merinowolle ist feiner und wird seltener als unangenehm empfunden. Für technische Anwendungen eignet sich die Schafwolle als antistatisches und schwer entflammbares Material, z.B. in den Sitzen von Autos und Flugzeugen. Als Dämmmaterial wird sie wegen ihrer schadstoffabsorbierenden Eigenschaften eingesetzt.

Qualitätsbegriffe

Die Bezeichnung **Schurwolle** oder **Reine Schurwolle** drückt aus, dass es sich um neue, unmittelbar von einem lebenden Tier stammende Wolle, und nicht um ein wiederverwendetes, also aus Alttextilien hergestelltes Recyclingprodukt wie Reißwolle oder um die aus den Fellen geschlachteter (Schwöde-, Schwitz- oder Gerberwolle) oder verendeter (Sterblingswolle) Tiere gewonnene Wolle handelt. Kennzeichnung nach dem Textilkennzeichnungsgesetz:

- WO = Wolle

- WV = Reine Schurwolle

Das Internationale Woll-Sekretariat (IWS) hat zur Kennzeichnung von Qualitätserzeugnissen aus reiner Schurwolle das Wollsiegel eingeführt.

Beim Spinnen mittels hochpräziser elektronisch gesteuerter Spinnmaschinen wird die zu spinnende Wolle in einen langen Faden gesponnen. Je dünner und damit auch je länger dieser Faden wird, desto höher ist die Qualität.

Strickwolle bzw. Handstrickgarn besteht heute meist aus einem Gemisch von Wolle und Kunstfasern.

"Super 150": 150 Meter des für diesen Schurwollstoff verwendeten Garns wiegen 1 Gramm

Spezielle Stoffe

Aus grobem Wollgewebe (Loden) wurde jahrhundertelang die Wetterbekleidung der bäuerlichen Bevölkerung Europas hergestellt. Eine genausolange Tradition hat nachträglich gewalkter Lodenstoff.

Tweed ist ein besonders grober, warmer und dauerhafter Wollstoff. *Original Harris Tweed* kommt von den Äußeren Hebriden. Bekannte italienische Webereien von hochwertigen Wollstoffen sind u. a. Cerruti, Zegna, Scabal, Guabello und Loro Piana.

Die Bezeichnungen wie „Super 100“, „Super 120“ etc. findet man auf jedem besseren Anzug aus Schurwolle. Es sollte auf dem Label des jeweiligen Stoffherstellers angebracht sein. Es bezeichnet die Feinheit des versponnenen Wollgarns, z. B. Super 100 bedeutet: 100 Meter des Garns wiegen 1 Gramm. Je höher die Zahl, desto feiner das Garn, derzeit (2005) werden bis Super 210 für sehr feine und sehr teure Stoffe verarbeitet. Die Bezeichnung ist aber nicht geschützt, so dass ebenso auf renommierte Stoffhersteller zu achten ist.

Wirtschaftliche Bedeutung

Weltweit werden in fast 100 Ländern rund 2,2 Mio. t Wolle jährlich produziert, das meiste davon in Australien gefolgt von China, Neuseeland, Argentinien, Indien, Großbritannien und Nordirland mit mehr als 50.000 Tonnen pro Jahr (FAO 2009). In Deutschland beträgt die Schafwollproduktion rund 8.000 t. Deutsche Wolle hat auf dem Weltmarkt jedoch einen schweren Stand, gegenüber Neuseeland mit seinen hochweißen, feinen Qualitäten können hiesige Erzeuger preislich nur schlecht konkurrieren. [2] Ein Großteil der Wolle wird in der Bekleidungsindustrie weiter verarbeitet, gröbere Fraktionen werden für Bettwaren, Polsterungen und Teppiche verwendet.

Literatur

- Hannelore Eberle, Hermann Hermeling, Marianne Hornberger: *Fachwissen Bekleidung.* 9. Auflage. Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten 2007, ISBN 978-3-8085-6209-3.
- Anny Kastner: *Faser- und Gewebekunde.* 15. Auflage. Handwerk und Technik / Büchner, Hamburg 2008, ISBN 978-3-582-04243-9.
- Ursula Völker, Katrin Brückner (Hrsg.): *Von der Faser zum Stoff.* Textile Werkstoff- und Warenkunde. 34. Auflage. Handwerk und Technik / Büchner, Hamburg 2009, ISBN 978-3-582-05112-7.

Referenzen

[1] Almut Bick: *Die Steinzeit*. Theiss WissenKompakt, Stuttgart 2006. ISBN 3-8062-1996-6
[2] (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20090814-02) Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info, Nachricht vom 2009-08-14

Wood-Plastic-Composite

WPC steht für englisch *Wood Plastic Composites*, auch Wood(-fiber)Polymer Composites. Die deutschen Formen *Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe* oder *Holz-Polymer-Werkstoffe* sind eher unüblich. Es sind thermoplastisch verarbeitbare Verbundwerkstoffe, die aus unterschiedlichen Anteilen von Holz - typischerweise Holzmehl -, Kunststoffen und Additiven hergestellt werden. Verarbeitet werden sie meist mit modernen Verfahren der Kunststofftechnik wie Extrusion, Spritzgießen, Rotationsguss oder mittels Presstechniken, aber auch im Thermoformverfahren.[1]

Decking-Bretter aus WPC.

Definition und Abgrenzung

International wird der Begriff WPC unterschiedlich gebraucht. Die oben stehende Beschreibung ist der Versuch, für den deutschsprachigen Raum eine allgemein akzeptierte Definition zu etablieren. Da Holz in den Materialien durch andere Pflanzenfasern (z.B. Kenaf, Jute oder Flachs) ersetzt werden kann, ohne die Materialeigenschaften erheblich zu verändern werden solche Produkte teilweise dennoch weiter als WPC bezeichnet[2] [3] [4] . Zur besseren Abgrenzung sollte in diesem Fall jedoch der Begriff Naturfaserverstärkter Kunststoff verwendet werden. WPC gehören innerhalb der Biowerkstoffe zur Untergruppe der Biokomposite. Um zu den Biowerkstoffen gezählt zu werden, sollte ihr Holzanteil über 20 % liegen, dies wird in Deutschland und Mitteleuropa jedoch durchweg erreicht (s.u.).

Aufbau

Typischerweise bestehen WPC in Deutschland und Mitteleuropa aus einem Holzfaser- oder -mehlanteil von 50 % bis 90 % und einer Kunststoffmatrix aus Polypropylen (PP) oder weniger häufig aus Polyethylen (PE). Auf dem nordamerikanischen Markt dominieren WPC mit einem 50-prozentigen Polyethylen-Anteil. Mischungen mit anderen Kunststoffen und Biokunststoffen sind technisch möglich, jedoch wenig verbreitet. Aufgrund der thermischen Empfindlichkeit des Holzes sind Verarbeitungstemperaturen nur von unter 200 °C möglich. Bei höheren Temperaturen kommt es zu thermischen Umwandlungen und Zersetzungen des Holzes.

Die Zugabe von Additiven optimiert spezielle Materialeigenschaften: Bindung zwischen Holz und Kunststoff, Fließfähigkeit, Brandschutz, Farbgestaltung und - besonders für Außenanwendungen - Witterungs-, UV-, und Schädlingsbeständigkeit.

Eine neue Entwicklung auf diesem Sektor ist ein Gemisch aus Polyvinylchlorid (PVC) und Holzfasern zu je 50 %. WPC auf Basis thermoplastisch verarbeitbarer Duroplaste wie modifiziertes Melaminharz sind in der Entwicklung. Als *Bamboo Plastic Composites* (BPC) werden Verbundwerkstoffe bezeichnet, bei denen Holzfasern durch Bambusfasern ersetzt sind.

Eigenschaften

Vorteile des Werkstoffs gegenüber traditionellen Holzwerkstoffen wie Spanplatten oder Sperrholz sind die freie, 3-dimensionale Formbarkeit des Werkstoffs und die größere Feuchteresistenz. Gegenüber Vollkunststoffen bieten WPC eine höhere Steifigkeit und einen deutlich geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

Bisherige Langzeitstudien [5] und Schadenfälle aus der Praxis haben gezeigt, dass WPC durch UV-Bestrahlung, Feuchte- und Temperatureinwirkung sowie Pilzbefall geschädigt werden können.

Zurzeit bestehen für WPC keine einheitlichen Normen. Seit Ende 2007 gibt es mit einem Qualitätssiegel für Deckingprofile aus Holz-Polymer-Werkstoffen erstmals verbindliche Qualitätskriterien für das Produkt. Das von der Qualitätsgemeinschaft Holzwerkstoffe e.V. vergebene Qualitätszeichen berücksichtigt neben bestimmten Materialeigenschaften auch die Produktherkunft. Für die eingearbeiteten Naturfasern darf ausschließlich Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft eingesetzt werden, sowie frisch hergestellte Kunststoffe oder Reststoffe nach einem einmaligen Recycling.

Herstellung

WPC wird durch Verfahren verarbeitet, die in der Kunststoffproduktion gut eingeführt sind. Der weitaus größte Teil der WPC-Produktion erfolgt dabei mit Profilextrusion. Allerdings werden auch Spritzguss, Plattenpressen und Rotationsguss eingesetzt. In der Automobilindustrie sind Vliesformgebungsverfahren üblich.

Bei der Profilextrusion kann es ein Einstufen- oder Zweistufenprozess sein. Alle anderen Verfahren erfolgen in Zweistufen. Die erste Stufe des Zweistufenprozesses dient der Ermischung des WPC-Grundstoffs (oft als Granulat), in der zweiten Stufe wird die gewünschte Form erzeugt.

Profilextrusion

Einstufige Verfahren

Beim Einstufenprozess, auch Direktextrusion genannt, werden Holzpartikel und Kunststoffgranulat räumlich getrennt oder am gleichem Ort zur gleichen Zeit dem Extruder zugeführt. Der Kunststoff wird im Extruder vornehmlich durch Reibungswärme geschmolzen. Das Gemenge aus Holz und Kunststoff wird intensiv vermischt und durch das Werkzeug zu einem Profil extrudiert. Die Holzpartikel dürfen dabei eine Feuchtigkeitsobergrenze, die meist nicht über 8 % liegt, nicht überschreiten. Während des Extrusionsprozesses wird die Feuchtigkeit abgesaugt, so dass die WPC-Masse beim Verlassen des Werkzeugs Feuchtigkeiten von unter einem Prozent aufweist. Für Einstufenprozesse werden meist konische, gegenläufige Doppelschneckenextruder eingesetzt, die die Aufgabe des intensiven Mischens und eines erforderlichen Druckaufbaus für das Extrudieren gleichzeitig erfüllen. Der wichtigste Einsatz nach der Menge sind Terrassendielen.

Zweistufige Verfahren

Im zweistufigen Extrusionsprozess wird das Mischen, gegebenenfalls auch das Trocknen, sowie das Kompaktierens in einem Aggregat und das Extrudieren durch ein Werkzeug in einem anderen Aggregat durchgeführt. Beide können direkt gekoppelt oder räumlich und zeitlich getrennt sein.

Zum Mischen und Kompaktieren werden gleichlaufende, parallele Doppelschneckenextruder (Compounder), Heiz-Kühl-Mischer oder Pelletierpressen sowie Mahlverfahren eingesetzt. Die damit erzeugten WPC-Zwischenprodukte können als Rohstoff für die Profilextrusion, für den Spritzguss oder die Plattenpresstechnik eingesetzt werden. Für den Rotationsguss sind nur frei fließende, kunststoffbeschichtete Holzpartikel geeignet.

- *Compounder* arbeiten kontinuierlich und erzeugen eine sehr homogene Mischung, können aber in der Regel nicht genügend Druck für eine Profilextrusion aufbauen. Der Druck verdichtet bereits die Holzmatrix. Die Verweilzeit im Compounder beträgt wenige Minuten. Die Mischung muss die Schmelztemperatur des Thermoplasten erreichen. Liegt diese Temperatur oberhalb von 160° C, kann ein thermischer Abbau des Holzes beginnen. Compounder arbeiten kontinuierlich und es können geometrisch weitgehend einheitliche WPC-Pellets als Zwischenprodukt erzeugt werden. Üblich ist auch das WPC-Compound in der Schmelzephase in ein Extrusionsaggregat, wie einen Einschneckenextruder oder eine Schmelzepumpe zu geben. Die erzeugten Pellets erlauben eine einfache und gleichmäßige Dosierung mit den üblichen Dosiereinrichtungen. Extrudierte Pellets haben Feuchtigkeiten unter 1 % und erleichtern die Weiterverarbeitung.
- *Heiz-Kühl-Mischer* arbeiten diskontinuierlich. Im Heizmischer werden Holz- und Kunststoffpartikel gemischt und bis zum Schmelzpunkt des Thermoplasts aufgeheizt. Die Verweilzeiten im Heizmischer sind meist länger als im Compounder. Am Schmelzpunkt zieht der Thermoplast auf die Holzfasern auf und die WPC-Mischung wird in einen Kühlmischer überführt. Sie wird abgekühlt und grobe Agglomerate werden in kleinere Stücke aufgebrochen. Das WPC-Zwischenprodukt ist ein trockenes, nicht verdichtetes Granulat mit unregelmäßiger Kornform.
- In *Pelletierpressen* werden Holzpartikel und Kunststoffpartikel unter Druck miteinander kompaktiert. Beim Pressen durch eine Lochmatrize wird Reibungswärme erzeugt, um den Kunststoffanteil anzuschmelzen. Eine homogene Vermischung wie im Compounder oder Heiz-Kühlmischer findet nicht statt, so dass die so erzeugten Pellets nicht für alle Weiterverarbeitungsprozesse geeignet sind. Der Holzanteil wird durch den hohen Druck beim Pressen verdichtet.
- Bei *Mahlverfahren* werden Holz- und Kunststoffanteile gleichzeitig vermahlen. Bei einer Mahltemperatur die auf den Kunststoffanteil abgestimmt ist erfolgt eine Verbindung mit den Holzpartikeln. Je nach Mahlverfahren und Prozessführung können verklumpte oder einzelne, frei fließende Holzpartikel erzeugt werden.

Spritzguss

Beim Spritzgießen muss das Material homogen und problemfrei dosierbar sein, damit alle Teile der Schmelze eine gute Fließfähigkeit aufweisen. Eingesetzt werden vornehmlich compoundierte WPC-Pellets mit im Vergleich zu Extrusionsware geringem Holzgehalt. Sie werden in einem Plastifizierer aufgeschmolzen und in einem diskontinuierlichen Verfahren unter hohen Drücken bis zu 2400 bar „schussweise“ in eine Metallform gespritzt. Die WPC-Masse erstarrt beim Abkühlen. Der Spritzguss kann im „Injection Moulding Compounder“ auch in einem Arbeitsschritt erfolgen.

Spritgegossene Schale aus holzfaserverstärktem PLA-Blend Fibrolon

Aufgrund der Holzpartikelgeometrie und der geringen Schlagzähigkeit sind die Wandstärken im Spritzguss dicker ausgelegt als bei reinen Kunststoffgranulaten. Vorteilhaft ist die wesentlich höhere Wärmeformbeständigkeit, die der Masse bei höheren Temperaturen Steifigkeit verleiht. WPC-Formteile können daher bei höheren Temperaturen entformt werden.

Plattenpressen

Beim Plattenpressverfahren sind erste kontinuierlich arbeitende Pressen in der Erprobung. Das WPC-Vorprodukt wird auf ein Band zu einem Kuchen gestreut. Dieser wird ähnlich wie bei etablierten Holzwerkstoffverfahren in eine kontinuierliche Presse gefahren, dort verdichtet und aufgeheizt. Die WPC-Partikel werden angeschmolzen und verbinden sich zu einer Platte. Im folgenden Teil der Presse wird die Platte abgekühlt.

Rotationsguss

Im Rotationsgussverfahren werden Hohlkörper hergestellt. Es wird ein freifließendes Pulver dreidimensional in eine Hohlform getaumelt, während diese von außen erhitzt wird. Das Pulver sintert an der heißen Oberfläche an und bildet eine gleichmäßige Schicht, die der Innenkontur des Werkzeugs entspricht. 2005 wurde erstmals ein Sessel als WPC-Rotationsprodukt vorgestellt.

Geschichte und Marktentwicklung

Als Vorläufer der modernen WPC kann Bakelit gelten, ein Komposit aus Phenol-Formaldehydharz und einem Füllmaterial, für das Holzmehl, Gesteinsmehl oder Textilfasern verwendet wurden. Das erste kommerzielle Produkt aus Bakelit mit Holzmehl war ein Steuerknüppel für Rolls Royce aus dem Jahr 1916.[6]

WPC-Bodenbeläge

Bereits Anfang der 1960er Jahre begannen Technologen in Deutschland und Frankreich [7] auf der Basis von PVC und Cellulose, Altpapier und Holzschliff nach dem VINYPAL-Verfahren WPC zu entwickeln und herzustellen. Die Verfahren und Produkte hatten aber zu dieser Zeit noch keinen Markt in Europa und wurden als "Ersatzprodukte" und nicht als neue Werkstoffe gewertet.

In den frühen 1970er Jahren entwickelte das italienische Unternehmen G.O.R. Applicazioni Speciali SpA]] Türinnenverkleidungen, Hutablagen und Dachverkleidungen aus einem Komposit mit 50 % Holz- und 50 % Harzmatrixanteilen [2] .

Wood Plastic Composites entwickeln sich seit Anfang der 1990er Jahre rasant. Die USA waren das Ausgangsland für diesen Werkstoff.[8] , heute zählen sie auch in Deutschland zu den erfolgreichsten neuen Biowerkstoffen.

Messergriff aus holzfaserverstärktem PLA-Blend Fibrolon

Verwendung

Wood Plastic Composites werden vor allem im Baugewerbe, der Automobil- und Möbelindustrie verwendet: im Außenbereich für Bodenbeläge (Terrassen, Schwimmbäder,..) Fassaden und Möbel insbesondere als Ersatz für Tropenhölzer. Es sind bereits mehrere Stuhl- und Regalsysteme aus WPC auf dem Markt. Weitere Anwendungen sind Schreibgeräte, Urnen oder Haushaltsgeräte. Im technischen Bereich finden sie als Profile zur elektrischen Isolation Einsatz. In der europäischen Automobilindustrie werden WPC in Türinnenverkleidungen und Hutablagen eingesetzt. Thermoplastische Spritzguss-Erzeugnisse aus dem Biowerkstoff WPC sind bisher in Deutschland nur als "Nischenprodukte" zu finden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Weltweit werden heute bereits mehr als 1,5 Mio. t WPC produziert, vor allem in Nordamerika (ca. 1 Mio. t), China (200.000 t), Europa (170.000 t) und Japan (100.000 t). In Europa ist Deutschland mit über 70.000 t der führende Produzent und zudem der führende Maschinenbauer. [9] Weitere führende WPC-produzierende Länder in Europa sind Österreich, Benelux und Skandinavien. Die wichtigsten Produzenten kommen sowohl aus der Holz- als auch aus der Kunststoffbranche.

Literatur

- Dominik Vogt, Michael Carus, Sven Ortmann, Christin Schmid, Christian Gahle (nova-Institut GmbH): *Studie „Wood-Plastic-Composites“ Holz-Kunststoff-Verbundwerklstoffe.* Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Bd 28, Landwirtschaftsverlag Münster 2006. ISBN 3-7843-3397-4.
- Kristiina Oksman Niska, Mohini Sain (Hrsg.): *Wood-polymer composites.* Woodhead Publishing Cambridge 2008. ISBN 978-1-84569-272-8
- Hans Korte: *Aus einem Guss. Technologien zur Herstellung von Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffen*. In: *HK Holz- und Kunststoffverarbeitung* 4/2006, S.24-27.
- nova-Institut: *Dritter Deutscher WPC-Kongress*: Kongress Journal. Hürth 2009 Onlinefassung [10]
- nova-Institut GmbH [Hrsg.): *BIB 2010 - Branchenführer Innovative Biowerkstoffe 2010*, ISBN 978-3-9812027-2-4 ([11] online).

Weblinks

- WPC-Kongress [12]
- Woodcomposites bei VHI [13]
- Wood-Kplus.at [14]
- Fraunhofer-Institut WKI [15]
- UNI Göttingen [16]

Referenzen

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): *Studie „Wood-Plastic-Composites“ Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe*, Band 28, Landwirtschaftsverlag Münster, 2006, ISBN 3-7843-3397-4

[2] Geoff Pritchard: *Two technologies merge: wood plastic composites*, Plastics, Additives & Compounding 6(4), Juli-August 2004, S. 18-21, ISSN 464-391X/04

[3] Alireza Ashori: *Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries!*, Bioresource Technology 99(11), 2008, S. 4661-4667, ISSN 0960-8524

[4] Anatole A. Klyosov: *Wood-plastic composites*, John Wiley & Sons, 2007, S. 75, ISBN 978-0-470-14891-4

[5] Stark, Nicole und Matuana, Laurent (2003): *Ultraviolet weathering of photostabilited wood-flour-filled high-density polyethylene composites.* Michigan.

[6] Craig M. Clemons und Daniel F. Caulfield: *Wood Flour*, in: Marino Xanthos (Hg.): *Functional fillers for plastics*, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, S. 249, ISBN 3-527-31054-1

[7] Mitteilung von Dr. Josef Lintner †, Peter O.Glienke und Wacker-Chemie

[8] Hans Korte: Aus einem Guss. Technologien zur Herstellung von Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffen. In: HK Holz- und Kunststoffverarbeitung 4/2006, S.24-27

[9] nova-Institut: Dritter Deutscher WPC-Kongress: Wachstumsmarkt WPC in: www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2009-12-04 (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20091204-04)

[10] http://www.wpc-kongress.de/wpc2009/data/File/09-11-30%20WPC_Kongress-Journal.pdf

[11] http://www.biowerkstoff.info

[12] http://www.wpc-kongress.de

[13] http://www.vhi.de/woodcomposites.cfm

[14] http://www.wood-kplus.at

[15] http://www.wki.fraunhofer.de

[16] http://www.holz.uni-goettingen.de

Wunderbaum

Wunderbaum
Früchte des Wunderbaums (*Ricinus communis*)
Systematik
Ordnung: Malpighienartige (Malpighiales) *Familie:* Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae) *Unterfamilie:* Acalyphoideae *Tribus:* Acalypheae *Gattung:* Rizinus *Art:* Wunderbaum
Wissenschaftlicher Name der Gattung
Ricinus
L.
Wissenschaftlicher Name der Art
Ricinus communis
L.

Der **Wunderbaum** (*Ricinus communis*) ist die einzige Pflanzenart der monotypischen Gattung ***Ricinus***. die zur Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae) gehört.

Namen

Der botanische Name stammt vom lateinischen Wort *ricinus* für „Zecke“, da die Samen der Pflanze in ihrer Form an Zecken erinnern. Andere deutsche Trivialnamen sind *Christuspalme*, *Hundsbaum*, *Läusebaum*, *Kreuzbaum* oder, den Gattungsnamen verallgemeinernd, *Rizinus*. Dabei ist Christuspalme eine falsche Übersetzung von vorlinnéschem *palma Christi* „Christushand“, wo die Blätter mit der gespreizten Hand, lat. *palma* „flache Hand“, verglichen werden. Der vielfältige Bezug der Pflanze zur christlichen Terminologie bleibt unklar, möglicherweise bezieht sich der Name

Wunderbaum auch hierauf. (Siehe aber auch Rizinus in der Bibel) Die Botaniker des 16. Jh., bei denen der Name *Wunderbaum* erstmalig belegt ist, sehen das Wunderliche nur im äußeren Erscheinungsbild.

Beschreibung

In den gemäßigten Klimazonen wächst die Pflanze als einjährige krautige Pflanze, in den Tropen als mehrjährige Pflanze. Der Wunderbaum ist eine schnellwüchsige Pflanze und wird unter idealen Bedingungen innerhalb von 3 bis 4 Monaten bis zu 5 Meter hoch. In tropischem Klima erreicht sie nach mehreren Jahren Wuchshöhen von bis zu 13 Metern und bildet einen verholzten Stamm. In saisonalen Klimaten stirbt die Pflanze jedes Jahr oberirdisch ab und treibt dann bei entsprechender Sonneneinstrahlung wieder neu aus.

Botanische Zeichnung.

Die wechselständig stehenden Laubblätter sind 30 bis 70 Zentimeter groß, glänzend, grün (bei einigen Sorten rötlich bis tief-purpurfarben), haben lange Blattstiele und sind fünf- bis elflappig handförmig (peltat). Auch die stark wasserhaltigen Stängel sind bei einigen Sorten rot überlaufen.

Der Wunderbaum blüht von August bis Oktober. Es werden große, endständige rispige Blütenstände gebildet. Die Pflanzen sind einhäusig getrenntgeschlechtig (monözisch). Die eingeschlechtigen Blüten sind unscheinbar und grüngelb. In der oberen Hälfte des Blütenstandes werden nur die an den roten Stempeln zu erkennenden weiblichen Blüten gebildet, in der unteren Hälfte nur die männlichen Blüten mit ihren typischen gelben Staubblättern.

Rizinus-Blätter.

Es werden rotbraune, mit weichen Stacheln besetzte, dreifächerige Kapselfrüchte mit rötlichbraun-marmorierten, bohnenförmigen Samen gebildet.

Vermehrung

Der Wunderbaum trägt reichlich Früchte, die sogenannten "Castorbohnen", die an eine vollgesaugte Zecke erinnern. Die Samen sind schnellkeimend. Zusammen mit seinem schnellen Wachstum führt dies dazu, dass er in einigen südlichen Bundesstaaten der USA mittlerweile als invasive Art (Neophyt) behandelt wird.

Verbreitung

Diese Pflanzenart ist ursprünglich in Nordost-Afrika und dem Nahen Osten beheimatet. Als Kulturflüchtling hat sie sich mittlerweile in allen tropischen Zonen verbreitet. Diese Art liebt einen vollsonnigen, warmen und windstillen Platz. Der Boden sollte humus- und nährstoffreich und gut durchlässig sein. Eine gute Wasserversorgung fördert zwar das Wachstum, ist aber nach gutem Anwachsen nicht mehr zwingend, denn die Pflanze toleriert Dürrezeiten.

Inhaltsstoffe

Blütenstände, Blüten, junge Früchte und Blätter an einer grünen Sorte.

Rizinusöl

Hauptartikel: Rizinusöl

Das viskose, durchsichtige bis gelbliche Rizinusöl, (auch Kastoröl, pharmazeutische Bezeichnung: *Ricini oleum*, früher: *Oleum Ricini s. Castoris*) wird aus den Samen der Pflanze (Ölanteil von etwa 40 bis 50 %) kalt gepresst, es besteht zu 70–77 % aus Triglyceriden der Rizinolsäure. Im Gegensatz zu den Samen ist es ungiftig. Neben seiner medizinischen Anwendung wird es in Mischung mit Methanol auch zur Schmierung von Verbrennungsmotoren im Modellbau eingesetzt (Glühzündermotoren).

Rizin

Hauptartikel: Rizin

Die Samenschalen des Wunderbaums sind sehr giftig, da sie das toxische Protein (Eiweiß) Rizin (Lectin) enthalten. Bei der Einnahme kann schon eine Menge von 0,25 Milligramm tödlich wirken, das entspricht wenigen Samen. Die parenteral tödliche Dosis beträgt bei Mäusen je nach Reinheitsgrad der Substanz etwa ein Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht. Rizin löst sich zwar in Wasser, ist aber fettunlöslich und daher im Rizinusöl nicht enthalten. Beim Pressen der Samen verbleibt das Gift somit in den Pressrückständen.

Reife Früchte.

Symptome einer Rizin-Vergiftung sind:

- Starke Schleimhautreizung (unter anderem Brennen in Mund und Rachen)
- nach Resorption Änderung der Syntheserate von essentiellen Enzymen
- Schädigung von Niere, Leber, Magen und Darm
- Übelkeit, Erbrechen, Krämpfe

Der Tod tritt üblicherweise durch Kreislaufversagen etwa zwei Tage nach der Vergiftung ein. Ein agglutiniertes Protein führt zum Verklumpen der roten Blutkörperchen. Es ist kein Gegengift bekannt.

Rizinus-Samen.

Verwendung

Verwendung als Zierpflanze

Der Wunderbaum ist eine beliebte Zierpflanze, zumal sie schnellwüchsig ist und von exotischem Äußeren. In gemäßigten Breiten überlebt die frostempfindliche Pflanze den Winter jedoch nicht und wird daher meist nur einjährig kultiviert. Idealer Standort im Garten ist ein Mistbeet, oder auch jede andere nicht zu schattige Stelle.

Mehrere Sorten sind gezüchtet worden, meist für die kommerzielle Ölproduktion. Einige Sorten wurden jedoch auch für den Zierpflanzenhandel gezüchtet: 'Carmencita' mit bronzeroten Blättern und leuchtend roten Blüten; 'Impala', eine Miniatursorte mit roten bis purpurnen Blättern; 'Sanguineus' mit blutrotem Stamm und Blattwerk; 'Gibsonii Mirabilis' eine Zwergsorte in dunkelrot und 'Zanzibarensis' mit weiß geäderten, grünen Blättern.

Rizinus-Pflanze einer roten Sorte.

Verwendung des Rizinusöls

Medizinische Anwendung

Die Verwendung des Wunderbaumes als Medizinal- und Ölpflanze ist bereits um 1552 v. Chr. im ältesten erhaltenen medizinischen Text, dem altägyptischen Papyrus Ebers, bezeugt, auch wurden Samen der Pflanze in ägyptischen Gräbern gefunden.

Am bekanntesten ist die Verwendung als unverdauliches Abführmittel bei Verstopfung oder zur beschleunigten Darmentleerung. Die Wirkung tritt zwei bis vier Stunden nach der Einnahme von rund 10 bis 30 Millilitern Rizinusöl ein. Einige Verbindungen des Öls wirken aber schon nach 10 bis 20 Sekunden. Die eigentlich wirksame Substanz ist die Rizinolsäure, eine C_{18}-Fettsäure, die erst im Dünndarm durch körpereigene Lipasen (fettspaltende Enzyme) freigesetzt wird. Durch die Sammlung von Wasser im Darm entsteht eine vergrößerte und erweichte Stuhlmenge und damit die abführende Wirkung. Zusätzlich führt die freigesetzte Rizinolsäure zu einer Reizung der Darmschleimhaut, wodurch ebenfalls eine abführende Wirkung entsteht.

Als Nebenwirkung wird die Aufnahme von Natrium und Wasser und von fettlöslichen Vitaminen aus dem Darm gehemmt, ein erhöhter Kalium- und Elektrolytverlust kann die Wirkung von Herzglykosiden verstärken. In höheren Dosen können Übelkeit, Erbrechen, Koliken und heftiger Durchfall auftreten. Während des italienischen Faschismus unter Mussolini war die Zwangsverabreichung von Überdosen Rizinusöl eine berüchtigte Foltermethode des Regimes gegen politische Gegner. Nicht wenige Opfer verstarben daran.

Außerdem wird über eine Anwendung als wehenförderndes Mittel (durch die abführende Wirkung) in einem so genannten Wehencocktail berichtet.

Äußerlich wird Rizinusöl zur Behandlung von Warzen und Ringelflechte angewandt.

Kunststofferzeugung und chemische Industrie

Die bei weitem wichtigste Anwendung ist die Verwendung als natürliches Polyol für Polyurethankunststoffe. Rizinusöl ist das einzige in großen Mengen verfügbare Pflanzenöl, das von Natur aus die nötige OH-Funktionalität mitbringt, um mit Di- oder Polyisocyanaten zu Polyurethanpolymeren zu reagieren. Die Anwendungsbereiche sind PU-Schäume (z. B. Polster und Matratzen, Bauschäume), Gießharze (z. B. Elektrovergussmassen), Klebstoffe und viele weitere.

Auch als Rohstoff für Linoleumböden, Lack- und Farbherstellung ist Rizinusöl im Einsatz, als Weichmacher in der Kunststoffindustrie sowie als Gleit- und Schmiermittel.

In der Kosmetikindustrie wird es als Grundstoff für Lippenstifte, Haarshampoo und andere Kosmetika verwendet.

Energiegewinnung

Das Öl der Samen wurde früher vor allem in Europa als Brennöl eingesetzt. Der Einsatz als Energieträger zur Herstellung von Biodiesel wird neuerdings wieder diskutiert. Die Rückstände der Ölpressung (Ölkuchen, Schrot) werden (nach Entgiftung durch Hitzeinaktivierung) häufig in organischen Düngern oder als Tierfutter verwendet.

Im Modell- und Motorsport wird Rizinusöl bei Zweitaktmotoren als schmierender Bestandteil dem Treibstoff beigegeben (Gemischtschmierung). Bei Verbrennung solcher Zweitaktgemische entsteht ein charakteristischer Geruch.

Verwendung des Rizins

Hauptartikel: Rizin

Alkaloide im Rizinusöl sind Nudiflorin, Ricinidin und Ricinin.

Rizin ist eines der potentesten, natürlich vorkommenden Gifte überhaupt und außerdem sehr leicht herstellbar. Da es auch über die Atemwege wirkt, wurde es von der britischen Armee auf seine Verwendbarkeit als Kampfstoff geprüft, sein Einsatz jedoch verworfen und die entsprechenden Vorräte vernichtet, insbesondere, da es sich nur schwer als Aerosol verteilen lässt und eher für Anschläge auf Einzelpersonen geeignet ist. Trotz seiner mangelnden Eignung für einen Angriff mit dem Ziel von Massentötungen ist Rizin in der Liste 1 der Chemiewaffen-Konvention (CWC) aufgeführt, welche die giftigsten Toxine enthält, und zugleich auch in der letzten Version der Bio- und Toxinwaffen-Konvention (BTWC).

Erstmals praktisch als Waffe eingesetzt wurde Rizin im Jahr 1978 beim Regenschirmattentat, als der bulgarische Journalist und Dissident Georgi Markow in London von bulgarischen Geheimdienstagenten auf offener Straße mit einem Regenschirm, dessen Spitze mit einer 1,52 mm großen Kugel mit 40 µg des Toxins präpariert worden war, angegriffen und in den Unterschenkel gestochen wurde. Markow starb einige Tage später im Krankenhaus an einem Kreislaufversagen als Folge der Vergiftung. Von Terrororganisationen wurde auf den Einsatz von Rizin bisher nicht zurückgegriffen. Allerdings wurde im Januar 2003 bei der Festnahme mutmaßlicher Islamisten in Großbritannien eine geringe Menge Rizin gefunden.

Rizin wird wegen seiner zytostatischen, also wachstumshemmenden Wirkung auf Krebszellen derzeit für die Verwendung in der Tumor-Therapie geprüft.

Welthandel

Das wichtigste Produzentenland für Rizinusöl ist Indien, das mit jährlich 750.000 Tonnen etwa 60 % zur Weltproduktion beisteuert. Weitere wichtige Produzentenländer sind die Volksrepublik China und Brasilien.

Bibel

Im Alten Testament der Bibel wird der Rizinus im Buch Jona, Kapitel 4, in den Versen 6 bis 10 erwähnt: Gott ließ den Rizinusstrauch über Jona wachsen, um seinem Kopf Schatten zu geben. Am nächsten Morgen jedoch schickte er einen Wurm, sodass der Rizinus verdorrte. Da schon lange bekannt war, dass Rizinus sehr giftig ist und zum Beispiel seine Blätter als Insektizide verwendet wurden, wurde diese Pflanze auch als Weinstock, Efeu oder Kürbis gedeutet. Die Natur des "Wurmes" blieb lange völlig unklar. Seit kurzem ist nun aber bekannt, dass es sich dabei um die Raupen eines Nachtfalters der Familie der Bärenspinner (*Arctiidae*) handelt, der im Jahre 2005 neu beschrieben wurde und den Namen *Olepa schleini* erhielt. Diese Raupen fressen an Rizinus und sind vor allem nachtaktiv, was dem biblischen Bericht sehr genau entspricht.

Literatur

- Guido Majno: *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World*. Harvard Univ. Press, Cambridge Mass. 1975, 1991. ISBN 0-674-38330-3
- Heinrich Marzell: *Wörterbuch der deutschen Pflanzennamen*. Bd. 3. Steiner, Hirzel, Leipzig/Stuttgart/Wiesbaden 1977, Parkland, Köln 2000. ISBN 3-88059-982-3
- Axel Hausmann: „Olepa schleini, Wiederentdeckung eines biblischen Schmetterlings aus dem Buch Jona“. In: *Tiere und Kunst aus Israel*. Berichte der Freunde der ZSM. Bd. 2. München 2005. ISBN 3-00-017303-X

Weblinks

- Zur Giftigkeit des Wunderbaumes (*Ricinus communis*) [1]
- Rizinus [2]
- Rizinus als Heilpflanze [3]
- Abführmittel Rizinusöl [4]
- Olepa schleini [5]

Referenzen

[1] http://www.giftpflanzen.com/ricinus_communis.html
[2] http://www.meb.uni-bonn.de/giftzentrale/rizinus.html
[3] http://www.awl.ch/heilpflanzen/ricinus_communis/index.htm
[4] http://www.m-ww.de/pharmakologie/arzneimittel/abfuehrmittel/rizinusoel.html
[5] http://www.zsm.mwn.de/lep/israel.htm

- X -

XtL-Kraftstoff

Als **XtL-Kraftstoffe** (auch: *Fischer-Tropsch-Kraftstoffe*) werden verschiedene synthetische Kraftstoffe bezeichnet, bei denen es zur Umwandlung eines festen oder gasförmigen Energieträgers in einen bei normaler Temperatur und Druck flüssigen kohlenstoffhaltigen Kraftstoff kommt. Dabei stellt das "X" eine Variable dar und wird durch eine Abkürzung des ursprünglichen Energieträgers ausgetauscht während "tL" für das englische "to Liquid" steht. Aktuell gebräuchlich sind dabei die Abkürzungen GtL (Gas-to-Liquid) bei der Verwendung von Erdgas bzw. Biogas, BtL (Biomass-to-Liquid) bei der Verwendung von Biomasse und CtL (Coal-to-Liquid) bei der Verwendung von Kohle als Ausgangs-Energieträger.

XtL-Prozess

Unabhängig vom ursprünglichen Energieträger besteht der XtL-Prozess bei allen Formen von XtL-Kraftstoffen aus vier Phasen:

1. **Vergasung:** Der ursprüngliche Energieträger wird zu einem verwertbaren Synthesegas umgewandelt.
2. **Gasreinigung und Gaskonditionierung:** Aufbereitung des Synthesegases für die nachfolgende Synthese
3. **Kohlenwasserstoffsynthese:** Synthese des Gases in einer Fischer-Tropsch-Synthese zu komplexeren Kohlenwasserstoffen, die als Kraftstoffrohprodukte dienen. Dabei entstehen Paraffine, Oleofine und Sauerstoffverbindungen. Die Kettenlänge der meist geradlinigen Kohlenwasserstoffe reicht vom gasförmigen Methan (ein Kohlenstoffatom) bis zu festen Wachsen (20 und mehr Kohlenstoffatome)[1] .
4. **Aufbereitung:** Die Kohlenwasserstoffe werden zum fertigen Kraftstoff aufbereitet, wobei sie als synthetische Kraftstoffe den späteren Ansprüchen angepasst werden können.

Geschichte

1925 wurde am damaligen Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohleforschung in Mülheim an der Ruhr zur Kohleverflüssigung die Fischer-Tropsch-Synthese entwickelt, der zentrale Verfahrensschritt bei XtL-Kraftstoffen.

Anfänge: Autarkiebestrebungen in Deutschland

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 allerdings beide Prozesse nicht konkurrenzfähig, sodass sie nach dem Krieg nahezu vollständig aufgegeben wurden.

Ausbau von CtL-Anlagen in Südafrika

In der Republik Südafrika, die ebenfalls über ausreichend Kohleressourcen verfügte und Erdöl importieren musste, wurde aus politischen Gründen 1955 die erste moderne CtL-Anlage Südafrikas in Betrieb genommen. Gebaut wurde sie durch die 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. An 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.

GtL als moderner Kraftstoff

Sasol wurde durch die südafrikanischen Entwicklungen Weltmarktführer in den XtL-Technologien und baute 2006 ein modernes GtL-Werk in Qatar mit einer Kapazität von 34.000 barrel/Tag. Gemeinsam mit Foster Wheeler plant 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 seine 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. Ende 2009 wurde in Katar die Anlage Pearl GtL, die von Shell erbaut wurde in Betrieb genommen. Diese ist zurzeit die weltgrößte Anlage und produziert 120.000 barrel/Tag.

Biokraftstoffe der zweiten Generation: BtL

Im Zuge der Rohstoffwende rückten in den letzten Jahren vor allem Biokraftstoffe in den Fokus der Kraftstoffherstellung. Dabei wurden international große Kapazitäten für die so genannten Biokraftstoffe der ersten Generation Biodiesel und Bioethanol aufgebaut. Mit der weiteren Entwicklung rückte auch die Fischer-Tropsch-Synthese zunehmend in den Fokus der Forschung und Entwicklung, BtL-Kraftstoffe werden als Biokraftstoffe der zweiten Generation vor allem in Europa stark gefördert. Aktuell gibt es noch keine großindustrielle BtL-Produktion - allerdings laufen Pilotprojekte, und Choren Industries hat ein erstes Werk in Freiberg, Sachsen, für den von ihnen als SunFuel und SunDiesel bezeichneten BtL-Kraftstoff aufgebaut. Eine im Bau befindliche Pilotanlage des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) zur Produktion von BtL in einem zweistufigen Verfahren (bioliq) soll 2011 in Betrieb gehen[2] .

Bewertung von XtL-Kraftstoffen

Ein Vorteil aller XtL-Kraftstofftypen ist, daß sie die Abhängigkeit vom Erdöl senken. Häufig wird betont, daß die Kraftstoffeigenschaften bei der Synthese gezielt gesteuert werden können und dadurch eine geringfügig höhere Effizienz der Fahrzeugmotoren möglich ist. Dem gegenüber steht ein sehr hoher Energieaufwand bei den Vergasung- und Synthese-Schritten. Da XtL-Kraftstoffe keine cyclischen Verbindungen und keinen Schwefel enthalten, ist die Verbrennung sauberer als bei Kraftstoffen auf Erdölbasis. Da für die verschiedenen XtL-Kraftstoffe sehr unterschiedliche Rohstoffe verwendet werden, sind ihre jeweiligen Vor- und Nachteile unterschiedlich zu bewerten.

CtL

In den nächsten Jahrzehnten wird das Globale Ölfördermaximum erwartet. Da die Reichweite der Kohlevorräte deutlich größer ist, könnten CtL-Kraftstoffe zukünftig die Versorgung mit Kraftstoffen sichern. Bedingt durch die chemische Zusammensetzung der Kohle und den hohen energetischen Aufwand für die CtL-Synthese, ist die CO_2-Bilanz deutlich schlechter als bei GtL, BtL und konventionellen Kraftstoffen auf Erdölbasis.

GtL

Da die globalen Erdgasvorräte begrenzt sind, sind GtL-Kraftstoffe keine langfristige Alternative, sondern maximal eine Ergänzung der Kraftstoffe auf Erdölbasis. Die CO_2-Bilanz von GtL-Kraftstoffen ist deutlich schlechter als für Gas, das in Erdgasfahrzeugen genutzt wird. Fällt Erdgas jedoch als Nebenprodukt der Erdölförderung in marktfernen Gebieten an, ist der Transport häufig nicht lohnend, so daß das Gas abgefackelt wird. Durch eine Umwandlung des Erdgases in GtL wird die Energiedichte stark erhöht und ein Transport wirtschaftlich. Eine Alternative zur GtL-Produktion ist die Umwandlung zu Flüssigerdgas (LNG = liquefied natural gas) und damit ebenfalls eine Erhöhung der Transportwürdigkeit durch eine größere Energiedichte. Beide Varianten gewinnen derzeit stark an Bedeutung und können, wegen der Nutzung eines Abfallproduktes, ökologisch positiv bewertet werden. Je nach Höhe des Ölpreises ist auch die Förderung von Erdgas zur GtL-Produktion lohnend. Große Vorkommen, wie beispielsweise im Nahen Osten, können erschlossen werden. Katar errichtet beispielsweise derzeit in einem Konsortium mit Royal Dutch Shell und Qatar Petroleum eine GtL-Anlage, die ab 2009 täglich 140000 Barrel produzieren soll. [3] In diesem Fall ist die CO_2-Bilanz negativ und wegen der aufwendigen GtL-Synthese auch deutlich schlechter als bei marktnah gefördertem Erdgas, das ohne vorherige chemische Umwandlung genutzt wird.

BtL

Die CO_2-Bilanz von BtL ist besser als bei fossilen Kraftstoffen, da bei der BtL-Verbrennung nur die CO_2-Menge freigesetzt wird, die zuvor von der Pflanze aufgenommen wurde. Kritisiert wird, daß große Flächen notwendig sind, um einen nennenswerten Beitrag zur Kraftstoffversorgung zu leisten. Für Deutschland werden maximale Potentiale von 20 bis 25 % des Bedarfs angegeben. Diese Werte sind jedoch als deutlich zu hoch anzusehen, da andere Nutzungsmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Fläche, wie beispielsweise Nahrungs- und Futtermittelerzeugung, Substratbereitstellung von Biogasanlagen und Anbau nachwachsender Rohstoffe für die chemische Industrie um diese Flächen konkurrieren. Im Zuge des Klimaschutzes ist vorgesehen, den Anteil von Biokraftstoffen in Deutschland durch Erhöhung bestehender Mindestquoten deutlich zu erhöhen. Kritisiert wird, daß die Kosten pro eingesparter Tonne CO_2-Äquivalent bei den Biokraftstoffen höher sind als beispielsweise bei Energieeffizienzmaßnahmen oder regenerativen Energien wie Strom aus Wind- und Wasserkraft und Biomasseheizkraftwerken.

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. PDF [4]
- Georg Schaub und Dominik Unruh:*Synthetische Kohlenwasserstoff-Kraftstoffe und Minderung fossiler CO_2-Emissione* In: *VDI-Berichte 1704 Innovative Fahrzeugantriebe*, VDI-Verlag 2002, Düsseldorf; Prinzip der XtL-Erzeugung; Unterschiede zwischen CtL-, GtL- und BtL-Erzeugung; Einschätzungen der CO_2-Emissionen

Referenzen

[1] Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.), 2009: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, 2. Auflage, S.656, ISBN 9783540850946

[2] Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info: BtL von Choren kommt später - FKZ Karlsruhe holt auf. (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20081029-03) Nachrichte vom 29.10.2008 und 2. Stufe der bioliq®-BtL-Anlage wird in Karlsruhe gebaut (http://www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20081015-08), Nachricht vom 15.10.2008.

[3] - Bericht des Handelsblatts zur Errichtung einer GtL-Anlage in Katar (http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/shell-vergibt-milliardenauftrag-in-katar;964481)

[4] http://www.aid.de/downloads/lw_forum_aid_2006_abstract_gottschau.pdf

- Z -

Zellstoff

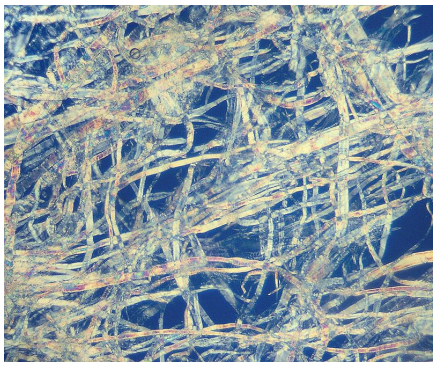
Als **Zellstoff** bezeichnet man die beim chemischen Aufschluss von Pflanzenfasern entstehende faserige Masse, die vorwiegend aus Cellulose besteht.

Zellstoff ist, neben Holzschliff, ein wichtiger Rohstoff der Papierherstellung. 90% des weltweit erzeugten Zellstoffs wird aus Holz hergestellt.[1] . Die Verwendung von Einjahrespflanzen wie Stroh, Bagasse, Kenaf oder Bambus als Rohstoff geht weltweit deutlich zurück.

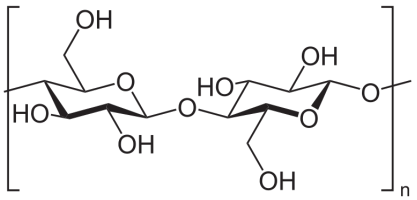
Die Herstellung von Zellstoff erfolgt regional unterschiedlich z. B. aus Industrierestholz oder Plantagenholz. In Europa und Nordamerika wird beispielsweise Sägerestholz (meist Nadelholz) verwendet. In Südamerika, Südafrika und Australien wird oft Laubholz aus Waldplantagen (z. B. schnellwachsender Eukalyptus) eingesetzt. Das Holz wird zunächst zu geschnitzeltem Holz (Hackschnitzel) verarbeitet und anschließend chemisch aufgeschlossen. Vorherrschend ist

- das alkalische Sulfat-Verfahren, mit dem über 95% der Weltproduktion hergestellt werden. Sowohl Laub- als auch Nadelholz kann verwendet werden. Daneben gibt es
- das saure Sulfit-Verfahren. Es repräsentiert nur noch 2-3 % der Produktion. Der Aufschluss von stark harzhaltigem Holz, wie z. B. Kiefernholz, ist selten. Meist wird Fichten-, Buchen- oder Eukalyptusholz verwendet. Das Sulfitverfahren hat eine stabile Marktnische bei der Herstellung von Viskosezellstoff.

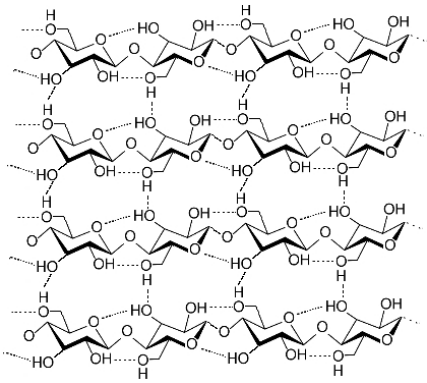
Es wird qualitativ zwischen Nadelholz- und Laubholzzellstoff unterschieden. Nadelholz-Sulfatzellstoff hat lange, feste Fasern von durchschnittlich 3,3 mm Länge und gibt Papier dadurch eine Armierung. Laubholz-Zellstoff hat kürzere Fasern von etwa 1 mm Länge. Er eignet sich für die Herstellung von glatten Papieren (Schreib-, Kopierpapier) oder Tissue (Hygienepapier).[1]



Zellstoff aus einem Papiertaschentuch, 200-fach, circa 600 x 800 µm



Cellobiose (ein Glucose-Dimer) bildet die Grundeinheit eines Cellulosemoleküls



Cellulosemoleküle (von links nach recht, gestrichelt: Wasserstoffbrücken) bilden hochsortierte Strukturen; über mehrere Organisationsebenen entstehen die Fasern des Zellstoffs

Geschichte

Papier wurde anfangs ausschließlich aus Lumpen hergestellt. Im 19. Jahrhundert führte der steigende Papierbedarf zur Entwicklung des Holzschliffs und des Zellstoffs.

Der Aufschluss von Holz mit Natronlauge (NaOH) wurde 1851 von H. Burgess und C. Watt in England entwickelt und 1854 in den USA eingeführt. Der hohe Natronlaugebedarf machte das Eindampfen, Verbrennen und die erneute

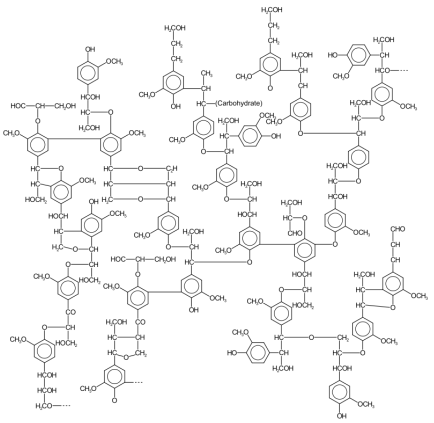
Kaustifizierung zu teuer. C. Dahl in Danzig versuchte Natriumsulfat (Na_2SO_4) direkt in das Rückgewinnungssystem einzufügen. Das durch Reduktion entstandene Natriumsulfit (Na_2SO_3) verbesserte die Faserqualität deutlich. 1884 erhielt Dahl ein Patent für die Verfahrensmodifikation. Die alkalischen Bedingungen führten zu sehr festen Fasern, die allerdings dunkelbraun gefärbt waren. Sie wurden daher lange nur für die Herstellung von ungebleichten Papierprodukten (Papiersäcke, Kartonagen) eingesetzt.[1]

1867 wurde der Sulfitaufschluss für B. C. Tilghman in den USA patentiert (USP 70.485). Dieses Verfahren verwendet eine Lösung von Calciumbisulfit ($CaHSO_3$) und freiem Schwefeldioxid (SO_2). Die erste großtechnische Anlage entstand 1874 in Schweden unter C. D. Ekman, sie nutzte kleine, rotierende Kocher und Magnesiumbisulfit ($Mg(HSO_3)_2$). In Deutschland wurde das Sulfitverfahren nach Tilghman von Mitscherlich 1875 eingeführt. Mitscherlich benutzte liegende Kocher, niedrige Temperaturen von 110 °C und sehr lange Umtriebszeiten.[1] Die saure Sulfitkochung nach Mitscherlich führt zu vergleichsweise hellen Fasern. Bei der Verwendung von Hackschnitzeln aus gut entrindetem Holz ist ein Weißgrad von nahezu 70 % ISO erreichbar. Zur weiteren Aufhellung der Fasern war die Chlorbleiche mit Calciumhypochlorit (CaCl(OCl)) im Einsatz.

Andere Verfahren, wie das Soda- ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) und das Soda/Anthrachinon-Verfahren, bei dem das Anthrachinon als Katalysator für eine bessere Delignifizierung dient, spielen technisch keine Rolle. Auch der alkalische Sulfitaufschluß unter Zusatz von Anthrachinon und Methanol (ASAM-Verfahren)[2] oder das Natural-Pulping-Verfahren, das mit Perameisensäure arbeitet und das ähnliche Acetocell-Verfahren mit einem Peroxyessigsäure-Aufschluss[3] sind zu nennen. Diese Verfahren wurden in Pilotanlagen erprobt, sind aber nicht wirtschaftlich. Auch das Organocell-Verfahren mit Natronlauge und Methanol (CH_4O) erwies sich als nicht konkurrenzfähig. Eine großtechnische Anlage nach diesem Prinzip in Kelheim wurde mit erheblicher staatlicher Förderung 1992 in Betrieb genommen, aber 1993 wegen Qualitätsproblemen stillgelegt.[4]

Herstellung

Zur Zellstofferzeugung werden möglichst gleichmäßig geformte Hackschnitzel benötigt. Die mechanische Zerkleinerung verbessert die gleichmäßige Imprägnierung des Holzes mit der Aufschlusslösung. Sehr grobe Hackschnitzel werden nicht vollständig imprägniert, was zu unaufgeschlossenen Rückständen führt. Zu feine Hackschnitzel haben den Nachteil einer starken mechanischen Kürzung der Fasern. Sägewerksabfall (Spreissel) oder zerspantes Holz sind kaum geeignet. Holz besteht vor allem aus Lignocellulose. Beim Aufschluss werden die Inkrusten des Lignins innerhalb der Cellulosematrix aufgespalten und gelöst, während die Struktur der Cellulose weitgehend erhalten bleibt.



Holz besteht aus einer Cellulose-Matrix, die mit dem hochmolekularen **Lignin** durchwirkt ist (Inkrusten)

Sulfatverfahren

(siehe Hauptartikel Sulfatverfahren)

Papiermühle in Georgetown, South Carolina

Das Sulfatverfahren (auch Sulfataufschluss oder -prozess) wird wegen der festeren Fasern auch Kraft-Verfahren genannt. Es ist nach der „Make-up-Chemikalie“ des Prozesses, dem Glaubersalz (Natriumsulfat, Na_2SO_4), benannt. Die aktiven Substanzen sind Natronlauge und Natriumsulfid. Der Aufschluss findet überwiegend in kontinuierlichen Kochern statt. Auch Modifikationen des ursprünglichen Batch-Prozesses werden angewandt. Die Hackschnitzel werden mit der Kochlauge imprägniert und von oben den stehenden Reaktoren zugeführt. Bei einer Temperatur bis zu 170 °C werden Holzbestandteile, wie Hemicellulosen und Lignane, alkalisch gelöst. Das Lignin wird durch nukleophile Etherspaltung der Sulfitionen (SO_3^{2-}) depolymerisiert. Ein Abbau der Cellulosefasern ist unerwünscht, weshalb der Aufschlussprozeß abgebrochen wird, bevor das gesamte Lignin in Lösung gegangen ist. In ungebleichtem Zellstoff sind daher noch etwa 2 % bis 3 % Lignin enthalten.[1] In einer Produktionslinie eine Anlage zur Zellstoffherstellung werden jährlich bis zu 1,3 Million t Zellstoff produziert.

Sulfitverfahren

(siehe Hauptartikel Sulfitverfahren)

Das zum Sulfitverfahren (auch Sulfitaufschluss oder -prozess) benötigte Schwefeldioxid wurde früher durch direktes Verbrennen von Schwefel oder Rösten von sulfidischem Erz erzeugt und durch einen hölzernen Turm mit Kalksteinen geleitet. Durch Berieselung mit kaltem Wasser, bildete sich die benötigte Calciumbisulfitlösung mit zusätzlichem freien Schwefeldioxid. Heute wird flüssiges Schwefeldioxid verwendet. Der saure Sulfitprozess löst den Verbund zwischen Lignin und Cellulose durch Sulfonierung und Etherspaltung des Lignins. Der niedrige pH-Wertes schädigt die Struktur der Celluloseketten an den Acetalbrücken zwischen den Zuckermolekülen. Der kristalline Bereich der Cellulose bleibt dabei stabil.[1] Die Faserfestigkeit des Sulfitzellstoffes ist schlechter als bei Sulfatzellstoff. Das hydrophile, sulfonierte Lignin ist gut wasserlöslich und kann zu Lignosulfonaten weiterverarbeitet werden. Diese kommen z. B. bei Dispersionsfarbstoffen als Hilfsmittel zum Einsatz.

Zur Herstellung von Papier ist fast immer eine Zellstoffbleiche erforderlich, die Ligninreste durch Oxidation löst. Beim Sulfitprozess werden durch die alkalische Bleiche zusätzlich Hemicellulosen gelöst.

Die Ausbeuten pro Trockenmasse Holz betragen beim Sulfatverfahren 40 % bis 45 % und beim Sulfitverfahren 45 % bis 50 %. Die Abwasserbelastung korreliert direkt mit der Menge an gelöster Substanz.

Chemikalienrückgewinnung

Beim klassischen Mitscherlich-Verfahren wurde die Ablauge des Calciumsulfit-Aufschlusses über den Vorfluter entsorgt. Somit belastete die Hälfte der eingesetzten Holzmasse das Abwasser und die Gewässer. Moderne Zellstoffanlagen gewinnen die Aufschlusschemikalien zurück. Wegen der Bildung von Calciumsulfat-Ablagerungen (Gips) wird in Mitteleuropa - mit wenigen Ausnahmen - nur noch das saure Magnesiumsulfit-Verfahren durchgeführt. Nach der „Kochung“ wird der Zellstoff gewaschen und das Abwasser eingedampft. Man erhält die saure „Schwarzlauge“. Bei deren „Verbrennung“ wird Magnesiumsulfit thermisch in Magnesiumoxid (MgO) und Schwefeldioxid gespaltet. An elektrostatischen Filtern wird MgO abgeschieden und in Venturireaktoren mit dem im Rauchgas enthaltenen SO_2 wieder zu Magnesiumbisulfit ($Mg(HSO_3)_2$) umgesetzt.

Bei der Verbrennung der „Schwarzlauge“ (schwarz bezieht sich nicht auf die Farbe, sondern die geringe Reinheit) unter vermindertem Luftzutritt entsteht eine Schmelze aus Natriumcarbonat (Na_2CO_3) und Natriumsulfid (Na_2SO_3). Durch Auflösen in Wasser erhält man „Grünlauge“. Das Natriumcarbonat wird mit Calciumhydroxid (gelöschter

Kalk, $Ca(OH)_2$) zu Natronlauge kaustifiziert. Durch Filtration entsteht die „Weißlauge“. Diese wird erneut in den Prozess eingesetzt. Das abfiltrierte Calciumcarbonat wird in einem Drehrohrofen wieder zu Calciumoxid (gebrannter Kalk, CaO) gebrannt.

Diese Rückgewinnung entlastet nicht nur den Vorfluter, sondern aus der Ablauge wird auch die benötigte Prozessenergie gewonnen. Moderne Anlagen erzeugen einen Überschuss an elektrischer Energie. Der Dampfüberschuss kann bei einer integrierten Zellstoff- und Papierproduktion zur Papiertrocknung dienen.

Kleine Zellstoffanlagen haben üblicherweise keine Rückgewinnungsanlage. Die starke Umweltbelastung durch den hohen Gehalt an Lignin und Hemicellulosen im Abwasser führt zunehmend zur Stilllegung. Allein in China wurden durch die Regierung in den vergangenen zehn Jahren über 10.000 Strohzellstofffabriken mit einer Jahresproduktion unter 5.000 Tonnen wegen der Verschmutzung von Flüssen und Seen geschlossen. Der Aufwand für die Rückgewinnung der Chemikalien ist bei kleinen Anlagen zu hoch.

Zellstoffqualität

Die Festigkeit der Zellstofffaser ist für die Herstellung einiger Papiersorten von entscheidender Bedeutung. Zellstoff zur Verbesserung der Papierfestigkeit wird als Armierungszellstoff bezeichnet. Er hat lange und dünnen Fasern. Nadelholz aus Regionen mit kühlem Winter, aber warmem Sommer besitzt diese Eigenschaften. Dieser Zellstoff wird bei der Herstellung von holzhaltigem Papier (Magazin-, Katalogpapier) verwendet. In Regionen mit langer Vegetationsperiode entstehen Nadelholzfasern, die sowohl lang als auch relativ dick sind. Diese groben Fasern eignen sich hervorragend zur Herstellung fester Papiersäcke oder für Kaffeefilter.

Die kurzen Fasern der Laubhölzer ermöglichen eine glatte, gleichmäßige Papieroberfläche. Auf Papiermaschinen kann hochwertiges Papier ausschließlich aus Laubholzzellstoff gefertigt werden. Für ältere Maschinen sind Mischungen von langen und kürzeren Fasern nötig.[5]

Der Zellstoff-Herstellungsprozess hat erheblichen Einfluss auf die Faserqualität. Qualitätsverluste entstehen durch Faserkürzung der Hackschnitzel, zu intensiven Aufschluss oder bei der Zellstoffbleiche. Qualitätswerte der mechanischen Prüfung der Festigkeit sind Reißlänge oder Durchreißfestigkeit. Hinzu kommt der Zusammenhang zwischen dem Polymerisationsgrad der Cellulose und der Faserfestigkeit. Die Analyse der Viskosität einer gelösten Faserprobe gibt Hinweise auf den Grad der Faserschädigung.

Zellstoffhandel

Zellstoff wird überwiegend gebleicht gehandelt. Für 2004 wurde die Weltproduktion an gebleichtem Zellstoff auf 80 Millionen Tonnen geschätzt.[6] Führend sind heute ECF-(Elementar-Chlor-Frei) gebleichte Qualitäten mit einem Weißgrad von 88 % bis 90 % ISO bei Nadelholzzellstoff und über 90 % ISO bei Laubholzzellstoff. Zur Herstellung von Fotopapier werden hochweiße Laubholzzellstoffe mit einem Weißgrad von über 92 % ISO verwendet.

Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist die Stabilität gegen Vergilbung. Diese kann bei TCF-(Total-Chlor-Frei)gebleichtem Laubholzzellstoff gering sein.

Verwendung

- Papier
- Karton
- Papierfilter (z. B. Filtertüten)
- Watte und Verbandstoffe
- Papiertaschentücher
- Hygiene-Produkte wie Tampons, Damenbinden, Höschenwindeln und Hilfsmittel bei Harn- bzw. Stuhlinkontinenz
- Celluloseregnerat-Fasern wie Viskose, Lyocell, Modal, Rayon oder Kupferseide
- Armierung von Gips oder Zement als Verbundwerkstoff
- Cellulosederivate wie Cellulose-Ester oder -Ether
- Zellstoffverbundelement
- Chemiezellstoff als Rohstoff zur Celluloseverformung und -derivatisierung sowie zur Herstellung von Celluloseregeneraten (z. B. Viskose, Folien)

Siehe auch

- Nachwachsender Rohstoff

Weblinks

- - Seite des [[Verband Deutscher Papierfabriken|Verbands Deutscher Papierfabriken e. V. [7]] (VDP)] mit statistischen Kurzinformationen [8]

Referenzen

[1] H. Sixta, Handbook of Pulp, 2006, ISBN 3-527-30999-3
[2] Papier Lexikon, Deutscher Betriebswirte-Verlag, Gernsbach 1999, Bd. 1, 88, ISBN 3-88640-080-8
[3] Papier Lexikon, Deutscher Betriebswirte-Verlag, Gernsbach 1999, Bd. 1, 41, ISBN 3-88640-080-8
[4] Papier Lexikon, Deutscher Betriebswirte-Verlag, Gernsbach 1999, Bd. 2, 379, ISBN 3-88640-080-8
[5] H. Holik, Handbook of Paper and Board, VCH-Wiley, Weinheim 2006 ISBN 3-527-30997-7
[6] Stichwort "Bleaching". In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 7th Edition 2007 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA online edition
[7] http://www.vdp-online.de/
[8] http://www.vdp-online.de/pdf/KurzinfoAllgemein.pdf

Zelluloid

Als **Zelluloid** (auch Zellhorn) bezeichnet man eine Gruppe von Kunststoff-Verbindungen, die aus Cellulosenitrat und Campher hergestellt werden. Zelluloid wird als das erste Thermoplast angesehen. Man kann es leicht schmelzen und formen. Mit Zelluloid war man erstmals in der Lage, Imitate von Luxusartikeln aus Naturstoffen wie Elfenbein, Ebenholz, Hornsubstanz, Schildpatt oder Perlmutt in Massenfertigung (Spritzgusstechnik) herzustellen.

Schildkröt-Puppe *Inge* aus Zelluloid, 1950

Geschichte und Entwicklung

Das erste Zelluloid wurde 1856 von Alexander Parkes hergestellt, der es aber nie schaffte, seine Erfindung (*Parkesine*) zu verwerten. Der Name Zelluloid entstand aus der 1870 registrierten Handelsmarke „Celluloïd“ der *Celluloid Manufacturing Company*, die die Zelluloide herstellte, die durch die Patente von John Wesley Hyatt geschützt waren. Hyatt hatte nach einem preiswerten Ersatzmaterial für das Elfenbein von Billardkugeln gesucht und dabei einen Prozess entwickelt, bei dem Hitze und Druck die Herstellung vereinfachten. 1878 hatte er Parkes das Patent für „Parkesine“ abgekauft.

In den späten 80er Jahren des 19. Jahrhunderts wurden Zelluloide als durchsichtiger Träger für fotografische Filme entwickelt. Hannibal Goodwin (1887) und die Eastman Company (1888) erhielten beide Patente für einen Zelluloidfilm, aber Goodwin und die Investoren, denen er später seine Patente verkaufte, gewannen 1898 ein Patentverletzungsverfahren gegen die *Eastman Kodak Company*.

Ab 1. Januar 1951 haben die Filmfabriken weltweit offiziell die Herstellung von Zelluloid-Rohfilm eingestellt. Bis die Lagerbestände ausverkauft waren, dauerte es allerdings noch bis Mitte der 1950er Jahre, und erst mit dem Verbot des Materials als leichtentzüdlicher Gefahrstoff in den einzelnen Ländern verschwand es auch aus den Lichtspieltheatern.

Wenn Celluloidfilme langsam trocknen und damit der Wassergehalt sinkt, nimmt der Stoff langsam Sprengstoffcharakter an und kann sich spontan entzünden.[1] Deswegen dürfen Nitrozellulosefilme, wie zum Beispiel im Bundesarchiv, nur unter besonderen Sicherungsvorkehrungen gelagert wurden.

Verwendung

Mit der Entwicklung des Zelluloidfilms wurde der Grundstein für den fotografischen Film im heutigen Verständnis des verbreiteten Rollfilms und Kleinbildfilms gelegt, der nun in Konkurrenz zur fotografischen Platte trat und schließlich zur Entwicklung von Kinofilmen führte.

Als Thermoplaste fanden die Zelluloide eine breite Anwendung im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Aus diesem Material stellte man unter anderem Kämme, Messergriffe, Kugelschreibergehäuse und Spielzeug her. Leider war es leicht brennbar und verwitterte, weshalb es durch Zellulose-Acetat-Kunststoffe und seit 1950 mehr und mehr durch Polyethylenterephthalat ersetzt wird.

Ein typisches Zelluloid enthält etwa 70 bis 80 Teile Nitrozellulose, auf 11 % Stickstoff nitriert, 30 Teile Campher, 0 bis 14 Teile Farbstoff, 1 bis 5 Teile Ethanol sowie weitere Stabilisatoren und Zusätze, die den Kunststoff haltbarer und flammresistenter machen.

In der Musikinstrumentenindustrie spielt Zelluloid als Material für Plektren und für Folien im Trommelbau auch heute noch eine wichtige Rolle.

Eines der letzten Produkte, welche nach wie vor aus Zelluloid hergestellt werden, ist der Tischtennisball. Auch Einfassungen von hochwertigen Musikinstrumenten (Bindings) werden noch aus Zelluloid hergestellt.

Für sehr hochwertige Schreibstifte/Füllhalter wird seit einigen Jahren zunehmend wieder Zelluloid als Werkstoff genutzt. Die optimalen haptischen Eigenschaften von Zelluloid sind mit anderen Kunststoffen nicht zu erreichen.

Siehe auch

- Geschichte der Fotografie
- George Eastman

Literatur

- Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths: *Technische Biopolymere.* Hanser-Verlag, München 2009. ISBN 978-3-446-41683-3.

Weblinks

Nitratfilme und Handhabung [2]

Referenzen

[1] PDF auf synthesia.eu (http://www.synthesia.eu/external-data/bl/185_nitrocellulose (mit hochstens 12,6 stickstoff) angefeuchtet mit wasser_de.pdf)

[2] http://www.klauskramer.de/Richt/ric_top.html

Zersetzung (Chemie)

Zersetzung (oder **Abbau**, **Degradierung**) bedeutet in der Chemie und Biologie die Zerlegung einer chemischen Verbindung in kleinere Moleküle oder gar die Elemente durch physikalische, chemische oder biologische Einflüsse.

Typen der Zersetzung

Physikalische Einflüsse

Die Zersetzung einer chemischen Substanz geschieht oft durch Zuführung von Energie in Form von Hitze (siehe Pyrolyse). Auch andere Energiezufuhr wie Elektrischer Strom (*Elektrolyse*, *Blitze*, *Lichtbogen*), Ultraviolettstrahlung (*Photolyse*) oder Röntgenstrahlung bewirken das Aufspalten von Bindungen innerhalb von Molekülen. Dabei entstehen oftmals Radikale, die dann als instabile, energiereiche Teilchen weiterreagieren. Unter Ausschluss von Oxidationsmitteln wie dem Luftsauerstoff kann diese Zersetzung bis zu den Elementen erfolgen, aus denen die Verbindung aufgebaut ist (z. B. Entstehung der Kohlelagerstätten) oder zu unter den gewählten Bedingungen thermodynamisch stabilsten Verbindungen. In der Synthesechemie wird die Zersetzung von Edukten unter niedrigem Druck und hohen Temperaturen zu einem gewünschten Endprodukt als „Flash-Vakuum-Pyrolyse“-Verfahren eingesetzt.

Beispiele

$$\mathrm{CH_4} \xrightarrow{\Delta \mathrm{T}} \mathrm{C} + \mathrm{2\ H_2}$$
Thermische Zersetzung von Methan zu Kohlenstoff und Wasserstoff

$$\mathrm{2\ BaO_2} \xrightarrow{\Delta \mathrm{T}} \mathrm{2\ BaO} + \mathrm{O_2}$$
Thermische Zersetzung von Bariumperoxid zu Bariumoxid und Sauerstoff

$$\mathrm{2\ H_2O} \xrightarrow{\text{Elektrolyse}} \mathrm{O_2} + \mathrm{2\ H_2}$$
Elektrolyse von Wasser zu Sauerstoff und Wasserstoff

Chemische Zersetzung

Sind bei einer Zersetzung Oxidationsmittel anwesend, entstehen aus brennbaren Stoffen unter Verbrennung die stabilsten Verbindungen mit dem Oxidationsmittel, teils auch ohne Energiezufuhr. Ist das Oxidationsmittel Sauerstoff (beispielsweise aus der Luft), so werden bei organischen Verbindungen Wasser H_2O und Kohlenstoffdioxid CO_2 (eventuell auch Schwefeloxide, Stickoxide oder Stickstoff als Gas) gebildet, bei anorganischen Stoffen meist Oxide oder andere sauerstoffhaltige Verbindungen wie Sulfate, Phosphate oder Silikate.

Manche Verbindungen zersetzen sich auch beim Erhitzen unter Abspaltung stabiler Verbindungen wie Kohlenstoffdioxid (*Decarboxylierung*) oder Wasser (*Dehydratisierung*, z.B. die Abgabe des Kristallwassers aus *Hydraten*). Werden bei der Zersetzung Metalle angegriffen, nennt man dies Korrosion, bei Eisen speziell heißt das entstehende Produkt aus verschiedenen Eisenoxiden und Wasser Rost. Bei der Zerlegung von biologisch wichtigen, polymeren Biomolekülen wie Eiweißstoffen und Polysacchariden durch Enzyme, verdünnte Säuren oder Basen spricht man von *Hydrolyse* (*Zerlegung durch Wasser*). Die Abbauprodukte eines Stoffes können Aufschluss über die Zusammensetzung der Ausgangssubstanzen geben. Der *thermische Abbau* spielt daher in der Analytischen Chemie eine bedeutende Rolle.

Beispiele

$$\mathrm{CH_4} + \mathrm{2\ O_2} \xrightarrow{\Delta \mathrm{T}} \mathrm{CO_2} + \mathrm{2\ H_2O}$$
Verbrennung von Methan mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser

$$\mathrm{HOOC - CH_2 - COOH} \xrightarrow{\Delta \mathrm{T}} \mathrm{HOOC - CH_3} + \mathrm{CO_2}$$

Thermische Zersetzung von Malonsäure zu Essigsäure unter Abspaltung von Kohlenstoffdioxid

Biologische Zersetzung

Lebewesen, die organische Stoffe abbauen, werden unter der Bezeichnung Saprobionten oder Destruenten zusammengefasst. Dies sind Tiere wie Milben, Asseln, und Mikroorganismen wie Bakterien (z.B. Actinomyceten) und Pilze. Dabei werden organische Stoffe, meist hochpolymere Proteine oder Kohlenhydrate von diesen Lebewesen zunächst mechanisch, dann chemisch entweder unter Luftausschluss (*anaerob*) oder Luftanwesenheit (*aerob*) zersetzt. Die Saprobionten nutzen dabei die organischen Verbindungen als Energiequelle.

Bei *vollständiger Mineralisierung* entstehen durch Zerlegung der Polymere über Enzyme aus der Klasse der Hydrolasen zuerst Monomere wie Aminosäuren und Monosaccharide. Diese werden dann vollständig zu Kohlenstoffdioxid, Wasser, Ammoniumverbindungen und Nitraten abgebaut. Bei nicht optimalen Bedingungen entstehen lediglich immer noch hochmolekulare Huminstoffe.[1]

Biologischer Abbau

Die Zersetzung organischer Stoffe durch Saprobionten bzw. deren Enzyme, der Abfälle dem natürlichen Stoffkreislauf zuführt, wird auch allgemein *biologischer Abbau* genannt. 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

Abzeichen der DIN CERTCO und der European Bioplastics nach EN 13432

Substanzen werden als *abbauresistent* bezeichnet, wenn sie keinem biologischen Abbau unterliegen. Wenn sie auch durch sonstige chemische oder physikalische Prozesse nicht abgebaut werden, werden sie als persistent bezeichnet.

Siehe auch

- Verwesung

- Fäulnis
- Kompostierung
- Citratzyklus
- Katabolismus
- reduktive Dehalogenierung

Weblinks

- *Abbaudatenbank der University of Minnesota* [2] (Flussdiagramme (englisch))

Referenzen

[1] Wissenschaft-Online-Lexika: *Eintrag zu Zersetzung im Kompaktlexikon der Chemie*, abgerufen am 28. September 2008

[2] http://umbbd.msi.umn.edu

Zertifizierung (Biomasse)

Die **Zertifizierung von Biomasse** dient dem Herkunftsnachweis von flüssiger Biomasse, die energetisch als Biokraftstoff oder zur Erzeugung von Bioenergie genutzt wird.[1] Die Zertifizierung erfolgt auf Grundlage der EU-Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) der Europäischen Union. Die Biomasse muss bestimmte Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, wie z. B. ein Mindesteinsparpotential für Treibhausgase, Erhaltung der Biodiversität, Einhaltung von Sozialstandards etc..[2]

Die Umsetzung dieser EU-Richtlinie in deutsches Recht erfolgte mit der von August 2009 bis Januar 2010 in Kraft getretenen Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) bzw. der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV).

Die Zertifizierung der Biomasse kann die Voraussetzung eines Förderungsanspruchs, der Anerkennung oder des Steuererlasses sein, z. B. auf Grundlage des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes, des Biokraftstoffquotengesetzes und anderer Gesetze. [2] [3]

Voraussetzung

Die Nachhaltigkeitskriterien für die Zertifizierung werden durch die Bundesregierung und die Europäische Union festgelegt. Ziele sind unter anderem, dass keine Biomasse von Naturschutzflächen oder auf Flächen mit hoher biologischer Vielfalt (Biodiversität) gewonnen wird, um beispielsweise die Rodung von Urwäldern zu vermeiden.

Die Nachhaltigkeitskriterien enthalten, neben Umweltaspekten, auch soziale, ökonomische und andere Kriterien. Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Kriterien können auch weitergehende Kriterien erfüllt werden.

Durchführung

Die Zertifizierung wird von Zertifizierungsunternehmen, wie zum Beispiel dem Technischen Überwachungs-Verein (TÜV), nach festgelegten Kriterien durchgeführt.[3] Die Zertifizierung erfolgt im Rahmen eines Audits. Bei erfolgreicher Demonstration der Einhaltung der vorgegebenen Kriterien stellt die zertifizierende Stelle dem Unternehmen ein Zertifikat aus.

Weblinks

- *Zertifizierung von Kraft- und Brennstoffen aus Biomasse: Nachweis der Nachhaltigkeit wird zur Pflicht* [4], Artikel auf Energie20.net, aus dem Jahreskompendium 2009 der Zeitschrift Energie 2.0, abgerufen am 16. Februar 2010
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: *Zertifizierung*, Bericht zur Entwicklung des Biomassezertifizierungssystems ISCC in einem Projekt mit der meó Consulting Team [5], von Anfang 2010, abgerufen am 16. Februar 2010
- Agentur für Erneuerbare Energien: *Nachhaltige Bioenergie: Deutschland ist Vorreiter bei der Zertifizierung* [6], abgerufen am 16. Februar 2010
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): *Leitfaden Nachhaltige Biomasseherstellung.* [7] vom 05. Februar 2010, abgerufen am 5. März 2010.

Siehe auch

- Flächenkonkurrenz

Referenzen

[1] Agentur Erneuerbare Energien (AEE): *Nachhaltige Bioenergie: Deutschland ist Vorreiter der Zertifizierung* (http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/9/nachhaltige-bioenergie-deutschland-ist-vorreiter-bei-der-zertifizierung.html), abgerufen am 16. Februar 2010

[2] *Zertifizierung von Biomasse und Bioenergie* (http://www.iscc-project.org/e711/element712/090218_ISCCBro_de_ger.pdf). www.iscc-project.org. Abgerufen am 27. Oktober 2009.

[3] *TÜV Zertifizierung GreenMethane – Für Biogas, das ins Erdgasnetz eingespeist wird* (http://www.tuev-sued.de/uploads/images/12511788264908472806 91/GreenMethane_d.pdf). www.tuev-sued.de. Abgerufen am 27. Oktober 2009.

[4] http://www.energy20.net/pi/index.php?StoryID=317&articleID=152684

[5] http://www.bio-kraftstoffe.info/nachhaltigkeit/zertifizierung.html

[6] http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/9/nachhaltige-bioenergie-deutschland-ist-vorreiter-bei-der-zertifizierung.html

[7] http://www.ble.de/cln_090/nn_425104/SharedDocs/Downloads/02__Kontrolle__Zulassung/05__NachhaltigeBiomasseerzeugung/LeitfadenNachhaltigeBiomasseherstellung,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/LeitfadenNachhaltigeBiomasseherstellung.pdf

Zertifizierung (Forstwirtschaft)

Zertifizierung in der Forstwirtschaft ist ein zivilgesellschaftlich initiierter weltweiter Prozess zur Kennzeichnung wirtschaftlich, sozial und ökologisch nachhaltig erzeugter Produkte des Waldes durch ein Gütesiegel. Im weiteren Sinne umfasst das Zertifizierungssystem auch den Transport- und Bearbeitungsweg dieser Produkte (vor allem Holz) vom Forstbetrieb über alle Verarbeitungsstufen bis zum Endverbraucher (Produktkettenzertifizierung).

Ziele, Geschichte und Entwicklung

Die Entwicklung forstlicher Zertifizierung ist eng mit der Idee des Forest Stewardship Council (FSC) verknüpft.

Bereits seit einigen Jahrzehnten wird weltweit eine fortschreitende Entwaldung beobachtet, die sich in diesem Zeitraum unverändert im Durchschnitt auf 11 bis 15 Millionen Hektar (110.000 bis 150.000 km²) beziffert.[1] Seitdem wurden unterschiedliche Ansätze verolgt, die Zerstörung wertvoller Wälder besonders in tropischen Ländern zu verhindern, darunter das Washingtoner Artenschutz-Übereinkommen, das internationale Abkommen über Tropenholz (ITTA) der International Tropical Timber Organization (ITTO) oder die zwischenstaatliche Global Environmental Facility (GEF). Da jedoch die Entwaldung weiter voranschritt, riefen Umwelt-NGOs zum Ende der 1980er Jahre dazu auf, Holzprodukte mit Herkunft aus solchen Ländern zu boykottieren. Es reifte jedoch schon bald die Erkenntnis, dass damit waldreichen tropischen Ländern eine wichtige Devisenquelle entzogen wurde, und somit auch ein Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung und zur Armutsbekämpfung entfiel. Darum wurde über Konzepte nachgedacht, wie eine forstwirtschaftliche Nutzung bei gleichzeitigem Erhalt dieser Wälder und der Achtung der Rechte Indigener Völker sowie sozialer Mindeststandards zu bewerkstelligen sei.

Das Konzept der Zertifizierung nachhaltiger Forstwirtschaft verfolgte daher zunächst mit der Gründung des FSC im Jahre 1993 das Hauptziel, die Vernichtung von Primärwäldern in den Tropen zu stoppen[2] , um die vielfältigen Funktionen von Wäldern (Lebensgrundlage indigener Völker, Biodiversität, Schutzfunktionen, Kulturgut etc.) durch die Sicherstellung nachhaltiger Forstwirtschaft zu erhalten. Gleichzeitig sollte auch die Versorgung des Marktes mit Holzprodukten gewährleistet werden.

Als sich die Konzeption des FSC herauszukristallisieren begann, setzte zunächst eine Diskussion über die Notwendigkeit von Zertifizierung im Allgemeinen ein. Besonders im Falle kleiner Familienbetriebe stellte sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer Gleichbehandlung mit großen transnationalen Unternehmen; ebenso wurde gefragt, ob es nötig sei, dort, wo bereits ein hohes Niveau der Nachhaltigkeit erreicht sei, zusätzlich zu einer

funktionierenden Forstgesetzgebung ein paralleles Kontrollsystem zu schaffen.[3] Als gegen Ende der 90er Jahre, resultierend aus den vorangegangenen Debatten, die Gründung weiterer Zertifizierungssysteme wie dem Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) einsetzte, weitete sich die Diskussion auf die Legitimationen und Konzeptionen der unterschiedlichen Systeme aus[4] , die zunehmend Aspekte der europäischen Forstwirtschaft in den Mittelpunkt rückten.[5]

Inzwischen existiert eine kaum noch überschaubare Anzahl von Zertifizierungsprogrammen. Der FSC erhebt bis heute den Anspruch, als das ursprüngliche und einzige Programm weltweit dazu in der Lage zu sein, Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft zu garantieren, insbesondere, weil in den Entscheidungsgremien alleine beim FSC ökonomischen, ökologischen und sozialen Interessen das gleiche Gewicht eingeräumt werde. Dies ist gleichzeitig jedoch der Hauptgrund dafür, dass das FSC-Programm zuweilen eine schwache Akzeptanz seitens des Waldbesitzes erfährt.[6] Im Gegensatz dazu wird seitens der oft durch Wirtschaftsverbände initiierten übrigen Zertifizierungsprogramme eine gegenseitige Anerkennung gefordert, da diese ebenso dazu geeignet seien, dasselbe Nachhaltigkeitsniveau zu gewährleisten. Die gegenseitige Anerkennung ist, wie die Benennung seit 2005 verdeutlicht, die zentrale Zielsetzung des PEFC. Die Sichtweise, dass alleine das Zertifizierungsprogramm des FSC die forstwirtschaftliche Praxis effektiv verbessere, wird nach wie vor von der Mehrzahl der Umweltschutzverbände geteilt. Eine verkürzte Darstellung der kritischen Debatten zeigt also eine überwiegend skeptische Positionierung der Forst-, Holz- und Papierwirtschaft gegenüber Zertifizierung im Allgemeinen, sowie dem FSC im Speziellen, während Umweltverbände dafür argumentieren.

War die Diskussion um Zertifizierung zu Beginn des Jahrzehnts noch sehr präsent, so stehen heute vornehmlich andere Themen auf der forstpolitischen Agenda, vor allem Illegaler Holzeinschlag.

Die Idee, die Marktkräfte zum Schutz der Wälder und zu einer nachhaltigen Entwicklung zu nutzen, beinhaltet drei Grundgedanken: Alle Interessengruppen erstellten im Konsens Prinzipien nachhaltiger Forstwirtschaft. Diese werden in einem *Standard* zusammengefasst. Die Umsetzung dieser Prinzipien wird durch eine unabhängige Dritte Partei durchgeführt. Die so zertifizierten nachhaltigen Forstprodukte sollen bessere Absatzchancen bieten und das Einkommen der Forstbetriebe erhöhen. Drittens sollen alle Beteiligten einschließlich der Konsumenten über die Wichtigkeit des verbesserten Forstmanagements aufgeklärt werden.[7]

Zertifikate

Inzwischen existieren verschiedene Zertifizierungssysteme, wobei die Mehrzahl einem großregionalen oder nationalen Ansatz folgen. Alleine in Europa kamen im Jahre 2002 32 verschiedene Zertifizierungssysteme zur Anwendung.[8] Die folgende Liste stellt nur eine Auswahl der wichtigsten Programme dar.

Logo des FSC

Internationale Zertifizierungsschemata

- Forest Stewardship Council (FSC)
- Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC; erst seit 2005 weltweit; ehemalig Pan-European Forest Certification)
- Internationale Organisation für Normung (ISO)
- Sustainable Forestry Board (SFB), ein sektorenübergreifender Ansatz, der von Conservation International und Ford[9] initiiert wurde

Nationale oder großregionale Zertifizierungsschemata

Logo des PEFC

Deutschland

Speziell zur Zertfifizierung von Dienstleistern in der Forstwirtschaft existieren außerdem das RAL-Gütezeichen Wald- und Landschaftspflege und das Deutsches Forst Service Zertifikat (DFSZ), welches Bestandteil des PEFC ist.

Europa

- United Kingdom Woodland Assurance Scheme (UKWAS)
- Finnish Forest Certification System (FFCS), Finnland

Außerhalb Europas

- Australian Forestry Standard (AFS), Australien)
- Brazilian National Forest Certification Program (CERFLOR), Brasilien
- Sustainble Forestry Initiative (SFI), Nordamerika; initiiert durch die American Forest & Paper Association (AF&PA)[10]
- Canadian Standards Association's Sustainable Forest Management Standard (CSA), Kanada
- Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI), Indonesien
- Malaysian Timber Certification Council (MTCC), Malaysia

Stand der Entwicklung

Im Januar 2006 waren weltweit 271 Millionen Hektar Wald zertifiziert. Dies entspricht (nach der Waldflächendefinition der FAO) 7 % der Wälder der Erde, und etwa 20 % aller weltweit bewirtschafteten Wälder. Der bei weitem überwiegende Teil zertifizierter Wälder befindet sich auf der Nordhalbkugel, vor allem in Nordamerika. Die Zertifizierungsschemata PEFC (fast 69 %) und FSC (etwa 25 %) dominieren der Markt.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung zertifizierte Waldflächen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Zertifizierungssysteme weltweit (Angaben in Millionen Hektar) im Januar 2006.[7]

Kontinent	FSC	PEFC	Andere	Gesamt	Anteil in %
Afrika	1,7	0,0	0,0	1,7	0,6
Südostasien	2,4	5,2	4,7	12,2	4,5
Europa	35,0	55,9	0,0	90,9	33,5
Nordamerika	22,5	123,6	12,0	158,0	58,3
Südamerika	6,5	1,6	0,0	8,1	3,0
Gesamt	**68,10**	**186,10**	**16,70**	**271,00**	**100**
Marktanteil in %	**25,14**	**68,69**	**6,17**	**100,00**	
Tropische Länder	8,0	0,0	4,7	12,8	4,7
Nicht-tropische Länder	60,1	186,1	12,0	258,2	95,3
Entwickelte Länder	37,6	186,0	12,0	235,6	86,9
Entwicklungsländer	30,5	0,0	4,7	35,2	13,1

Die Hauptgründe für das langsame Voranschreiten der Zertifizierung in Entwicklungsländern sind vielfältig.

Auf dem Weltmarkt und auf nationalen Märkten ist die Nachfrage nach zertifiziertem Holz gering. Bislang existieren nur in Europa und Nordamerika nennenswerte Märkte für zertifiziertes Holz. Zudem interessieren sich nur wenige Verbraucher für die Thematik. Die meisten Konsumenten sind auch nicht dazu bereit, für zertifiziertes Holz einen Mehrpreis zu entrichten, da das zertifizierte Holzprodukt im Vergleich zum nicht zertifizierten keinen Zusatznutzen bietet.[7]

Zwischen der Praxis des Forstmanagement und den Standards klafft eine große Lücke. Dies ist sehr oft bedingt durch den Mangel an Fachkräften. In der Demokratischen Republik Kongo gibt es etwa 100[7] ausgebildete Forstmanager, aber 133,6 Millionen Hektar Wald - mehr als die zehnfache Waldfläche Deutschlands). Hinzu kommt, dass in tropischen Regenwäldern Standards zur Erhaltung der Biodiversität viel schwieriger zu einzuhalten sind als in den europäischen Wäldern der gemäßigter Klimata, weil die Artenzahl dort sehr viel höher ist.[7]

Auf nationaler Ebene können Politiken zur Verbesserung der forstwirtschaftlichen Praxis nicht formuliert und implementiert werden. Dies ist bedingt durch einen Fachkräftemangel, ungenügende finanzielle Ausstattung oder den Unwillen der politischen Entscheidungsträger. Hinzu kommen schwache Governance-Strukturen (Korruption und illegaler Holzeinschlag). Auch sind oft die Besitzverhältnisse am Land oder an Produkten des Waldes nicht geklärt. Dies führt zu ungeregelten Nutzung. Letztlich stellt auch die ungenügende Abstimmung mit anderen Wirtschaftssektoren ein Hindernis dar.[7]

Die Kapazitäten zum Aufbau einer wirksamen nationalen Zertifizierungsorganisation (beispielsweise ein nationales FSC-Büro) fehlen. Somit kann auch kein Zertifizierungsprozess eingeleitet und forciert werden.[7]

Letzten Endes spielen auch hohe direkte und indirekte Kosten eine wichtige Rolle in Bezug auf den bisher geringen Erfolg von forstlicher Zertifizierung in Entwicklungsländern. Direkte Kosten fallen für den Zertifizierungsprozess an, indirekte Kosten entstehen durch die Verbesserung der Managementpraxis. Beispielsweise würde die Abkehr weg von den bislang gängigen Holzeinschlagstechniken in Malaysia hin zu einer mit der Zertifizierung in Einklang stehenden Technik die Holzerntekosten um 65 % erhöhen. Allgemein sind tropische Regenwälder naturnah nur unter großem finanziellen Aufwand bewirtschaftbar.[7]

Kritik

Wichtige Zielsetzungen wurden bisher nicht erreicht, da die grundsätzliche Idee der Zertifizierung zur Zeit ihrer Entstehung war, die Vernichtung von Primärwäldern in den Tropen zu stoppen. Dies gelang aus unterschiedlichen Gründen jedoch nicht in großem Maßstab. Von den 271 Millionen Hektar zertifizierten Waldes befinden sich 95 % in Nordamerika oder Europa. 87 % der zertifizierten Wälder befinden sich in entwickelten Ländern, wo die Existenz des Waldes praktisch nicht gefährdet ist und hohe soziale Standards in der Forstwirtschaft gelten. [7]

Auch die Zielsetzung, mit einem weltweit anerkannten Zertifizierungssystem für Holz, gut wirtschaftende Forstbetriebe vor der Konkurrenz durch Holz aus illegalem Einschlag oder aus nicht nachhaltiger Produktion zu schützen, wurde bislang nicht erreicht. Stattdessen wird über die Notwendigkeit staatlicher bzw. rechtlich bindender Instrumente diskutiert, um dieses Ziel zu erreichen. In der EU hierzu der Aktionsplan FLEGT (Forest Law Enforcement, Governance and Trade). In Deutschland gab es eine Initiative für ein "Urwaldschutzgesetz".[11]

Literatur

- Certification Information Service: Source Book. European Forest Institute. Unregelmäßig aktualisierte Blättersammlung des Certification Information Service (CIS), der seit Mitte der 1990er Jahre durch das EFI und die DG VIII der Europäischen Union finanziert wurde.

Weblinks

- Forest Certification Resource Centre, besonders für Nordamerika [12]
- Gemeinsame Synopse von FSC und PEFC [13]
- Footprints in the Forest. [[FERN [14]]-Studie zum qualitativen Vergleich wichtiger Zertifizierungsprogramme, abgerufen am 30. Dezember 2007] (PDF-Datei; 3,12 MB)

Referenzen

[1] Certification Information Service: Source Book. European Forest Institute. Sektion 1, S.3

[2] Forstliche Zertifizierung: Praktische Umsetzung nachhaltiger Entwicklung. GTZ: Entwicklung + ländlicher Raum. ISSN 0343-6462 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0343-6462) (1999), S. 25-28

[3] Certification Information Service: *Source Book.* European Forest Institute. Sektion 1, S.40

[4] *Das Ende des Glaubenskrieges - FSC und PEFC.* AFZ. Der Wald. ISSN 1430-2713 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1430-2713) (1999), S.888-890

[5] *Zertifizierung bleibt forstpolitischer Dauerbrenner.* Holz-Zentralblatt. ISSN 0018-3792 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0018-3792) (1998), S. 155-156

[6] *Gegeneinander bei der Zertifizierung überwiegt. Fremdbestimmung bzw. Partizipation schält sich immer klarer als der zentrale Streitpunkt heraus.* Holz-Zentralblatt. ISSN 0018-3792 (http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0018-3792) (1999), S. 511

[7] Durst, P.B., Brown, C.L. und Appanah, S.: "Challenges facing certification and eco-labelling of forest products in developing countries. International Forestry Review, Vol. 8 (2), 2006. Shropshire (UK), Commonwealth Forestry Association. S. 193-200. ISSN 1465-5489

[8] http://forestportal.efi.int/lists.php?pl=02.30&sf=1 laut EFI Euroforest Portal

[9] http://www.celb.org/xp/CELB/about/Eigendarstellung

[10] http://www.sfiprogram.org/history.cfm Geschichte der SFI, Eigendarstellung

[11] Gesetzesentwurf UrwSchG (http://www.kotting-uhl.de/btag/ak_umwelt/060315_Urwaldschutzgesetz.pdf)

[12] http://www.metafore.org/index.php?p=Forest_Certification_Resource_Center&s=147

[13] http://www.pefc.de/vergleich/synopse.htm

[14] http://www.fern.org/pubs/reports/footprints.pdf

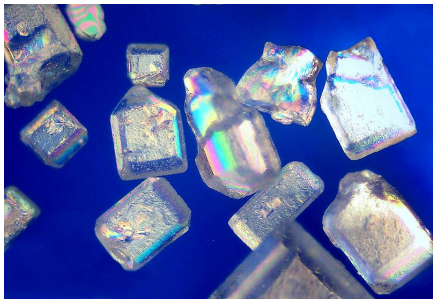
Zucker

Zucker ist zum einen ein Sammelbegriff für alle süß schmeckenden Saccharide (Einfach- und Doppelzucker), zum anderen aber auch die Handelsbezeichnung für den Doppelzucker Saccharose. Er wird sowohl als Nahrungsmittel als auch Genussmittel angesehen.

Das Wort „Zucker“ stammt ursprünglich aus dem Sanskrit-Wort शर्करा (śarkarā) für „süß“, das als *sukkar* (سكر, verb: sakkara) ins Arabische entlehnt wurde und von dort in den europäischen Sprachraum gelangte.

Haushaltszucker hat die Summenformel $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sein Energiegehalt beträgt 16,8 kJ pro Gramm (zum Vergleich: Alkohol liefert 29,8 kJ pro Gramm, Fette etwa 39 kJ pro Gramm), mit einer Dichte von 1,6 g/cm³ ist er schwerer als Wasser (1 g/cm³). Bei 20 °C sind 203,9 g Zucker in 100 ml Wasser löslich, bei 100 °C 487,2 g in 100 ml.[1]

Würfelzucker



Zuckerkristalle unter dem Polarisationsmikroskop

Zuckererzeugung

Hauptquellen sind Zuckerrohr (Anbau in den Tropen) und Zuckerrübe (Anbau in gemäßigten Breiten, z. B. Mitteleuropa). Die Saccharose ist als Substanz direkt in diesen Anbaufrüchten enthalten und wird durch Herauslösen, -kochen oder -pressen in wässriger Lösung extrahiert und beim weiteren Einkochen als Kristalle ausgefällt. Je nach gewünschtem Reinheitsgrad wird der Zucker wiederholt umgefällt und gereinigt.

> *Hauptartikel: Zuckerfabrikation*
>
> *Zuckerarten und chemischen Eigenschaften im Artikel Kohlenhydrate*
>
> *Pflanzen zur Zuckergewinnung im Artikel Zuckerpflanzen*

Zuckerrüben

Zuckerrohr

Die bedeutendsten Zucker produzierenden Nationen

Die weltweit drei bedeutendsten Zuckerproduzenten sind Brasilien, Indien und China, die wichtigsten Herstellerländer in Europa sind Frankreich, Deutschland und Polen (siehe Tabelle).

Nahaufnahme von Haushaltszucker

Die größten Zuckerproduzenten (2003)

Rang	Land	Produktion (in Mio. t)	Rang	Land	Produktion (in Mio. t)
1	Brasilien	24,8	9	Deutschland	4,2
2	Indien	22,1	10	Pakistan	4
3	China	11,1	11	Kuba	3,8
4	USA	8	12	Südafrika	2,6
5	Thailand	7,3	13	Kolumbien	2,6
6	Australien	5,4	14	Philippinen	2,1
7	Mexiko	4,9	15	Indonesien	2,1
8	Frankreich	4,4	16	Polen	2

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

Daten zur Kulturgeschichte des Zuckers

Zuckerfabrik, Groningen, Niederlande

- 8.000 v. Chr.: älteste Zuckerrohr-Funde in Melanesien, Polynesien
- 6.000 v. Chr.: Zuckerrohr gelangt von Ostasien nach Indien und Persien
- 600 v. Chr.: Zuckergewinnung in Persien: heißer Zuckerrohrsaft wird in Holz- oder Tonkegel gefüllt, in der Spitze kristallisiert der Zucker, es entsteht der Zuckerhut.
- Spätantike: *Saccharum* genannter Zucker ist in Rom als Luxusgut sehr reicher Patrizier nachgewiesen und wird aus Indien bzw. Persien importiert.
- 1100 n. Chr.: Mit den Kreuzfahrern gelangt Zucker erstmalig seit der Antike nach Europa
- Ab etwa 1500: Zuckerrohr wird weltweit auf Plantagen angebaut, Zucker bleibt ein begehrtes Luxusgut für die Reichen. Es wird als Weißes Gold bezeichnet. Das gemeine Volk süßt nach wie vor mit Honig aus der Zeidlerei.
- 1747: Andreas Sigismund Marggraf entdeckt den Zuckergehalt der Zuckerrübe.
- 1801: Der Chemiker Franz Carl Achard schafft die Grundlagen der industriellen Zuckerproduktion. Die erste Rübenzuckerfabrik der Welt entsteht in Cunern/Schlesien.
- 1806: Die napoleonische Kontinentalsperre hat großen Einfluss auf den europäischen Zuckermarkt.
- 1840: Erster Würfelzucker der Welt, erfunden von Jacob Christoph Rad (Direktor der Datschitzer Zuckerraffinerie in Böhmen) war mit roter Lebensmittelfarbe eingefärbt, weil seine Frau Juliane Rad sich beim Herausbrechen aus den vorher üblichen Zuckerhüten den Finger verletzt hatte und ihren Mann daraufhin bat, gleich kleinere Zucker-Portionen herzustellen. Er erfand die Würfelzuckerpresse, stellte die ersten Würfelzucker her und schenkte die ersten, rot gefärbt, seiner Frau zur Erinnerung an den Vorfall. Frau Rad hatte die blutbespritzten Zuckerstücke dennoch ihren Gästen angeboten, da Zucker damals sehr wertvoll war.
- Ab etwa 1850: Der Zuckerpreis fällt durch die beginnende industrielle Herstellung. Damit entwickelt sich Zucker zum Gegenstand des täglichen Bedarfs.

Zuckersorten (Saccharose)

Verschiedene Zuckersorten: Weißer Zucker, Farin-Zucker und zwei Sorten Vollrohrzucker

- *Basterdzucker*: fein kristallin, zur Herstellung von Backwaren, feucht, krümelig, inverthaltig.
- *Brauner Zucker*: Brauner Zucker ist eine Sammelbezeichnung für alle Zucker mit brauner Farbe. Zur Gewinnung von braunen Zuckern gibt es unterschiedliche Verfahren: z. B. weiße Zuckerkristalle werden mit braunen Zuckerrohrsirupen gemischt, sie werden aus durch Hitzeeinwirkung braun gewordenen Sirupen (Karamellisierung) oder aus Mischungen von weißen und braunen Sirupen auskristallisiert, weniger häufig sind es Zwischenprodukte bei der Zuckerherstellung. Anhaftender Sirup verleiht dem Zucker Färbung und klebrige feuchte Konsistenz.
- *Dekorierzucker*: Feinster Puderzucker, beschichtet mit Fett oder versetzt mit Reisstärke, zur Dekoration von Gebäck, löst sich auch bei hoher Luftfeuchtigkeit wie auf warmem oder tiefgekühltem Gebäck nicht auf und zerläuft daher nicht.

Brauner Zucker für Espresso

- *Demerara-Zucker*: Weißer Rohrzucker, der mit Melasse aus Zuckerrohr versetzt ist. Er bildet ein großes, leicht klebriges, braunes Kristall. Er wird häufig zu Kaffee serviert und auch bei der Herstellung von Gebäck und Süßigkeiten verwendet.
- *Einmachzucker*: eine grobkörnige Raffinade, die besonders rein und auch durch die grobe Struktur ideal zum Einmachen von Obst und Gemüse ist. Enthält kein Geliermittel.
- *Farin*: Feiner, brauner Zucker, durch Zufügen von Sirup braun gefärbt.
- *Flüssiger Zucker*: häufig in Nahrungsmittelindustrie angewandt; Zucker in Wasser gelöst
- *Grießzucker*: Grießzucker ist ein grobkörniger Kristallzucker. Kristallzucker wird in verschiedenen Korngrößen von fein bis grob angeboten.
- *Hagelzucker*: sieht aus wie kleine Hagelkörner, zum Verzieren von Gebäck oder als Brotbelag; aus Raffinade durch Agglomerieren hergestellt.
- *Instantzucker*: Rasch lösliche Raffinade, durch Agglomeration schneller löslich
- *Kandisfarin*: Brauner Kandis mit kleinerer Kristallgröße.
- Kandiszucker: Zuckerkristalle von unterschiedlicher Größe und Farbe; entsteht durch langsames Auskristallisieren reiner Zuckerlösung. Um braunen Kandis zu erhalten, wird karamellisierter Zucker zugefügt; gleiche Süßkraft wie Raffinade.
- Karamell: Durch Erhitzen von Zuckerarten entstehende braune Masse. Je nach Erhitzungsdauer mit hell- bis dunkelbrauner Farbe und aromatischem bis herben Karamellgeschmack.
- Kastorzucker: Besonders feinkörniger Zucker (etwa 0,35 mm Korngröße), der durch Aussieben gewonnen wird.
- *Kristallzucker* siehe Raffinade
- Läuterzucker: Klarer, dickflüssiger Sirup aus Zucker und Wasser, z. B. für die Herstellung von Mixgetränken eingesetzt, da auch kalt schnell löslich. Siehe auch Flüssiger Zucker
- Melasse: als dunkelbrauner Sirup verbleibender „Produktionsrest“ der Zuckerherstellung; dient der Alkohol- oder Hefenherstellung, wird auch als Viehfutter verwertet. Melasse aus Zuckerrohr dient der Rumherstellung. Sie dient auch als Nahrungsergänzungsmittel mit einem erhöhten Eisen- und Mineralstoffgehalt.
- Muskovade / Muscovado: ungereinigter und unraffinierter brauner Rohrzucker
- *Perlzucker*: andere Bezeichnung für Hagelzucker (siehe oben).
- *Pilézucker*: Weißzucker aus Zuckerplatten in Stücke zerschlagen.
- Puderzucker, oder *Staubzucker*: fein gemahlene Raffinade; bei der Herstellung von Zuckerglasuren und zum Backen verwandt.
- *Raffinade* (meist Kristallzucker genannt) : meistgebrauchter weißer Haushaltszucker, aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben hergestellt und durch Raffination gereinigt. Besteht zu mind. 99,7 % aus Saccharose, muss besonderen Reinheitsanforderungen entsprechen, in verschiedenen Korngrößen hergestellt.
- *Rohrohrzucker*: Vollrohrzucker, von dem mittels Zentrifugieren die Melasse abgetrennt wurde, der aber nicht weiter raffiniert wurde.
- Rohrzucker: Zucker, aus Zuckerrohr hergestellt; gleichbedeutend mit Saccharose, chemisch identisch mit dem Rübenzucker. Rohrzucker wird häufig im Erzeugerland als *Rohzucker* abgegeben und in speziellen Zuckerraffinerien aufgelöst, erneut kristallisiert (=raffiniert) und je nach dem Bedarf des lokalen Marktes in verschiedenen Sorten an die Verbraucher abgegeben.
- Seidenzucker: fein verarbeiteter Zucker für edle Verzierungen
- *Teezucker*: grobkörniger Zucker (mit etwa 5 mm feiner als Kandiszucker)
- Vollrohrzucker: der reine, getrocknete Saft des Zuckerrohrs. Von ihm wurde ansonsten nichts entfernt und auch nichts hinzugefügt. Er besteht zu 93 % aus Saccharose und anderen Zuckerarten, enthält aber auch Mineralstoffe,

Spurenelemente und Vitamine.
- *Weißzucker*: auch „Grundsorte“, Vorform der Raffinade.
- Würfelzucker (auch *Stückenzucker*): angefeuchtete Raffinade meist zu Quadern (nur noch selten zu Würfeln) gepresst, anschließend wieder getrocknet. Variante: Bridge-Zucker
- Zuckerstreusel: Typisch holländischer Brotbelag zum Frühstück aus eingefärbtem Zucker.
- Zuckerkulör: Lösung aus sehr dunklem und damit nicht mehr süßem Karamell, zum Färben von Speisen verwendet.
- *Zuckerlompen*: werden aus Zuckerrohr hergestellt. Die ungleichmäßigen Stücke werden gepresst und passen gut zu vielen heißen Getränken. Sie lösen sich schneller als Kandis.

Zuckerhaltige Gemische

- *Vanillezucker*: Feiner weißer Zucker mit echtem Vanillemark gemischt.
- Vanillinzucker: Statt echter Vanille wird Vanillin-Aroma mit feinem weißem Zucker vermischt.
- *Fondant*: gerührte Masse aus gekochtem Zucker und Glukosesirup, für die Zubereitung von Glasuren auf Gebäck und Torten, für Füllungen in Süßwaren, Pralinen und Konfekt.
- Gelierzucker: für Konfitüren, Gelees und Marmeladen; aus Raffinade mit gehärtetem Palmöl, Pektin als Geliermittel so wie Zitronensäure oder Weinsäure als Säurungsmittel, teilweise auch mit Konservierungsstoffen.
- Sirup: Ahornsirup, Rübensirup, Birnendicksaft u. a. Sirupe durch mehrmaliges Kochen des Saftes hergestellt. Hoher Zuckeranteil: Ahornsirup 65 %, Rübensirup 62 %, Birnendicksaft 78 %.
- *Palmzucker*: ein Extrakt aus dem Blütensaft der Nipa- und Zuckerpalme (Unterfamilie Arecoideae). Er ist weniger süß als anderer Zucker und hat eine karamellartige Note.

Andere Zucker und Zuckerersatzstoffe

- Milchzucker: („Laktose“, „Sandzucker“) in der Milch vorkommend, ist ein Zweifachzucker aus Glucose und Galactose. In der Pharmakologie häufig als Grundlage für Tabletten dienend. Wird von vielen Menschen, besonders Nichteuropäern, nach dem Säuglingsalter genetisch bedingt nicht mehr verdaut und führt dann oft zu Diarrhoe (siehe Lactoseintoleranz).
- Raffinose : nicht süß schmeckender Zucker, kommt in vielen Pflanzen vor.
- Traubenzucker (auch Glucose oder Dextrose genannt): Wird aus Stärke hergestellt und ist als Einfachzucker der Grundbaustein vieler Mehrfachzucker. Kommt im Stoffwechsel des Menschen als sogenannter Blutzucker vor und ist neben Fruchtzucker einer der Hauptbestandteile des Honigs (22 bis 41 %).
- Fruchtzucker (auch Fructose genannt): Einfachzucker und Grundbaustein vieler Mehrfachzucker. Ist neben Traubenzucker einer der Hauptbestandteile von Honig (27 bis 44 %).
- Zuckeralkohole: als Zuckeraustauschstoffe verwendet. Zuckerabbau bei Verdauung langsamer, als normaler Zucker. Bedeutsam für nicht insulinpflichtige Diabetiker z. B. Sorbit, Xylit, Mannit und Maltit.
- Trehalose: kommt im Stoffwechsel verschiedenen Pflanzen und Pilze und auch in der Hämolymphe vieler Insekten vor
- *Stärkezucker*: alle aus Stärke (z. B. Maisstärke) hergestellten Zuckerarten, u. a.: *Isoglucose, Stärkesirup, Glucosesirup* Maltodextrin; in der Industrie zunehmend verbreitet, häufige Alternative zu Zucker.
- Maltose, Malzzucker: Aus Stärke gewonnener Zucker, der bei der Produktion von Alkohol zum Einsatz kommt.
- Melezitose: Dreifachzucker, der im Honigtau (Ausscheidungsprodukt verschiedener Blattläuse) enthalten ist. Dadurch kommt diese Zuckerart auch im Waldhonig vor.
- Invertzucker: Durch Hydrolyse (Inversion) von Saccharose entstandenes Gemisch, halb aus Traubenzucker (Glucose), halb aus Fruchtzucker (Fructose).
- *Isoglucose*: (auch „Glucose-Fructoseesirup“, „High fructose corn Sirup“), in Getränken und Obstkonserven verwendet, ein durch Stärkeabbau gewonnenes Produkt, dass zu ca. 51 % Glucose i. TS und 42% Fructose i. TS

besteht. Vorwiegend aus Mais- oder Weizenstärke hergestellt.

- Als *HFCS-Sirup* (von: **H**igh **F**ructose **C**orn **S**irup) wird ein Sirup bezeichnet, wenn der Fructoseanteil der Isoglucose gegenüber der Glucose angereichert wurde.

Physiologie

Der jährliche Zuckerkonsum lag 1997 in Österreich bei 40,4 Kilogramm/Person und hat sich damit innerhalb der letzten 150 Jahre dramatisch auf das 20fache gesteigert, was eine bedeutende Rolle als Ursache vermehrter Adipositas spielen dürfte. Leichtverdauliche Kohlenhydrate wie Zucker haben zudem größere Schwankungen des Insulinspiegels zur Folge, man spricht von einer höheren glykämischen Last, was sich diesbezüglich ebenfalls negativ auswirkt.

„An Zucker sparen, grundverkehrt! Der Körper braucht ihn, Zucker nährt!“, Zuckerreklame in Brühl (Rheinland)

Ernährungsphysiologisch bedenklich ist der Konsum zuckerhaltiger Getränke bereits im Kindesalter. Mischgetränke wie Cola oder Fanta, aber auch konzentrierte Fruchtsäfte enthalten bis zu 120 Gramm Zucker pro Liter, was 40 Stück Würfelzucker und mit 2,1 MJ einem Drittel des täglichen Energiegrundumsatzes eines 70 Kilogramm schweren Manns entspricht.

Die ursächliche Mitwirkung von Zucker bei der Entstehung von Zahnkaries ist heute eine unumstrittene Tatsache. Die bedeutendste Bakterienart ist Streptococcus mutans, mit dem Kleinkinder üblicherweise durch die Mutter infiziert werden. Nahrungszucker gelangen durch Diffusion in die bakteriellen Zahnbeläge, wo sie zu intermediären Säuren abgebaut werden, welche unter einer hinreichend dicken Plaque lokal zur Entkalkung des Zahnschmelzes und dadurch zum kariösen Defekt führen. Ebenfalls von Bedeutung sind Speichelzusammensetzung (Pufferkapazität, Lysozym-Gehalt), Zahnschmelzlöslichkeit (Fluoridierungsgrad) und Mundhygiene.
Ob Zucker in Form von Haushaltszucker, Honig, leichtverdaulicher Stärke o.ä. aufgenommen wird ist dabei bedeutungslos.

2003 erstellte ein Gremium internationaler Experten im Auftrag der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) einen Report. Er konstatierte, dass wer sich gesund ernähren wolle, nicht mehr als 10 % seiner Nährstoffe aus Zucker beziehen sollte.[2]

Diabetes mellitus

Anders als der Name vermuten lassen könnte, wird die Zuckerkrankheit nicht direkt durch Zuckerkonsum verursacht. Sie beruht nach heutigem Wissensstand entweder auf einer Autoimmunreaktion, die die Bauchspeicheldrüse schädigt (Typ 1) oder auf einer genetischen Disposition zur Insulinresistenz (Typ 2), die besonders durch Übergewicht und Bewegungsmangel zum Tragen kommen kann, und deren Folge ein ständig erhöhter Blutzuckerspiegel ist.

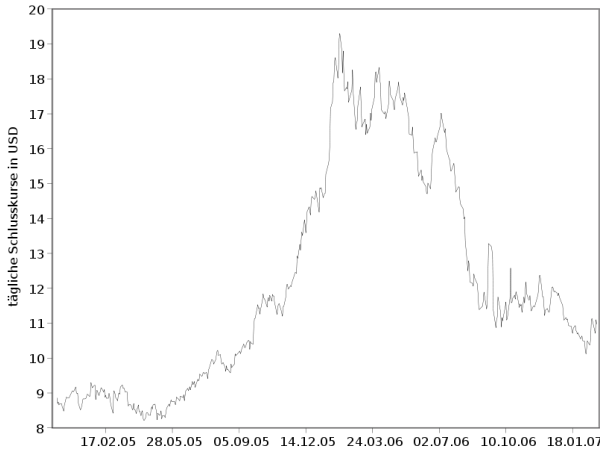
Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt eine ausgewogene, ballaststoffreiche Ernährung, die den Zuckerkonsum berücksichtigen soll.

Es kann vorteilhaft sein, zum Süßen anstatt normalem Zucker Honig zu verwenden, beispielsweise in den Tee oder Kaffee. Einige Honigsorten (Beispiel Akazienhonig) bestehen nur etwa zu einem Drittel aus Glucose. Der andere Hauptbestandteil ist die nicht den Insulin-Stoffwechsel beeinflussende Fructose. Hinzu kommt, dass Honig eine um

etwa 40 % höhere Süßkraft besitzt. Allerdings muss auch hier vor einem deshalb erhöhten Konsum gewarnt werden. So wird z.B. überschüssige Fructose im Leberstoffwechsel zu Körperfett umgewandelt.

Beginn der industriellen Herstellung von Zucker aus Rüben – Zuckerindustrie

Andreas Sigismund Marggraf hatte 1747 nachgewiesen, dass im Rübensaft Zucker enthalten ist. Die Fabrikationsverfahren, die sein Schüler Franz Karl Achard um 1800 entwickelte, führten 1825 zur Entstehung der Rübenzuckerindustrie, die bereits Ende des 19. Jahrhunderts im Weltmaßstab ebenso viel Zucker erzeugte wie die traditionelle Rohrzuckerindustrie.



Der Zuckerkurs (in USD) seit 2004

Der Landwirtschaft war es gelungen, Rüben mit hohem Zuckergehalt zu züchten. Ganze Landstriche, wie die Magdeburger Börde, stellten sich auf den Anbau von Rüben ein. Diese Monokulturen, die viel Dünger benötigten, stimulierten ihrerseits die Entwicklung der Düngemittelindustrie.

Viele Chemiker und Techniker machten, mit Rationalisierung und Automatisierung, trotz der saisonbedingten relativ geringen Auslastung der Fabriken (der so genannten Kampagne) die Rübenzuckerindustrie rentabel. Zu den Pionieren der Rübenzuckerindustrie gehört auch Adolph Frank, der 1858 ein Patent zur Scheidung und Reinigung von Rübensäften erhielt.

Zucker als nachwachsender Rohstoff

→ *Hauptartikel: Zucker als nachwachsender Rohstoff*

Zucker hat als nachwachsender Rohstoff (NawaRo) eine große Bedeutung. Er wird vor allem als Disaccharid Saccharose aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben gewonnen. Das Zuckerpolymer Stärke (ein Polysaccharid) besteht aus dem Monomer Glucose (ein Monosaccharid) und wird beispielsweise aus Getreide, Mais und Stärkekartoffeln gewonnen. Ein weiteres häufig vorkommendes Glucosepolymer ist Cellulose, die vor allem aus Holz gewonnen wird.

Zuckerrohranbau in Brasilien zu Alkoholproduktion um die Abhängigkeit von Öl-Importen zu verringern.

Eine wichtige Verwendung ist die energetische Verwertung, wie die Herstellung von Bioethanol und anderen Biokraftstoffen aus Zucker oder Stärke[3] oder die thermische Verwendung von Cellulose als Bestandteil von Brennholz. Eine große Bedeutung hat auch die stoffliche Nutzung von Zucker. Zum einen dienen sie in der Biotechnologie als Energie- und Kohlenstoffquelle in Fermentationsansätzen zur Herstellung von organischen Lösungsmitteln, verschiedenen Rohstoffen (z. B. zur Herstellung von Bioplastik) und anderem. In chemischen Verfahren werden Zucker als Rohstoff zur Herstellung von Tensiden [4] , Polyolen und anderen Produkten eingesetzt.

Siehe auch

- Luo Han Guo, ein pflanzlicher Süßstoff aus China
- Stevia (Süßstoff), ein süß schmeckendes Terpen-Glykosid
- Zuckersteuer
- Zucker-Museum
- Süßware

Literatur

- Edmund Lippmann: *Die Geschichte des Zuckers seit den ältesten Zeiten*. 1890.
- Henry Hobhouse: *Sechs Pflanzen verändern die Welt. Chinarinde, Zuckerrohr, Tee, Baumwolle, Kartoffel, Kokastrauch*. 4. Auflage. Klett-Cotta, Hamburg 2001, ISBN 3-608-91024-7
- Detlef Kantowsky: *Zucker aus Bénarès. Zur Ausbreitung süßen Lebens am Beispiel von Mauritius*. Universität Konstanz, Konstanz 2002. Volltext [5]
- Sidney W. Mintz: *Die süße Macht. Kulturgeschichte des Zuckers*. 2. Auflage. Campus, Frankfurt am Main und New York 1992, ISBN 3-593-34721-0.
- P. W. van der Poel, H. Schiweck, T. Schwartz: *Zuckertechnologie, Rüben- und Rohrzuckerherstellung*. 2. Auflage. Bartens, Berlin 2000, ISBN 3-87040-070-6.
- Christoph Maria Merki: *Zucker gegen Saccharin. Zur Geschichte der künstlichen Süßstoffe*. Dissertation Universität Bern 1990. Campus, Frankfurt am Main und New York 1993, ISBN 3-593-34885-3.

Weblinks

- Berliner Zucker-Museum [6]
- Zucker – geliebt und gehasst, getarnt und ersetzt [7] von Ulrike Gonder
- Zucker und seine Namen [8]
- Lexi-TV [9] zum Thema Zucker
- *Zucker im Welthandel* [10] (Organisation für Eine solidarische Welt)
- Informationen zu Zucker [11] im BAM-Portal

Referenzen

[1] *Hans-Albert Kurzhals*: Römpp Lexikon Lebensmitteltechnik, Seite 723 (http://books.google.de/books?id=mnP2Gv4Z0GwC&pg=PA1268&dq=Römpp&ei=S7vpSbjOJpviygS1ueThCA#PPA723,M1)

[2] WHO Technical Report Series, No. 916 (http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/en/) – Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases *(englisch)*

[3] *Nachwachsende Rohstoffe: Zucker in den Tank - spektrumdirekt* (http://www.wissenschaft-online.de/artikel/887709). www.wissenschaft-online.de. Abgerufen am 25. Oktober 2009.

[4] *Zucker – ein vielversprechender nachwachsender Rohstoff* (http://www.profil.iva.de/forschung-technik/zucker-2013-ein-vielversprechender-nachwachsender-rohstoff). www.profil.iva.de. Abgerufen am 24. Oktober 2009.

[5] http://www.ub.uni-konstanz.de/kops/volltexte/2002/799/

[6] http://www.dtmb.de/Zucker-Museum/

[7] http://www.optipage.de/zucker.html

[8] http://www.medizinfo.com/ernaehrung/zucker.htm

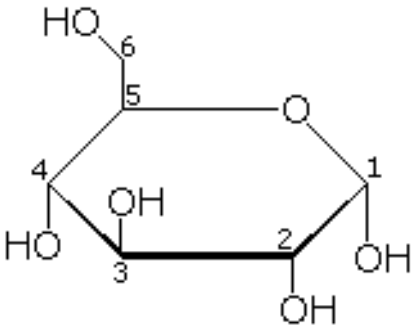
[9] http://www.lexi-tv.de/lexikon/thema.asp?InhaltID=1532&Seite=1

[10] http://www.oew.org/de/archiv_news.php?id=109&arch_id=1&annorum=2004

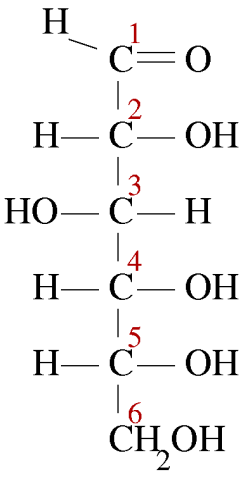
[11] http://www.bam-portal.de/searchExpert.do?action=search&query=Zucker

Zucker als nachwachsender Rohstoff

Biomasse besteht hauptsächlich aus Zucker oder Zuckerpolymeren.Daher hat **Zucker als nachwachsender Rohstoff** (NawaRo) eine große Bedeutung. Er wird vor allem als Disaccharid Saccharose aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben gewonnen. Das Zuckerpolymer Stärke (ein Polysaccharid) besteht aus dem Monomer Glucose (ein Monosaccharid) und wird beispielsweise aus Getreide, Mais und Stärkekartoffeln gewonnen. Ein weiteres häufig vorkommendes Glucosepolymer ist Cellulose, die vor allem aus Holz gewonnen wird. Eine wichtige Verwendung ist die energetische Verwertung, wie die Herstellung von Bioethanol und anderen Biokraftstoffen aus Zucker oder Stärke[1] oder die thermische Verwendung von Cellulose als Bestandteil von Brennholz. Eine große Bedeutung hat auch die stoffliche Nutzung von Zucker. Zum einen dienen sie in der Biotechnologie als Energie- und Kohlenstoffquelle in Fermentationsansätzen zur Herstellung von organischen Lösungsmitteln, verschiedenen Rohstoffen (z. B. zur Herstellung von Bioplastik) und anderem. In chemischen Verfahren werden Zucker als Rohstoff zur Herstellung von Tensiden [2] , Polyolen und anderen Produkten eingesetzt



Der häufigste Zucker: Glucose (hier als α-D-Glucopyranose, in der Halbacetal-Form)

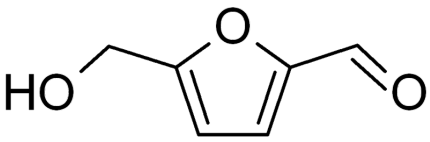


Glucose in der linearen Form (D-Glucose)

Chemie und Herstellung

Hauptartikel: Kohlenhydrate, Zucker, Zuckerherstellung

Zucker bestehen aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff und werden auch als Kohlenhydrate bezeichnet. 3 bis 7 Kohlenstoffatome bilden das Rückgrat eines Einfachzuckers (Triose, Tetrose, Pentose, Hexose, Heptose). Im linearen Zuckermolekül tragen alle Kohlenstoffatome bis auf eines eine Hydroxylgruppe (-OH) und mindestens ein Wasserstoffatom. Das verbleibende



Hydroxymethylfurfural

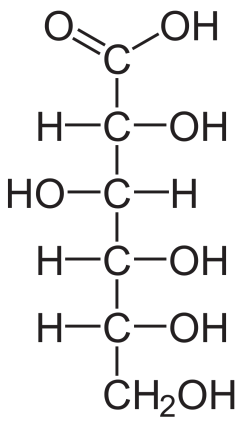
Kohlenstoffatom trägt mit einer Carbonylgruppe eine oxidierte Hydroxylgruppe. Über diese funktionelle Gruppe kann bei größeren Zuckermolekülen (ab Pentose) die Bildung der typischen Ringstrukur (Halbacetal-Struktur) stattfinden.

Die Einfachzucker wiederum können über unterschiedliche glycosidische Bindungen (α oder β) zwischen verschiedenen Kohlenstoffatomen eines Zuckers (in Stärke z. B. zwischen C-Atom 1 und 4) auf vielfältige Weise miteinander verknüpft werden.

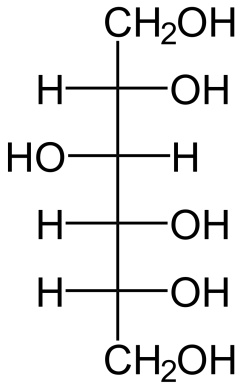
Somit sind zahlreiche verschiedene Einfach- und Vielfachzucker denkbar. In der Natur kommen die meisten nur selten, einige wenige dagegen häufig vor. Darüber hinaus ist die Gewinnung von Zuckergemischen durch den Formose-Prozess auch auf Basis fossiler Rohstoffe möglich.

Zucker kann biotechnologisch und chemisch zu einer großen Vielfalt von Produkten umgesetzt werden. Die dabei eingesetzten chemische Reaktionen sind unter anderem Hydrolyse, Dehydratisierung, Isomerisierung, Aldolkondensation, Hydrierung und Oxidation. Häufiges Ziel ist zum einen die Reduktion der Funktionalität der Zucker, um diese besser in industriellen Folgeprozessen einsetzen zu können, etwa als Polyol. Eine weitere Zielrichtung sind Folgeprodukte, die einen geringeren Oxidationsgrad und damit einen höheren Energiegehalt als Zucker aufweisen. Diese Produkte können gegebenenfalls als Treibstoffe, aber auch als Grund- oder Zwischenprodukte der Chemischen Industrie eingesetzt werden. Es wird auch versucht, chirale Zucker für den Einsatz als Chiral pool-Komponente zu erschließen.

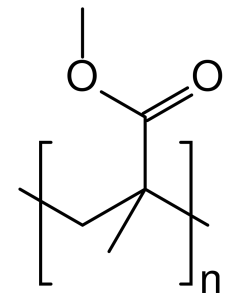
Der Aufbau der häufigsten bzw. als Nawaro bedeutendsten Zucker, ihre Herkunft und ihre Verwendung sind im Folgenden erläutert.



Von Glucose abgeleitete Zuckersäure Gluconsäure, die Carbonylgruppe ist zu einer Carboxylgruppe oxidiert



Von Glucose abgeleitetes Polyol Sorbitol, die Carbonylgruppe wurde zu einer Hydroxylgruppe reduziert



Polymethylmeth-acrylat

Einfachzucker

Hauptartikel: Monosaccharide

Zucker liegen in der Natur selten als Monomer vor. Daher erfolgt die Gewinnung der Einfachzucker meist aus Di- oder Polysacchariden.

Vor allem in Brasilien wird aus Zuckerrohr Saccharose (Haushaltszucker) gewonnen

Glucose

Hauptartikel: Glucose

Der häufigste Zucker ist Glucose ($C_6H_{12}O_6$, auch Traubenzucker oder Dextrose). Die wichtigsten höheren Saccharide bestehen aus Glucose (die Polysaccharide Stärke, Cellulose) bzw. enthalten Glucose (das Disaccharid Saccharose aus Glucose und Fructose). Die Gewinnung kann aus Stärke erfolgen, die ein Polymer aus Glucose darstellt.

Verwendung:

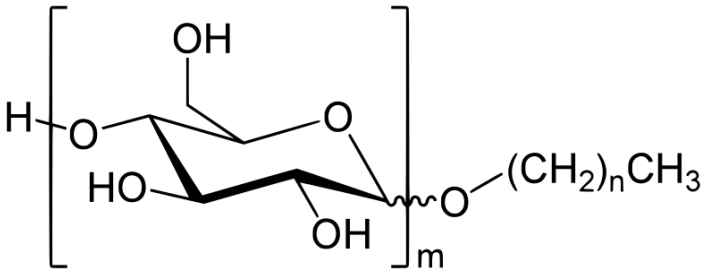
Hydroxymethylfurfural und **2,5-Dimethylfuran** *Hauptartikel: Hydroxymethylfurfural und 2,5-Dimethylfuran*

Hydroxymethylfurfural kann günstig aus Glucose (oder Cellulose) hergestellt werden. Die Reaktion wird in einem Ionischen Lösungsmittel mit Chrom(III)-chlorid als Katalysator durchgeführt. Bei relativ milden Reaktionsbedingungen werden Ausbeuten bis zu 70% an Hydroxymethylfurfural erzielt. Hydroxymethylfurfural kann in einem weiteren Schritt zu 2,5-Dimethylfuran weiterverarbeitet werden. Dieses lässt sich auch als Kraftstoff einsetzen. [3]

In Europa wird Saccharose vor allem aus Zuckerrüben gewonnen

Biotechnologische Produkte

In den meisten Organismen stellt Glucose ein zentrales Intermediat des Stoffwechsels dar, aus dem viele Verbindungen abgeleitet werden



Beispiel eines Alkylpolyglycosids auf Glucose basierend (m = 1 bis 5 und n = 11 bis 15).

können. In biotechnologischen Anwendung wird daher häufig Glucose als Substrat für Fermentationen eingesetzt, in den Verbindungen wie Ethanol (Bioethanol), organische Säuren, Aminosäuren, Antibiotika hergestellt werden. Die mengenmäßig bedeutendste Anwendung ist die Herstellung von Ethanol, vor allem zur Verwendung als Biokraftstoff, mit Hilfe von Hefen. Das Verfahren gleicht der Herstellung von Spirituosen in einer Brennerei. Ausgangsrohstoff ist in diesem Fall häufig Stärke (Getreide, Mais, Kartoffeln, etc.), die enzymatisch in Glucose zerlegt wird. Ein wachsende Bedeutung hat die fermentative Bereitstellung von Rohstoffen zur Herstellung von Kunststoffen, wie beispielsweise Polyhydroxyalkanoate oder Polylactide.[4]

Für diese Anwendungen können statt Glucose häufig auch andere Zucker (Saccharose, oft in Form von Melasse) oder andere organische Verbindungen (Glycerin, etc.) verwendet werden.

Produkte aus verschiedenen Einfachzuckern

Einige Produkte aus Einfachzuckern basieren auf chemischen Veränderungen, die theoretisch in analoger Form bei allen Einfachzuckern möglich sind. Meist wird jedoch wegen der guten Verfügbarkeit Glucose eingesetzt.

Verwendung:

Zuckersäuren *Hauptartikel: Zuckersäuren*

Zuckersäuren werden vielfältig für industrielle Anwendungen genutzt, wie beispielsweise in der Lebensmittelindustrie als Säurekomponente, aber auch für technische Anwendungen. Der wichtigste Vertreter ist die Gluconsäure, die aus Glucose gewonnen wird. Die Herstellung erfolgt meist in einem biochemischen Prozess, der durch die notwendigen Reinigungsschritte und die Menge der anfallenden Nebenprodukte relativ unwirtschaftlich ist. Neuere Entwicklungen basieren auf der Verwendung von chemischen Katalysatoren. [5]

Polyole *Hauptartikel: Polyole*

Durch katalytische Reduktion lassen sich Zucker in kurzkettige Polyole umsetzen. Als Katalysatoren wird zum Beispiel Ruthenium eingesetzt, als Lösungsmittel wird Wasser verwendet. Die entstehenden Polyole können mit Isocyanaten zu Polyurethanen umgesetzt werden und finden Anwendung als Lacke. [6]

Polymethylmethacrylat *Hauptartikel: Polymethylmethacrylat*

Zucker können auch zur Herstellung von Polymethylmethacrylat oder Acrylglas dienen. Dabei wird enzymatisch 2-Hydroxyisobutyrat aus Zucker hergestellt. Dieses ist ein Vorläufer des Monomers Methylmethacrylats, welches schließlich zu Polymethylmathacrylat polymerisiert werden kann. Das Verfahren befindet sich noch im Entwicklungsstadium. [7]

Zweifach- und Mehrfachzucker

Durch glycosidische Verknüpfung von zwei gleichen oder unterschiedlichen Monosacchariden erhält man ein Disaccharid.

Saccharose

Hauptartikel: Saccharose

Das häufigste Disaccharid ist die Saccharose (Haushaltszucker). Sie besteht aus Glucose und Fructose. Die Gewinnung erfolgt aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben.

Verwendung:

Ethanol

Die Vergärung von Saccharose aus Zuckerrohr zu Ethanol hat in Brasilien eine große Bedeutung für die heimische Kraftstoffversorgung. In Europa wird auch Saccharose aus Zuckerrüben für die Herstellung von Bioethanol verwendet.

Produkte aus verschiedenen Zwei- und Mehrfachzuckern

Für manche Anwendungen werden Di- oder Oligosaccaride benötigt.

Verwendung:

Alkylpolyglycoside *Hauptartikel: Alkylpolyglycoside*

Alkylpolyglycoside sind Ester aus Fettsäure und Zucker. Der Zucker (Mono- bis Oligosaccharide) dient dabei als hydrophiles Segment, die Kohlenstoffkette der Fettsäure als hydrophober Part dieses nicht-ionischen, biologisch abbaubaren Tensids. Alkylpolyglycoside werden mittlerweile im großtechnischen Maßstab hergestellt und eingesetzt. [8]

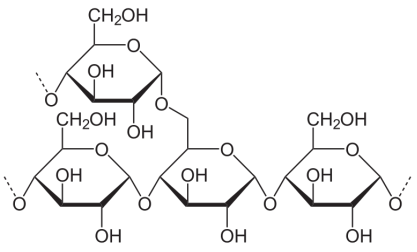
Vielfachzucker

Verschiedene Polysaccharide kommen in der Natur häufig vor und dienen beispielsweise als Energiespeicher (Stärke) oder verleihen Pflanzen ihre Struktur (Cellulose in Pflanzenfasern oder Holz).

Stärke

Hauptartikel: Stärke, Stärke als nachwachsender Rohstoff

Die Stärke ist ein Polymer aus Glucose. Sie besteht aus Amylose, bei der zahlreiche Glucosemoleküle ausschließlich α-1,4-glykosidisch verknüpft ist. Ein weiter Bestandteil ist Amylopektin, das weitgehend wie Amylose aufgebaut ist, jedoch zusätzlich eine geringe Zahl von α-1,6-glykosidische Bindungen zu anderen Amylose- oder Amylopektin-Molekülen enthält. Die Amylase hat eine lineare, spiralige Form, das Amylopektin ist zudem verzweigt. Daher liegt die Stärke nicht, wie z. B. Cellulose, als hochgeordnete Struktur vor und ist daher gut für Enzyme (Amylasen) zugänglich. Daher dient Stärke in Pflanzen als leicht mobilisierbare Energiereserve und liegt in den Zellen körnchenförmig vor. Auch in biotechnologischen Anwendungen kommen Amylasen zum Einsatz, um Stärke in Mono- und Oligomere zu zerlegen und so z. B. zunächst wasserlöslich zu machen.



Stärke besteht aus Amylose und Amylopektin, die unteren 3 Glucosemoleküle sind α-1,4-glykosidisch verknüpft, die Bindung zum oberen Glucosemolekül wird als α-1,6-glykosidisch bezeichnet

Verwendung:

Bioethanol: Stärke aus verschiedensten Pflanzen kann als Rohstoff für die Herstellung von Bioethanol dienen. Für diese Anwendung ist keine Isolierung Stärke notwendig, da durch Destillation der vergorenen Rohstoffe reiner Alkohol gewonnen werden kann.

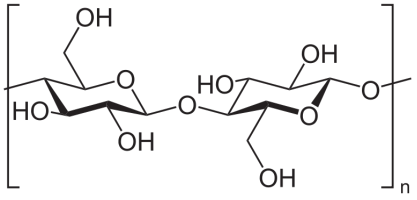
Glucose: Stärke ist ein Homopolymer aus Glucose. Mit Amylasen ist eine Zerlegung in dieses Monomer möglich.

Stärke: Wird Stärke in reiner Form benötigt, kann sie z. B. aus Getreide- und Maiskorn sowie Kartoffeln (Stärke- oder Wirtschaftskartoffeln) gewonnen werden. Sie wird unter anderem bei der Textil-, Klebstoff- und Papierherstellung (Papierstärke) benötigt. Auch Polymere können aus Stärke hergestellt werden (Stärkepolymer).

Cellulose

Hauptartikel: Cellulose

Die Cellulose ist ein Polymer aus Glucose. Durch die β-1,4-glykosidische Verknüpfung bedingt, ist die Cellulose linear. Durch die parallele Anordnung zahlreicher Cellulosemoleküle entstehen Fibrillen mit teilweise kristallinen Bereichen. Diese besondere Struktur findet sich beispielsweise in Pflanzenfasern und verleiht ihnen eine hohe Reißfestigkeit. Holz besteht zu einem großen Teil aus Cellulose, die zusätzlich mit Lignin inkrustiert ist (Lignocellulose).



Cellulose besteht aus β-1,4-glykosidisch verknüpften Glucosemolekülen

Verwendung:

Zellstoff: Eine wichtige stoffliche Anwendung ist die Gewinnung von Zellstoff, der hauptsächlich aus Cellulose besteht. Dieser wird durch Entfernen des Lignins aus Holz gewonnen und als Hauptrohstoff der Papierherstellung eingesetzt.

Cellulose-Ethanol: Für die Herstellung von Cellulose-Ethanol als Biokraftstoff der zweiten Generation sollen künftig auch Pflanzenanteile erschlossen werden, die bisher nicht vergoren werden können. Durch die geordnete Struktur der Cellulose in Pflanzenfasern und durch den Ligninanteile im Holz ist die Zerlegung in Mono- oder Oligosaccharide bisher nicht wirtschaftlich möglich. Die Zerlegung ist notwendig, um die Ethanolgärung mit Hefen durchführen zu können.

Zucker als Bestandteil von Biomasse

Zucker macht meist den größten Anteil von Biomasse aus. Beispielsweise bestehen Pflanzenfasern vor allem aus Cellulose, und auch Holz besteht zu 70 bis 80 % aus den Polysacchariden Cellulose und Hemicellulose. Bei der stofflichen Nutzung von Pflanzenfasern und Nutzholz oder bei der energetischen Nutzung von Stroh, Holz etc. durch Verbrennung werden somit vor allem Zucker eingesetzt.

Siehe auch

- Glycoside

Literatur

- Lubert Stryer: "Biochemie", 4. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg - Berlin - Oxford, 1995, 1125 Seiten

Weblinks

- Rohöl war gestern – Zucker ist morgen [9] von Uta Bilow bei faz.net

Referenzen

[1] *Nachwachsende Rohstoffe: Zucker in den Tank - spektrumdirekt* (http://www.wissenschaft-online.de/artikel/887709). www.wissenschaft-online.de. Abgerufen am 25. Oktober 2009.

[2] *Zucker – ein vielversprechender nachwachsender Rohstoff* (http://www.profil.iva.de/forschung-technik/zucker-2013-ein-vielversprechender-nachwachsender-rohstoff). www.profil.iva.de. Abgerufen am 24. Oktober 2009.

[3] *Alternative Energien: Neuer Sprit aus Stärke und Zellulose - Nachrichten Wissenschaft - WELT ONLINE* (http://www.welt.de/wissenschaft/article963265/Neuer_Sprit_aus_Staerke_und_Zellulose.html). www.welt.de. Abgerufen am 25. Oktober 2009.

[4] Garabed Antranikian: "Angewandte Mikrobiologie", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, 536 Seiten

[5] *Zuckersäuren* (http://www.internetchemie.info/news/2009/jul09/zuckersaeuren.html). www.internetchemie.info. Abgerufen am 25. Oktober 2009.

[6] *Zucker als Rohstoff für die Polyurethan-Herstellung* (http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/109451/). www.uni-protokolle.de. Abgerufen am 25. Oktober 2009.

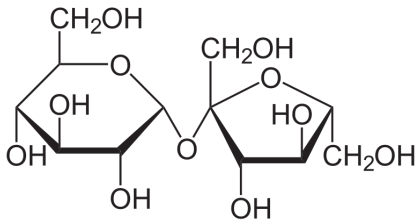
[7] *scinexx* (http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-9119-2008-11-17.html). www.scinexx.de. Abgerufen am 24. Oktober 2009.

[8] *Fats and oils as oleochemical raw materials, von Karlheinz Hill* (http://surfactantspectator.com/documents/Harlheinx Hill on Oleochemicals.pdf). surfactantspectator.com. Abgerufen am 25. Oktober 2009.

[9] http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc~E81D72FB42CB5404AB141391A1F63D1F1~ATpl~Ecommon~Scontent.html

Zuckerpflanze

Als **Zuckerpflanzen** werden Pflanzen bezeichnet, deren Anbau zur Gewinnung von Zucker erfolgt. Die wichtigsten Zuckerpflanzen sind Zuckerrohr und Zuckerrüben. Aus diesen wird das Disaccharid (Zweifachzucker) Saccharose (Haushaltszucker, je nach Herkunft auch Rohr- bzw. Rübenzucker genannt) gewonnen. Dieses besteht aus den beiden glycosidisch verknüpften Monosacchariden (Einfachzuckern) Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker). Das energiereiche Kohlenhydrat Saccharose dient den Zuckerpflanzen als Energiespeicher. Die aus der Pflanze gewonnene Saccharose wird z. B. als Nahrungsmittel oder zur Herstellung von Bioethanol genutzt.



Struktur von Saccharose, links Glucosering, über glycosidische Bindung mit Fructose verknüpft

Als Zucker wird der Haushaltszucker Saccharose bezeichnet. Nach der chemischen Definition fallen aber auch Polysaccharide wie z. B. Stärke darunter. Diese kann in ihr Monomer Glucose zerlegt und für ähnliche Zwecke wie Saccharose verwendet werden. Dennoch wird in diesem Fall nicht von Zucker- sondern von Stärkepflanzen gesprochen.

Zuckerpflanzen

In tropischen Regionen ist Zuckerrohr die verbreitetste Zuckerpflanze, während in den gemäßigten Breiten vor allem Zuckerrüben angebaut werden. Daneben findet sich eine Vielzahl weiterer, weniger bedeutender Zuckerpflanzen:

- Zuckerrohr
- Zuckerrübe
- Zuckerpalme
- Zuckerahorn
- Zuckerhirse
- Silber-Dattelpalme
- Honigpalme
- Palmyrapalme
- etc.

Zuckerrübe (*Beta vulgaris*)

Geschichte

Bevor Menschen begannen, Zucker aus Pflanzen zu isolieren, waren Honig und konzentrierte Fruchtsäfte die einzigen Möglichkeiten, Nahrungsmittel zu süßen. Der Anbau von Zuckerrohr begann nach neuerer Forschung um 8.000 v. Chr. in Neu Guinea und gelangte von dort nach Indien. Etwa um 5.000 v. Chr. begann man mit der Herstellung von Sirup aus dem Zuckerrohrsaft und um 200-400 n. Chr. in Indien mit der Produktion von Kristallzucker.[1] Neben Zucker aus Zuckerpflanzen dienen seit den 1970er Jahren auch zunehmend Stärkepflanzen der Zuckergewinnung. Vor allem Stärke aus Mais, Kartoffeln und Weizen wird zur Gewinnung von Glucosesirup genutzt.[2] Zucker, wie z. B. Glucose und daraus abgeleitete Polysaccharide wie Stärke und Cellulose, machen meist den größten Teil der pflanzlichen Biomasse aus. Saccharose und Stärke dienen den Pflanzen als Reservestoff.

Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*)

Anbau und Verarbeitung

→ *Hauptartikel: Zuckerfabrikation*

Zuckerfabrik in Klein Wanzleben

Saccharose ist wasserlöslich und liegt innerhalb der Pflanzenzellen in Vakuolen gespeichert vor. Durch Pressen oder Auslaugung mit warmen Wasser wird der Zucker extrahiert. Bis zur Kristallisation sind verschiedene Aufbereitungsschritte notwendig. Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*) ist eine mehrjahrige Pflanze, die mehrfach geerntet werden kann, dabei werden die Stengel der Pflanze gewonnen und der darin enthaltene Zuckersaft durch Auspressen extrahiert. Zuckerrüben (*Beta vulgaris*) sind zwar zweijährige Pflanzen, jedoch erfolgt die Ernte bereits im Aussaatjahr. Die Rübe wird in der Zuckerfabrik zerkleinert und der enthaltene Zucker durch Auslaugung extrahiert.

Zuckerrüben

Nutzung

→ *Hauptartikel: Zucker, Zucker als nachwachsender Rohstoff*

Ein großer Teil des Zuckers dient der Verwendung in Nahrungsmitteln. Zuckerpflanzen liefern mit dem Zucker aber auch einen nachwachsenden Rohstoff, der z. B. für Fermentationszwecke stofflich genutzt werden kann oder der Energiebereitstellung durch Vergärung zu Bioethanol dient. Nebenprodukte der Zuckerherstellung, wie z. B. die Bagasse aus Zuckerrohr, können durch Verbrennung energetisch genutzt werden. Andere Anteile, z. B. Melasse aus der Zuckerrübenverarbeitung, enthalten Zucker und andere Nährstoffe, so dass eine Nutzung als Viehfutter erfolgt.

Eine weitere, bisher wenig verbreitete Nutzungsmöglichkeit ist die Erzeugung von Biogas aus Zuckerpflanzen. Insbesondere die Zuckerrübe wird derzeit auf ihre Eignung als Substrat für Biogasanlagen überprüft.[3]

Weblinks

- Wirtschaftliche Vereinigung Zucker - Verein der Zuckerindustrie [4]

mit Schätzung der Ernte/ Erzeugung 2009/10 (Deutschland) [5]

Referenzen

[1] H. Schwenk, M. Clarke, G. Pollach: *Sugar*. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim 2007, doi: 10.1002/14356007.a25_345.pub2 (http://dx.doi.org/10.1002/14356007.a25_345.pub2)

[2] G. Franke (Hrsg.): Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen, Band 3: Spezieller Pflanzenbau, Ulmer Verlag, Stuttgart-Hohenheim 1994, S. 409 ff., ISBN 3-8001-2667-2

[3] KWS: "Biogas auch aus Zuckerrüben" (http://www.landundforst.de/index.php?redid=200682) LAND & Forst, 11.12.2007, abgerufen am 08.12.2009

[4] http://www.zuckerverbaende.de/

[5] http://www.zuckerverbaende.de/1_1_1_766.html

Zuckerrohr

Zuckerrohr
Zuckerrohrpflanze
Systematik
Commeliniden *Ordnung:* Süßgrasartige (Poales) *Familie:* Süßgräser (Poaceae) *Unterfamilie:* Panicoideae *Gattung:* *Saccharum* *Art:* Zuckerrohr
Wissenschaftlicher Name
Saccharum officinarum
L.

Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*) ist eine Pflanze aus der Familie der Süßgräser (Poaceae) und wird dort der Unterfamilie Panicoideae mit etwa 3270 weiteren Arten zugeordnet.

Beschreibung

Zuckerrohr ist eine einkeimblättrige Pflanze (Monokotyledone) mit dem für Poacea typischen, grasartigen Erscheinungsbild. Die Halme haben einen Durchmesser von 20 bis 45 mm und erreichen eine Höhe von 3 bis 6 Metern. Sie besitzen Rhizome, rispenförmige Blüten von 40 bis 60 cm und Früchte mit etwa 1,5 mm Länge.[1]

Geschichte

Anfänge

Die Geschichte der Nutzung des Zuckerrohrs begann um das 5. Jahrhundert v. Chr. im ostasiatischen Raum, der auch als Ursprung der Pflanze gilt. Durch Handel gelangte diese Pflanze um das 1. Jahrhundert nach Christus allmählich in den Nahen Osten. Man entdeckte, dass der Zuckersaft kristallisiert viel länger haltbar und leichter zu transportieren ist. Wegen der schwierigen Verarbeitung war Zucker um diese Zeit sehr rar und kostete den Käufer (Mittelstandsbürger) pro Kilogramm zwei volle Monatslöhne. Erst sehr viel später, um 1500, begannen die Europäer mit dem Anbau der damals einzigen zuckerliefernden Pflanze in den neugewonnenen Kolonien Lateinamerikas. Bereits auf seiner zweiten Reise im Jahre 1493 brachte Christoph Kolumbus einige Zuckerrohr-Pflanzen auf die Karibikinsel Hispaniola.[2]

Bis zur Züchtung der Zuckerrübe aus der Runkelrübe Mitte des 18. Jahrhunderts war das Zuckerrohr die einzige Quelle, um Zucker zu gewinnen. Als ursprüngliche Herkunftsgebiete werden Inselindien, aber auch Neuguinea und China angegeben, die genaue genetische Herkunft ist aber unklar. Der deutsche Botaniker Johann Gerhard König berichtete 1779 vom Anbau von Zuckerrohr in Süd-Thailand, bereits vorher war es in den thailändischen Provinzen Ayutthaya, Phitsanulok und Kanchanaburi verbreitet.[3]

Im Mittelmeergebiet war das Zuckerrohr schon während der Römerzeit bekannt. Es erfuhr eine weitere Verbreitung durch die Araber und Mauren und wurde ab 1493 von Spaniern und Portugiesen mit der entstehenden Plantagenwirtschaft auf den Kanaren und in Mittel- und Südamerika etabliert. Die Portugiesen brachten es auch nach Westafrika in die Bucht von Benin.

Plantagenwirtschaft in der Karibik und in den USA

Nach der Einführung durch Columbus entwickelte sich die Karibik seit dem 16. Jahrhundert zur Hauptanbauregion für Zuckerrohr und Rohrzucker zum Hauptaußenhandelsprodukt der europäischen Karibik-Kolonien. Dieser wurde im Atlantischen Dreieckshandel gegen afrikanische Sklaven getauscht, die in den karibischen Zuckerrohrplantagen zu Tausenden als Arbeitskräfte eingesetzt wurden. Das Interesse Frankreichs am karibischen Zuckerrohrgeschäft war so groß, dass es 1763 seine territorialen Ansprüche in Kanada aufgab, um von den Briten im Gegenzug als Mutterland der Inseln Guadeloupe, Martinique und St. Lucia anerkannt zu werden. Ähnlich verzichteten die Niederlande, um ihre Herrschaft in Suriname zu sichern, auf die Rückgabe ihrer nordamerikanischen Kolonie Nieuw Nederland von England.[4]

Verantwortlich für die Einführung des Zuckerrohranbaus auf dem nordamerikanischen Festland waren die Franzosen, die die Pflanze zu Beginn des 18. Jahrhunderts in ihre Kolonie Louisiana brachten. Die Anbauer begannen allerdings erst in den 1750er Jahren, sich dafür zu interessieren. Viele von ihnen waren 1804 aus Saint-Domingue geflohen. Im Zeitraum von 1796 bis 1800 stellten sich in Louisiana, wo bis dahin vor allem Tabak und Indigo angebaut wurde, mindestens 60 Plantagen auf Zuckerrohr um. In dieser Zeit bescherte die Pflanze ihren Anbauern erstmals Reichtum, und in den 1810er und 1820er Jahren wurde sie zu einem Hauptanbauprodukt von Louisiana. Dieses war inzwischen Teil der Vereinigten Staaten und bis zum Sezessionskrieg (1861-1865) bedeutendster nationaler Zuckerrohranbauer. Louisiana war für den Zuckerrohranbau eigentlich wenig geeignet, und die Pflanze gedeiht tatsächlich nur in einigen Teilen im Süden des Bundesstaates. Nach dem Ende des amerikanischen Unabhängigkeitskrieges (1775-1783) und der Anerkennung der USA durch Großbritannien waren der Unternehmungsgeist der Pflanzer und die Zahl der verfügbaren Sklaven hier jedoch so groß, dass dieser Nachteil

leicht ausgeglichen werden konnte. Anders als auf den Baumwollplantagen, wo Frauen im selben Umfang eingesetzt wurden wie Männer, legten die Zuckerpflanzer Wert auf junge männliche Arbeitskräfte. Die Arbeit auf den Zuckerrohrplantagen war außerordentlich hart und die Lebenserwartung der hier beschäftigten Sklaven war gering. Auf eine relativ kurze Wachstumsperiode, die allerdings ständige Fürsorge verlangte, folgte die Mahl-, Koch- und Reinigungssaison, in der die Sklaven fast rund um die Uhr arbeiten mussten. Mechanisiert wurden diese Prozesse erst seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. In Florida, das neben Louisiana heute das zweite wichtige Zuckerrohranbaugebiet der USA ist, begann der Zuckerrohranbau großen Stils erst nach dem Sezessionskrieg.[5]

Heutige Bedeutung

Heute wird Zuckerrohr weltweit angebaut und stellt etwa 55 % der Zuckerproduktion. Hauptanbauländer (Produktion 2005 in 1.000 t) sind

- Brasilien (420.121)
- Indien (232.320)
- China (92.130)
- Thailand (49.572)
- Pakistan (47.244)
- Mexiko (45.127)[6]

Rohrzucker kann auf dem Weltmarkt billiger als Rübenzucker angeboten werden. In der EU war er lange Zeit wegen der Europäischen Zuckermarktordnung, welche den heimischen Markt durch Zölle, Quoten und Subventionen schützen sollte, nicht gegen den in der EU produzierten Rübenzucker konkurrenzfähig. Die Welthandelsorganisation (WTO) verordnete in 2004 eine Öffnung des europäischen Marktes, was zu einer weiteren Zunahme der Bedeutung von Rohrzucker führte.[7] Von 2004 bis 2008 nahm die Zuckerrohrernte von rund 1,34 Mrd. t um fast 30 % auf 1,74 Mrd. t zu.[8]

Anbau

Zuckerrohr-Ernte ohne Maschinen

Der Anbau des Zuckerrohrs geschieht über Stecklinge. Halmstücke aus dem unteren Bereich der „Zuckerrohrhalme“, die zwei bis vier Knoten aufweisen. Sie werden je nach Technisierungsgrad entweder manuell oder maschinell reihenweise dicht hintereinander in den Boden gelegt und angehäufelt, sodass die Halmstücke leicht mit Boden bedeckt sind. Der Reihenabstand beträgt 1,2 bis 1,5 m. Innerhalb der Reihe wird der Abstand so gewählt, dass letztlich 15.000-20.000 Stecklingen pro Hektar gesetzt werden. Nach ein bis zwei Wochen treiben die Stecklinge aus, das heißt sie bilden Wurzeln und treiben an den Augen (Knospe) neue Halme (Rohre) aus. Rund 3 bis 6 Monate Wachstumszeit benötigt der Bestand bis zum Reihenschluss.

Die erste Ernte, das Schneiden des Rohrs, kann 9 bis 24 Monate nach dem Auspflanzen erfolgen. Der Erntezeitpunkt richtet sich nach Zuckergehalt und Reifegrad. Die Halme werden direkt über dem Boden abgeschnitten und am oberen Ende der zuckerlose Blattapparat entfernt. Dies geschieht häufig noch per Hand oder aber mit Zucherrohrerntemaschinen. Die “Halmstümpfe” schlagen wieder aus und nach weiteren 12 Monaten kann die nächste Ernte geschnitten werden. Ein Zuckerrohrbestand kann bis zu 8 Male beerntet werden. In Indien beträgt die Nutzungsdauer z. B. 2 Schnitte, in Brasilien dagegen 5 Schnitte. Eine Zuckerrohrpflanze kann bis zu 20 Jahre alt werden.

Die Arbeitsbedingungen auf den Zuckerrohrfeldern sind teilweise problematisch. Häufig werden Kinder als Arbeitskräfte eingesetzt; geringe Bezahlung ist in den Regionen des Zuckerrohranbaus ohnehin an der

Tagesordnung. Brasilianische Plantagenarbeiter bekommen etwa 1,4 Reais (ca. 60 Euro Cents - Stand Juni 2007) pro gehackter Tonne Zuckerrohr. Die Tagesleistung liegt bei guten Arbeitern bei circa 15 - 20 Tonnen.

Nutzung

Zuckerrohr wird hauptsächlich für die Gewinnung von Zucker genutzt. Aus dem Rohr wird der Zuckersaft gepresst. Als Nebenprodukt bleibt der faserige Anteil zurück, die Bagasse, die ebenfalls Verwendung findet. Daneben wird auch die unverarbeitete Pflanze bzw. Pflanzenteile und -anteile für verschiedene Zwecke eingesetzt.

Zuckerrohr-Pflanze (*Saccharum officinarum*), Illustration aus Koehler 1887

Zuckersaft

(siehe Artikel Zuckerfabrikation und Bioethanol)

Im Zuckerrohr finden sich Zucker - überwiegend Saccharose - mit einem Anteil im Mark von bis zu 18 %. Der durch Pressen gewonnene Zuckersaft wird durch Kristallisation und Raffination zu Rohrzucker verarbeitet. Neben der Erzeugung des Grundnahrungsmittels Zucker ist Zuckerrohrsaft. frisch gepresst und gekühlt, auch zur Herstellung von Getränken beliebt. In Kuba oder Spanien wird Zuckerrohrsaft als *guarapo*, in Brasilien als *caldo de cana* oder *garapa* bezeichnet. In den arabischen Ländern heißt dieses Getränk قصب qaṣab, dialektal (z. B. in Ägypten und der Levante) ʾaṣab. Auch verschiedene Spirituosen werden aus dem Saft erzeugt. In Paraguay z. B. wird aus dem vergorenen Zuckerrohrsaft ein Schnaps gebrannt, der nach Zusatz von Zuckerkulör bzw. Karamell als *caña* bezeichnet wird. In Kolumbien wird aus Zuckerrohr und Anis Aguardiente gebrannt. In Brasilien basiert der Cocktail Caipirinha auf dem Zuckerrohrschnaps Cachaça. Rum dagegen wird meist aus der Zuckerrohr-Melasse, dem immer noch zuckerhaltigen Restsirup, der bei der Zuckerproduktion übrigbleibt, hergestellt.

Eine stark wachsende Bedeutung hat Bioethanol aus Zuckerrohr als Kraftstoff bzw. Biokraftstoff. Dieser wird, wie die Zuckerrohrspirituosen, durch Fermentation von Zucker im Zuckerrohrsaft oder der Melasse zu Alkohol umgesetzt. Bei der anschließenden Destillation wird daraus fast reiner Alkohol gewonnen, der in bestimmten Verbrennungsmotoren (Flexible Fuel Vehicle) nutzbar ist. Beispielsweise werden in Brasilien jährlich ungefähr 16 Milliarden Liter Ethanol produziert und zum großen Teil als PKW-Kraftstoff, aber auch für Flugzeuge, wie dem propellerbetriebenen Agrarflugzeug Embraer EMB 202A, genutzt.

Bagasse

(siehe Artikel Bagasse)

Bei der industriellen Zuckerfabrikation bleiben neben dem Saft der Pflanze große Mengen faseriger Bestandteile, die Bagasse, übrig. Etwa 30 % der Bagasse werden als Brennstoff innerhalb der Zuckerproduktion genutzt. Die restlichen 70 % sind ein geschätzter Rohstoff und werden verschiedenen Verwendungen zugeführt:

Bagasse, Zuckerrohr nach der Extraktion

- als Brennstoff zur Energiegewinnung (Elektrizität).[9] Die Insel Mauritius erzeugt schon 30 % ihrer elektrischen Energie durch die Verbrennung von Bagasse.
- als Brennstoff, z. B. als Brikett im Haushalt.
- als spanplattenähnlicher Werkstoff zur Möbelfertigung aber auch in der Automobilindustrie, beispielsweise für Türverkleidungen.
- Auf Grund des hohen Zellulosegehalts dient Bagasse ebenfalls als Grundstoff zur Herstellung von Papier und Kartonagen und Verpackungsmaterialien.
- klassisch, als Viehfutter für Wiederkäuer wie Schafe, Ziegen und Rinder.
- In der chemischen Industrie als Basis zur Herstellung von Furfural und anderen Chemikalien als Xylan.

Zuckerrohrhäcksel als Ziegenfutter, Ort: Tijucas, Brasilien

Pflanze

Ein wichtiger Einsatzbereich von - insbesondere gehäckseltem - Zuckerrohr ist seine Verwendung als Viehfutter. Im Unterschied zu Bagasse ist im gehäckselten Zuckerrohr noch der Zuckersaft enthalten, hierdurch ist dieses Futter wesentlich wertvoller als Bagasse.

Zuckerrohr war berühmt für seine zahnpflegenden Eigenschaften. In alten Reiseberichten aus dem 19. Jahrhundert wurde immer wieder beschrieben, was für ausgezeichnete Zähne die Plantagenarbeiter oder indigene Bevölkerung hätten, was auf das Kauen des Zuckerrohrs zurückgeführt wurde. Es erscheint paradox, dass eine zuckerhaltige Pflanze zahnpflegende Effekte hat – dies ist wohl auf die „Bürstenfunktion“ der rauen Pflanzenteile zurückzuführen. Da das frische Rohr nicht sehr lange haltbar ist, geriet dieser Aspekt der Pflanze wieder in Vergessenheit. In ländlichen Gegenden wird allerdings weiterhin während der Zuckerrohrernte Zuckerrohr gekaut.

Aus Zuckerrohr kann ein Wachs (Policosanol) gewonnen werden, das teilweise auch industriell genutzt wird.

Gentechnik

Im August 2009 gaben BASF und das brasilianische Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) eine Kooperation bekannt, bei der mit Hilfe der Gentechnik innerhalb von 10 Jahren trockentolerante und herbizidresistente Sorten erzeugt werden sollen, von denen 25% höhere Erträge erwartet werden.[10]

Bilder

Links und rechts Zuckerrohr-Plantagen auf Kuba.

Zuckerrohrfeld auf Madeira, Portugal.

Geerntetes Zuckerrohr.

Das nahe der Hauptstadt Santo Domingo in der Dominikanischen Republik geerntete Zuckerrohr wird in eine Zuckerrohrfabrik nach La Romana transportiert.

Brauner Rohrzucker.

Zuckerrohr im Straßenverkauf in Sanya (Hainan)

Literatur

- Henry Hobhouse: *Sechs Pflanzen verändern die Welt. Chinarinde, Zuckerrohr, Tee, Baumwolle, Kartoffel, Kokastrauch.* Klett-Cotta, Hamburg 2001 (4. Aufl.). ISBN 3-608-91024-7 (spannend zu lesende Geschichte mit komplett anderer Perspektive)
- Christoph Maria Merki: *Zucker gegen Saccharin. Zur Geschichte der künstlichen Süßstoffe.* Campus, Frankfurt a.M.-New York 1993. (Diss. Bern 1990) ISBN 3-593-34885-3 (über die Geschichte des Wettbewerbs zwischen natürlichen und künstlichen Süßungsmitteln)

Weblinks

- taz-Artikel über den Boom des Zuckerrohr-Anbaus in Brasilien und die Auswirkungen auf die Armut [11]

Referenzen

[1] GrassBase - The Online World Grass Flora: [*Saccharum officinarum* (http://www.kew.org/data/grasses-db/www/imp09052.htm),Clayton, W.D., Harman, K.T. and Williamson, H., abgerufen am 15. März 2010

[2] Kathleen Deagan and José María Cruxent: *Columbus's Outpost among the Taínos*. Yale University 2002. ISBN 0-300-09040-4.

[3] Barend Jan Terwiel: *through Travellers' Eyes : an approach to early nineteenth-century Thai history*. Bangkok: Duang Kamol 1989. ISBN 974-210-455-7.

[4] Sugar and Slavery: Molasses to Rum to Slaves (http://www.slaveryinamerica.org/history/hs_es_sugar.htm); The Sugar Trade in the West Indies and Brazil Between 1492 and 1700 (http://bell.lib.umn.edu/Products/sugar.html); The Sugar & Slave Trades (http://www.ucalgary.ca/applied_history/tutor/eurvoya/Trade.html)

[5] Sugar and Slavery: Molasses to Rum to Slaves (http://www.slaveryinamerica.org/history/hs_es_sugar.htm); Antebellum Louisiana: Agrarian Life (http://lsm.crt.state.la.us/cabildo/cab9.htm); Zuckerrohranbau in Florida (http://www.southernmatters.com/sugarcane/operations-croleyd.htm); Ira Berlin: *Generations of Captivity: A History of African-American Slaves*, Cambridge, London: The Belknap Press of Harvard University Press, 2003, ISBN 0-674-01061-2, S. 146f, 179f

[6] BFAI Mexikos Zuckerindustrie unter Zugzwang (http://www.bfai.de/ext/Export-Einzelsicht/DE/Content/__SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument,templateId=renderPrint/MKT20060823112400.pdf), 24. August 2006

[7] Süddeutsche Zeitung: "Rohr schlägt Rübe", 10. März 2010

[8] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) *FAOSTAT - Production - Crops* (http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor), Datenbank zu statistischen Informationen im Bereich Landwirtschaft, abgerufen am 15. März 2010

[9] "Sugar cane instead of oil", Unternehmenseigene Darstellung eines Projektes zur energetischen Bargassenutzung (http://corporate.lanxess.com/ecology/climate-protection/renewable-resources/sugar-cane/) 11. November 2009

[10] CTC und BASF unterzeichnen Kooperationsvereinbarung für Zuckerrohr (http://www.basf.com/group/pressemitteilungen/P-09-147)

[11] http://www.taz.de/pt/2006/08/31/a0139.1/textdruck

Zuckerrübe

Zuckerrübe
 Zuckerrübe (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*)
Systematik
Ordnung: Nelkenartige (Caryophyllales) *Familie:* Fuchsschwanzgewächse (Amaranthaceae) *Gattung:* Rüben (*Beta*) *Art:* Rübe (*Beta vulgaris*) *Unterart:* *Beta vulgaris subsp. vulgaris* *Varietät:* Zuckerrübe
Wissenschaftlicher Name
Beta vulgaris subsp. vulgaris var. altissima
Döll

Zuckerrübe (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*), Illustration

Zuckerrüben

Die **Zuckerrübe** (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*) ist eine landwirtschaftliche Kulturpflanze und gehört zur Familie der Fuchsschwanzgewächse (Amaranthaceae). Sie stammt wie andere Rüben von der Gemeinen Rübe (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) bzw ursprünglich von der Wild-Bete (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*) ab und wurde züchterisch auf einen stark erhöhten Gehalt an Zucker (Saccharose (Haushaltszucker)) hin verändert. Die Zuckerrübe ist die bedeutendste Zuckerpflanze der gemäßigten Breiten. Bei der Zuckerherstellung fallen Nebenprodukte an, die als Futtermittel oder Substrat für Fermentationen verwendet werden.

Zunehmend ist die Bedeutung von Zuckerrüben als Nachwachsender Rohstoff, z. B. zur Herstellung von Bioethanol[1] und Biogas.[2]

Biologie

Die Zuckerrübe ist eine zu den Fremdbefruchtern zählende zweijährige Pflanze. Sie bildet also erst im zweiten Jahr einen Blütenstand und Samen aus.

Im ersten Jahr entwickelt sie im vegetativen Entwicklungsstadium oberirdisch eine Blattrosette mit etwa 20 breitflächigen, bis zu 30 cm langen Laubblättern und die Wurzel verdickt sich zu einem weißen Rübenkörper. Die Zuckerrübe ist ein Pfahlwurzler, ihre Wurzeln können bis zu anderthalb Meter tief in den Boden reichen.

Die Ernte erfolgt im ersten Vegetationsjahr, da in diesem Zeitraum die Speicherung von Reservestoffen erfolgt und damit der Zuckergehalt, der den wirtschaftlichen Nutzen bestimmt, am höchsten ist. Zum Erntezeitpunkt hat die Rübe ein Gewicht von ca. 700 bis 1200 g. Der höchste Zuckergehalt konzentriert sich im Mittelstück der Rübe.

Im zweiten Jahr, der generativen Phase, entsteht ein etwa 1,5 m hoher verzweigter Blütenstand mit unscheinbaren fünfzähligen Blüten. Durch Spätfröste oder durch längere Perioden mit Temperaturen zwischen 0 und 8 Grad Celsius nach der Aussaat kann bereits im ersten Jahr eine Vernalisation erfolgen, die zu den unerwünschten Schossern führt. Diese wirken sich störend auf die maschinelle Ernte aus und verursachen Mindererträge, da die Rübenkörper klein bleiben und somit einen geringen Zuckerertrag liefern. Da sie außerdem mehrere hundert keimfähige Samen im Boden hinterlassen, die lange im Boden überdauern können ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren, gefährden sie auch den zukünftigen Rübenanbau auf der gleichen Fläche. Sie müssen deshalb schon vor der Blüte entfernt werden.

Die Zuckerrübe wird vorwiegend im gemäßigtem Klimabereich kultiviert. Hauptverbreitungsgebiet ist Europa, aber auch in den USA, in Kanada und in Asien wird sie angebaut. Für einen hohen Ertrag benötigt die Zuckerrübe gemäßigte Temperaturen, viel Licht, viel Wasser, tiefgründige nährstoffreiche Böden mit guter Wasserführung. Der Wasserbedarf der Zuckerrübe ist besonders im Juli und August hoch. Im Jugendstadium ist die Pflanze

frostempfindlich.

Geschichte

Der Chemiker Andreas Sigismund Marggraf wies 1747 erstmals den Zuckergehalt der Runkelrübe nach. 1801, nach der erfolgreichen Selektion der *weißen schlesischen Rübe,* schuf der Physiko-Chemiker Franz Carl Achard auch die Grundlagen der industriellen Zuckerproduktion. Die erste Rübenzuckerfabrik der Welt entstand in Cunern (Schlesien).

Um 1850 begann mit der Einführung des Wanzleber Pflugs und der Drillmaschine die Mechanisierung des Zuckerrübenanbaus.

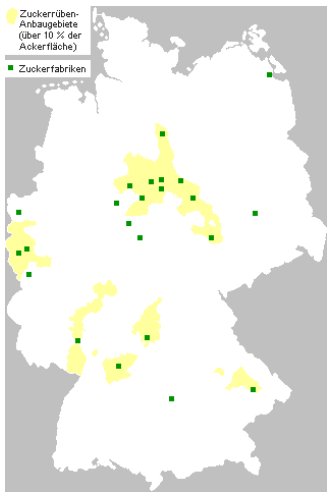
Entstehung

Die Zuckerrübe entstand gegen Ende des 18. Jahrhunderts durch Züchtung aus der Runkelrübe, wobei gezielt auf einen hohen Zuckergehalt selektiert wurde. Dadurch konnte der Zuckergehalt von anfänglich 8 % auf 16 % (um 1800) gesteigert werden. Heutige Zuckerrüben haben einen Zuckergehalt von 18 bis 20 %. Zucker ist ein energiereiches Produkt der Photosynthese und dient der Pflanze als Speichersubstanz.

Anbau

Der Anbau der Zuckerrübe ist dort, wo die Verhältnisse ihn gestatten, sehr lohnend, stellt aber besonders hohe Ansprüche an die Beschaffenheit, Düngung und Bearbeitung des Bodens. Je trockener das Klima, desto mehr verlangt die Rübe einen tiefgrundigen, frischen Boden mit reichlichem Nährstoffvorrat. Am besten eignen sich humose Lehm- und Lössböden, ungeeignet sind arme, trockene Sandböden, zähe Tonböden und alle flachgrundigen, nassen Bodenarten.

Um den Anbau der Zuckerrübe möglichst wirtschaftlich zu gestalten, steht den Anbauern heute eine intensive Beratung (z.B. Landwirtschaftlicher Informationsdienst Zuckerrübe) zur Verfügung. Die Beratung umfasst die Bereiche Bodenbearbeitung, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte, Lagerung usw.



Lage der großen Zuckerrüben-Anbaugebiete sowie der Zuckerfabriken in Deutschland

Saat

Einzelkornsägerät für Zuckerrüben

Man baut die Zuckerrübe gern nach gedüngtem Wintergetreide, stürzt die Stoppel sobald wie möglich, pflügt nach einigen Wochen tief und eggt und walzt im Frühjahr. Will man frisch düngen, so muss der Dünger sehr zeitig im Herbst in den Boden gebracht werden. Von den mineralischen Düngemitteln stehen Phosphate in erster Reihe. Da die Vegetationszeit 26-30 Wochen dauert, sät man so früh wie möglich, Ende März oder Anfang April und zwar aufs flache Land oder in Kämme, in Reihen oder in Tüpfeln als Dippelsaat. Je reicher der Boden, desto enger muss gebaut werden, um nicht zu große Rüben zu erhalten. Bei der Reihensaat gibt man einen Abstand von 30-50 cm, die Tüpfelsaat wird in der Regel mit der Dibbelmaschine ausgeführt. Man braucht hierbei 9-10, bei der Drillsaat 15-20 kg Kerne pro Hektar. Eventuelle Verkrustung des Bodens vor Aufgehen der Saat wird durch Überfahren mit einer Stachelwalze beseitigt, später hackt man zwei- oder dreimal und lässt schließlich ein leichtes Behäufeln folgen. Nach dem ersten Hacken werden die Rüben auf 18-20 cm vereinzelt, und man erleichtert diese Arbeit bei der Reihensaat, indem man querüber mit der Pferdehacke durchzieht. Von den übrigbleibenden Pflanzen zieht man alle bis auf die stärksten aus und legt sie zwischen die Reihen, um das Aufkommen des Unkrauts zu verhindern.

Die Aussaat erfolgt Mitte März bis Anfang Mai. Technisch aufwendig aufbereitetes Saatgut wird als Einzelkornsaat mit Einzelkornsämaschinen in Reihen im Abstand von 45 cm bzw. 50 cm und einer Tiefe von 2 bis 3 cm ausgebracht, dabei wird ein Bestand von 7 – 11 Pflanzen pro m² erreicht.

In jüngster Zeit werden Rüben vereinzelt auch in Schlitzsaat gesät. Dabei handelt es sich um ein spezielles Verfahren der Einzelkornsaat, bei dem der Boden ausschließlich in der bis zu einer Tiefe von 25 cm Saatreihe gelockert wird. Dies geschieht durch Zinkenschare, die vor der Drillmaschine angeordnet sind. Die Vorteile gegenüber der herkömmlichen Mulchsaat mit Saatbettbereitung im Frühjahr sind nach ersten Erkenntnissen ein gleichmäßigeres Auflaufen der Saat, hohe Energieeffizienz und geringer Arbeitsaufwand pro Hektar so wie ein guter Schutz vor Bodenerosion. Möglicherweise verbessert dieses Verfahren auch die Wassereffizienz in der Vegetationsphase.[3]

Ernte

Zuckerrübenernte in der Magdeburger Börde 1948

Rübengabel

Rübenheber

Die Ernte erfolgt ab Mitte September bis Mitte November, wobei eine spätere Ernte bei guter Witterung Vorteile hat, da der Zuckergehalt bei längerer Vegetationszeit steigt. Die Rübenerntezeit nennt man auch Kampagne.

Zuckerrübenvollernter

Früher wurden Zuckerrüben durch Handarbeit geerntet. Man schnitt Kopf und Blätter ab und stach die Rüben dann heraus oder man stach sie erst heraus und entfernte dann mit einem Messer Kopf und Blätter. Zum Herausstechen verwendete man einen Spaten, eine Gabel oder den Rübenheber. Die Rübenblätter wurden als Viehfutter verwendet. Die herausgestochenen Rüben wurden von der an ihnen haftenden Erde befreit. Die gesäuberten Rüben wurden dann entweder per Hand oder mit einer Rübengabel auf einen Anhänger geladen und zur weiteren Verarbeitung in die Zuckerfabrik transportiert.

Rübensammler

Auch heute noch erfolgt der Erntevorgang in drei Arbeitsschritten, dem Entfernen des Blattwerks und des Rübenkopfs, dem Herausholen der Rübe aus dem Boden und dem Aufnehmen der Rübe vom Boden. Es gibt die Möglichkeit, die ersten beiden Arbeitsschritte von einer Maschine und das Aufsammeln von einer zweiten Maschine erledigen zu lassen, oder alle Arbeitsschritte mit einer Maschine, dem Rübenvollernter, auszuführen. Diese Maschinen gibt es entweder in einer selbstfahrenden Variante oder zum Betrieb an einem Traktor. Die Blätter der Rüben werden beim Entfernen gleich gehäckselt und dann entweder auf dem Feld belassen, zur Düngung oder direkt auf einen Anhänger verladen und als Futter verwendet.

Die Erträge liegen bei 400–700 dt/ha (dt = Dezitonne = 100 kg), was die Produktion von rund 10 t Zucker ermöglicht.

Verwendung

(siehe Artikel Zucker, Zuckerfabrik, Zuckerfabrikation, Zuckerherstellung)

Die Zuckerrübe wird als Rohstoff für die industrielle Zuckerfabrikation (Saccharose) angebaut. Die Zuckerausbeute beträgt etwa 16–17 % der eingesetzten Rübenmasse.

Als Nebenprodukt fällt bei der Ernte Rübenblatt an, das zum größten Teil als Gründüngung wieder in den Boden eingearbeitet wird. In geringem Umfang wird das Rübenblatt auch als Futter für Rinder verwendet.

Ein weiteres industrielles Nebenprodukt ist ein per Kristallisation entzuckerter, aber noch immer stark zuckerhaltiger und nährstoffreicher Sirup, die Melasse. Sie dient unter anderem der industriellen Alkoholgewinnung durch Vergärung, aber auch als Nährmedium für die biotechnolgische Herstellung anderer Produkte, wie z. B. Backhefe oder Zitronensäure in der Weißen Biotechnologie. Außerdem wird sie in der Futtermittelindustrie verwendet. Das aus der Weiterverarbeitung der Melasse entstehende, weitestgehend zuckerfreie Nebenprodukt ist die Vinasse, die ebenfalls als Futterzusatz und Düngemittel genutzt wird.

Als Rückstände der Zuckerherstellung fallen die ausgelaugten Rübenschnitzel, die noch einen hohen Zuckeranteil besitzen und daher als Futtermittel Verwendung finden.

Zuckerrübensirup (*Rübenkraut*), teilweise auch Melasse, wird als Brotaufstrich gegessen, vor allem in den Anbaugebieten. *Rübenkraut* ist aber auch deutschlandweit im Handel erhältlich.

Neben der Verwendung als Tierfutter werden Zuckerrüben vermehrt als Nawaro, z. B. für die Gewinnung von Ethanol (Bioethanol) verwendet.[1] Ebenso zeichnen sich Zuckerrüben als energiereiches und schnellvergärbares Substrat für die Erzeugung von Biogas aus.[2]

Wirtschaftliche Bedeutung

Zuckerrübenberg (Miete) nach der Ernte

Die Anteil der Zuckerrübe als Rohstoffquelle zur Gewinnung von Zucker hat in den vergangenen Jahrzehnten nachgelassen. Im Wirtschaftsjahr 2005/06 wurden 109,4 Mio. t (74 %) aus Zuckerrohr und 38,3 Mio. t (26 %) aus Zuckerrüben produziert. In den 1960er Jahren lag das Verhältnis noch bei 57 % Rohr- und 43 % Rübenzucker. Die absolut produzierte Menge Rübenzucker blieb aber relativ stabil durch eine insgesamt stark wachsende Zuckerproduktion.[4] In der EU werden ca. 112 Millionen Tonnen Rüben pro Jahr produziert, aus welchen die europäische Zuckerindustrie 13–15 Millionen Tonnen Kristallzucker gewinnt. In nahezu allen europäischen Ländern wird Zucker aus Zuckerrüben hergestellt. Dabei sind Deutschland, mit etwa 400.000 Hektar, sowie Frankreich und Polen die Hauptproduzenten.[5] Fast 90 Prozent des in Europa konsumierten Zuckers stammen heute aus heimischem Anbau. Dies hat seinen Grund zu einem großen Teil in den Schutzzöllen der EU, die den einheimischen Rübenzucker gegenüber dem preiswerteren Rohrzucker bevorteilen (siehe Protektionismus). Dies verteuert den Zuckerpreis für die europäischen Konsumenten, gleichzeitig werden EU-weit zirka 50.000 industrielle Arbeitsplätze direkt bei den Zuckerherstellern, viele weitere bei Zulieferern und zirka 250.000 Bauernhöfe geschützt und erhalten. Ein anderes Argument ist, dass so Waldrodungen zur Ausweitung des Zuckerrohranbaus, z. B. von Regenwäldern in Brasilien, verhindert werden. Die Rohrzucker produzierenden Länder, hauptsächlich Entwicklungsländer, opponieren sehr stark gegen diese Schutzzölle, da sie ihnen den Zutritt zu einem wichtigen Markt verwehren.

Siehe auch: Zuckermarktordnung

Gentechnik

Drei Jahre nach Einführung einer herbizidresistenten Sorte in den USA wurden dort 2009 zu 95 Prozent (auf 450.000 ha) gentechnisch veränderte Zuckerrüben angebaut.[6]

Weblinks

- Wissenswertes zum Thema Zuckerrübe [7]
- Zucker aus Rüben [8]
- Landwirtschaftlicher Informationsdienst Zuckerrübe [9]

Referenzen

[1] www.nachwachsenderohstoffe.de: [day (http://www.nachwachsenderohstoffe.de/presseservice/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/archive/2009/october/article/nachwachsende-rohstoffe-2009-erneut-auf-rund-2-millionen-hektar.html?cHash=babe620796&tx_ttnews)=21 *Nachwachsende Rohstoffe 2009 erneut auf rund 2 Millionen Hektar*], vom 21. Oktober 2009, abgerufen am 15. Februar 2010

[2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): *Tagungsband "Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven"* (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_400-gfg32_biogas-kongress.pdf), Gülzower Fachgespräche, Band 32, 2009, 458-seitig, als pdf, abgerufen am 15. Februar 2010

[3] top agrar. Magazin für moderne Landwirtschaft, 2/2008.

[4] (http://www.proplanta.de/web/themen.php?_404=&lasu=&Fu1GrI=1142959699&__utmb=77131348.3.10.1249302169&__utmc=77131348&MOID=1&MUID=5&MHID=6&MLID=1200331219&MLF1=1140269039&MRID=1202996536&MOF1=1200149696&&T=1249302271&&Fu1=1180714992&Fu1Ba=1140269039&ALPHA=&Fu1GrI=1142959699) www.Proplanta.de, abgerufen am 3. August 2009

[5] (http://www.proplanta.de/web/proplanta_header.php?katalogid=1236856989&lasu=&can=) (http://www.proplanta.de/web/proplanta_header.php?katalogid=1226062039&lasu=&can=) www.Proplanta.de, abgerufen am 3. August 2009

[6] (http://www.transgen.de/anbau/eu_international/189.doku.html) www.transgen.de, abgerufen am 3. August 2009

[7] http://www.proplanta.de/web/themen.php?MOF1=1200149696&MRID=1202996536&MLF1=1140269039&MLID=1200331219&MHID=6&MUID=5&MOID=1&__utmc=77131348&__utmb=77131348&Fu1GrI=1142959699&Fu1=1140269039&con=&lasu=&&T=1203262540&&SITEID=1140269039&_404=

[8] http://www.preussen-chronik.de/_/ereignis_jsp/key=chronologie_004330.html

[9] http://www.liz-online.de/

Zuckerrübenschnitzel

Zuckerrübenschnitzel stellen ein Nebenprodukt der Zuckerproduktion aus Zuckerrüben dar.

Zuckerrübenschnitzel bzw. extrahierte Zuckerrübenschnitzel sind ein Nebenprodukt aus der Zuckerrübenverarbeitung, das vor allem als Futtermittel für Rinder, Schweine, Schafe und Pferde genutzt wird. Dabei wird unterschieden in Trocken- und Nassschnitzel auf der Basis der Wassergehalts. Je nach noch verbliebenem Zuckeranteil unterscheidet man unmelassierte Trockenschnitzel (Zuckergehalt ca. 7 %) und Press- oder Melasseschnitzel (Zuckeranteil ca. 20 %).

Herstellung

Bei der Zuckerrübenverarbeitung wird in der Extraktionsanlage der Rohsaft (Diffussionssaft) als Zwischenprodukt der Zuckererzeugung von den extrahierten Schnitzeln (Naßschnitzel) als Nebenprodukt getrennt. Durch Abpressen eines Teils ihres Wassergehaltes entstehen Pressschnitzel. Anschließend können die Schnitzel zu Trockenschnitzeln getrocknet werden. Wird diesen zuckerhaltige Melasse als Nebenprodukt der Zuckerproduktion zugesetzt, spricht man von melassierten Trockenschnitzeln.[1]

Bestandteile

Zuckerrübenschnitzel bestehen aus ernährungsphysiologischer Sicht vor allem aus Zellwandkohlenhydraten, Rohprotein und Rohasche. Unter den Zellwandkohlenhydraten sind vor allem Pektine (ca. 25% der Trockenmasse) und Hemizellulosen vertreten. Der Rohproteingehalt ist mit ca. 99 g/kg Trockenmasse bei Trockenschnitzeln[2] gering, der Anteil der essentiellen Aminosäure Lysin mit 5,9g Lysin an der Proteinfraktion relativ hoch.[3]

Produktion

Im Jahr 2006/2007 wurde in Deutschland ein Trockenschnitzeläquivalent von etwa 1,3 Millionen Tonnen produziert.[4]

Den größten Anteil an der deutschen Gesamterzeugungsmenge der Zuckerrübenschnitzel haben die Trockenschnitzel mit etwa 84% (2006/2007: 1,1 Millionen Tonnen), von denen etwa 1 Millionen Tonnen Melasseschnitzel darstellen, die restlichen 100.000 Tonnen sind Trockenschnitzel mit geringem Zuckergehalt. Etwa 16% der Gesamtschnitzelproduktion (2007/2008: ca. 200.000 Tonnen) stellen Press-Schnitzel dar und nur etwa 3.000 Tonnen entfallen auf Nassschnitzel.[4] Etwa 360.000 Tonnen und damit etwa 26% der Schnitzelproduktion wurde den Rübenanbauern ausgeliefert, der größte Teil mit über 1 Millionen Tonnen ging an andere Abnehmer.

Außenhandel

Der Import von Zuckerrübenschnitzel nach Deutschland spielt nur eine sehr kleine Rolle und beträgt weniger als 20.000 Tonnen pro Jahr, Die Ausfuhren dagegen liegen mit etwa 375.000 Tonnen deutlich höher. Der Hauptteil des Außenhandels erfolgt mit den europäischen Nachbarländern, vor allem den Niederlanden. Weitere relevante Handelspartner sind Dänemark, Spanien und Frankreich.

Nutzung

Trockenschnitzel in der Nutztierhaltung

Trockenschnitzel werden in loser und pelletierter Form angeboten. Sie werden in der Hauptsache als energiereiches Futtermittel für die Fütterung von Wiederkäuern eingesetzt, die das enthaltene Pektin und den Faseranteil durch die langsame Fermentation im Pansen gut abbauen können. Bei ausreichender Zufuhr von Rohfasern in der Fütterung können extrahierte Schnitzel bei Milchkühen bis zu 30% der Trockensubstanz in der Futterration ausmachen, bei Mastrindern bis zu 50%.[1]

Nicht-Wiederkäuer (Monogastrier) können das Futtermittel energetisch nur mangelhaft verwerten. Daher entstehen bei einer Verfütterung hohe Methanausscheidungen. Aufgrund der geringen Energiedichte als Futtermittel für diese Tiere werden Zuckerrübenschnitzel lediglich als Rationskomponente für güste (nicht-tragende) oder niedertragende Sauen empfohlen.[1]

In der Pferdefütterung, bei der es nicht auf hohe Gewichtszunahmen ankommt, ist der dauerhafte Einsatz von Rübenschnitzeln, auch auf Grund deren hohen Zuckeranteils, nicht von Vorteil. Zuckerrübenschnitzel werden daher in der Pferdefütterung hauptsächlich in der Rekonvaleszenz, d. h. in der Regenerationsphase nach Krankheit, eingesetzt.

Biogasproduktion

Vergleich von Biogasrohstoffen

Material	Biogasertrag[5] (FM = Frischmasse)	Methangehalt[5]
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 %

Neben der Verwendung von Zuckerrübenschnitzeln für die Futterindustrie können diese auch zur Produktion von Biogas eingesetzt werden. Dabei können aus einer Tonne Press-Schnitzel etwa 67 m^3 Biogas gewonnen werden. Das

so entstandene Biogas enthält im Vergleich zu Erdgas (96% Methan) rund 72% Methan (Nass-Schnitzel ca. 55%). 67 m^3 Biogas aus Zuckerrübenschnitzeln entsprechen also einer Erdgasmenge von etwa 46,3 m^3.[6]

Das entstehende Biogas kann nachfolgend zur Energieerzeugung verwendet werden, beispielsweise um den Energiebedarf einer Zuckerfabrik zum Teil zu decken. Eine entsprechende Anlage zur Eigenversorgung mit einer Tageskapazität von 860 Tonnen Schnitzeln entstand 2007 am Standort der ungarischen Zuckerfabrik Kaposvár. Mit dieser Kapazität konnten rund 40% des Erdgasbedarfs der Fabrik durch Biogas substituiert werden.[7] Seit Januar 2008 betreibt Nordzucker in Groß Munzel eine Pilotanlage zur Erzeugung von Biogas. Dort wird geprüft, ob sich Biogas aus Rüben und Schnitzeln ganzjährig erzeugen lässt.[8]

Referenzen

[1] Jeroch, Heinz; Drochner, Winfried und Simon, Ortwin, 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Ulmer Verlag, S. 236, ISBN 3800110865

[2] Jeroch, Drochner, Simon: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, S. 308.

[3] Jeroch, Drochner, Simon: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, S. 235-36.

[4] Wirtschaftliche Vereinigung Zucker (WVZ); Verein der Zuckerindustrie (VdZ): *Jahresbericht 2007/08. Vorgelegt anläßlich der Mitgliederveranstaltung am 3. Juli 2008.*

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

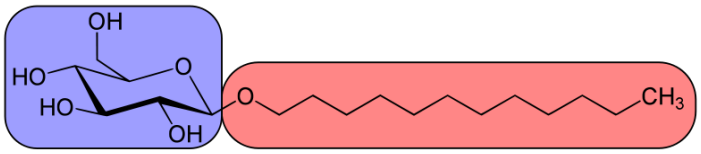
[6] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): *Biogas Basisdaten Deutschland Stand: Januar 2008.*

[7] *AGRANA eröffnet einzigartige Biogasanlage am Standort Kaposvár (Ungarn).* (http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1025855) Pressemitteilung AGRANA vom 17. November 2007.

[8] Nordzucker nutzt Marktchancen und wächst in Europa. (http://www.innosweet.de/index.php?id=780&tx_ttnews[year]=1199142000&tx_ttnews[tt_news]=2602&tx_ttnews[backPid]=779&cHash=1ec75124dd&PHPSESSID=866ff0fe12ff3ceec03d93501ec69f55) Pressemitteilung von Nordzucker, 7. Februar 2008.

Zuckertenside

Zuckertenside sind nichtionische Tenside bei denen Kohlenhydrate den hydrophilen Anteil des Tensidmoleküls bilden. Als hydrophobe Komponente fungieren Fettalkohole oder Fettsäuren, die je nach gewünschter Eigenschaft der Tenside mit den Kohlenhydraten chemisch unterschiedlich verknüpft sind. Eingesetzte Kohlenhydrate sind Saccharose, Glucose und Sorbit zur Produktion von Saccharoseestern, Alkylpolyglycosiden, N-Methylglucamiden und Sorbitanfettsäureestern.



Beispiel zum Aufbau eines Zuckertensids: Als Kohlenhydrat kann D-Glucose (blau) und als Fettalkohol Laurylalkohol (rot) eingesetzt werden. Bei einer Veretherung entsteht Dodecyl-β-D-glucosid, ein Alkylpolyglucosid

Rohstoffe

Für die industrielle Produktion von Zuckertensiden werden ausschließlich nachwachsende Rohstoffe verwendet. Kohlenhydrate, wie Saccharose lassen sich aus der Zuckerrübe oder aus Zuckerrohr gewinnen, Glucose aus Stärke und Sorbitol ist durch Reduktion von Glucose zugänglich. Die Fettsäuren stammen z.B. aus Kokosfett oder Palmöl. Durch Reduktion der Fettsäuren lassen sich die Fettalkohole herstellen.

Allgemeiner Aufbau

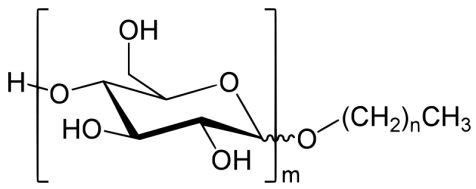
Zuckertenside bestehen aus einer polaren wasserlöslichen Kopfgruppe und einem unpolaren fettlöslichen Schwanz. Sie können anhand der chemischen Bindung zwischen dem Zucker und der Alkylgruppe in Ether, Ester, Amine und Amide eingeteilt werden. Die HLB-Werte von Zuckertensiden hängen von dem Polymerisationsgrad des Zuckers als polare Gruppe und der Anzahl und länge der Alkylketten ab. Moleküle mit mehreren Alkylketten sind sehr hydrophob. Ist die Kopfgruppe ein Disaccharid, ist das Tensid hydrophiler.

Typen

Alkylpolyglycoside

→ *Hauptartikel: Alkylpolyglycoside*

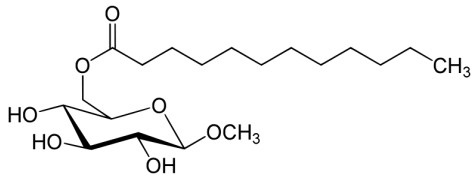
Alkylpolyglycoside sind die industriell wichtigste Klasse der Zuckertenside. Sie werden in Waschmitteln, Geschirrspülmitteln und Reinigungsmitteln verwendet.



Strukturformel eines Alkylpolyglycosids

Methylglycosidester und Ethylglycosidester

Eine weitere Gruppe sind Fettsäureester von Methyl- oder Ethylglykosiden. Sie sind im Vergleich zu Alkylpolyglycosiden bei der Verwendung als Tensid etwas stabiler, sind jedoch weniger wasserlöslich und dienen als Emulgator.

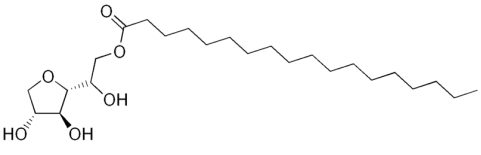


Strukturformel eines Methylglycosidesters

Sorbitanester

→ *Hauptartikel: Sorbitanfettsäureester*

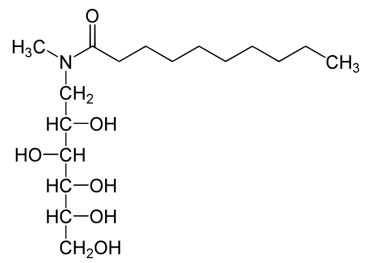
Einige Sorbitanester sind in der EU als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen. Daneben haben auch ethoxylierte Derivate, die Polysorbate Bedeutung als Tenside.



Strukturformel eines Sorbitanfettsäureesters

N-Methylglucamide

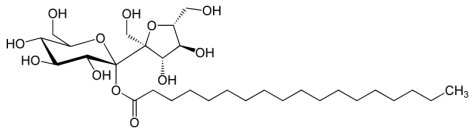
Zur Synthese von *N*-Methylglucamiden wird zuerst Glucose unter reduzierenden Bedingungen mit Methylamin umgesetzt. Dabei entsteht *N*-Methylglucamin. In einem weiteren Reaktionsschritt mit Fettsäuremethylestern bildet sich N-Methylglucamid. Anwendung finden sie in Pulver und Flüssigwaschmitteln sowie in Handspülmitteln.



Strukturformel von „Mega-10“, ein Methylglucamid

Saccharoseester

Saccharoseester werden über Umesterung aus Saccharose und Fettsäuremethylestern gewonnen. Es bilden sich Zuckerester. Die übliche Darstellung führt zu einem komplexes Gemisch aus ein- bis fünfach veresterten Molekülen. Daher sind industrielle Produkte immer ein Gemisch. Diese Gemische sind sehr hydrophob und besitzen somit ein begrenztes Anwendungsspektrum. Den Anteil an Monoestern durch veränderte Reaktionsbedingungen zu erhöhen ist technisch möglich, aber zu teuer.



Strukturformel Saccharosestearinsäureester

Saccharoseester sind besonders mild zur Haut und werden als Emulgatoren in Kosmetikprodukten und in Asien auch als Zusätze zu speziellen Waschmitteln eingesetzt. Saccharoseester von Speisefettsäuren sind als Lebensmittelzusatzstoff (E 473) zugelassen und dient ebenfalls als Emulgator für Zubereitungen.

Verwendung

Zuckertenside sind umweltverträglich und zeigen eine in der Regel eine gute Hautverträglichkeit. Im Gegensatz zu anderen nichtionischen Tensiden wie beispielsweise Polyalkylenglykolethern ist ihre Wirkung als Emulgator weniger temperaturempfindlich, was durch stärkere Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Hydroxygruppen des Zuckers und Wassermolekülen zustande kommt. Aufgrund dieser Eigenschaften finden Zuckertenside Anwendung als Bestandteil von Waschmitteln, Kosmetik und als Lebensmittelzusätze. Sorbitanester werden als Hilfstoffe für Textilien und Leder sowie als Nahrungsemulgatoren eingesetzt. Saccharosester dienen als Nahrungs- und Kosmetikemulgatoren. Alkylpolyglycoside werden bei der Produktion von Waschmitteln, Kosmetik und Handspülmittel eingesetzt. N-Methylglucamide sind Bestandteil von Flüssig- und Pulverwaschmitteln sowie Handspülmtteln.

Literatur

- K. Hill, O. Rhode: *sugar-based surfactants for consumer products and technical applications.* In: *Fett/Lipid.* 101, Nr. 1, ISSN 0931-5985 [1], 2006, S. 25–33.
- C. Stubenrauch: *sugar surfactants- aggregation, interfacial, and adsorbtion phenomena.* In: *Current oppinion in colloid and interface science.* 6, Nr. 2, 2001, S. 160–170 (doi:10.1016/S1359-0294(01)00080-2 [2]).

Referenzen

[1] http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0931-5985

[2] http://dx.doi.org/10.1016%2FS1359-0294%2801%2900080-2

Anhang

Gesamtliste

Das WikiProjekt Nachwachsende Rohstoffe freut sich über jeden Wikipedia-Autor, der sich durch die Stichwortsammlung und dem Projekt angesprochen fühlt, darin enthaltene Artikel auf eigene Faust zu überarbeiten. Wer Unterstützung z.B. bei der Beschaffung von Quellen braucht, kann sich auch nach Abschluss des FNR-Projekts bei Achim Raschka (Nawaro) melden.

Stichwortliste

Diese vom Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)-Projekt „Nachwachsende Rohstoffe im Wikipedia-Online-Lexikon“ (Infos hier [1]) erarbeitete Liste enthält Lemmata mit Bezug zu „Nachwachsenden Rohstoffen“. Sie gibt einen Überblick, welche neuen Artikel und Überarbeitungen im Rahmen des FNR-Projektes vorgesehen waren. Für das FNR-Projekt war diese Liste (incl. späterer Anpassungen) eine Arbeitsgrundlage, für das WikiProjekt Nachwachsende Rohstoffe waren die Stichworte Vorschläge für mögliche Artikelneuschöpfungen oder -überarbeitungen.

Die folgende Liste enthält alle Stichworte, die im Rahmen des FNR-Projektes betrachtet wurden. Sie ist aufgeteilt entsprechend der projektinternen Hierarchisierung der Stichworte nach ihrer Bedeutung für das Projekt. Zu jedem Artikel ist ein Permanentlink angegeben, der den Stand dokumentiert, der mit der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe abgestimmt wurde.

Hauptartikel

Stichwort	Permalink
Biodiesel	[2]
Bioenergie	[3]
Bioethanol	[4]
Biogas	[5]
Biogasanlage	[6]
Biogasaufbereitung	[7]
Biogener Brennstoff	[8]
Biogener Schmierstoff	[9]
Biokraftstoff	[10]
Biokunststoff	[11]
Biomasse	[12]
Biomasseheizkraftwerk	[13]
Bioraffinerie	[14]
Biotechnologie	[15]

BtL-Kraftstoff	[16]
Energiepflanze	[17]
Erneuerbare-Energien-Gesetz	[18]
Färberpflanze	[19]
Flächenkonkurrenz	[20]
Flachsfaser	[21]
Heilpflanze	[22]
Holz	[23]
Holzheizung	[24]
Holzpellet	[25]
Holzwerkstoff	[26]
Kurzumtriebsplantage	[27]
Leder	[28]
Nachwachsender Rohstoff	[29]
Naturbaustoff	[30]
Naturdämmstoff	[31]
Naturfaser	[32]
Naturfaserverstärkter Kunststoff	[33]
Naturkautschuk	[34]
Palmöl	[35]
Papier	[36]
Pflanzenöl-Kraftstoff	[37]
Riesen-Chinaschilf	[38]
Stärke als nachwachsender Rohstoff	[39]
Umesterungsanlage	[40]
Weiße Biotechnologie	[41]
Zucker als nachwachsender Rohstoff	[42]

Nebenartikel

Stichwort	Permalink
Algenkraftstoff	[43]
Baumwolle	[44]
Bioenergiedorf	[45]
Biokraftstoffquotengesetz	[46]
Biokunststoff-Verpackung	[47]
Biomasseheizwerk	[48]
Biomassepotenzial	[49]
Biomassevergasung	[50]
Biomethan	[51]

Bioreaktor	[52]
Biowasserstoff	[53]
Cellulose-Ethanol	[54]
Energiesteuergesetz (Deutschland)	[55]
Energiewende	[56]
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	[57]
Faseraufschluss	[58]
Fasernessel	[59]
Faserpflanze	[60]
Gärrest	[61]
Gemeiner Lein	[62]
Getreideverbrennung	[63]
Glycerin	[64]
Hackschnitzel	[65]
Hanffaser	[66]
Holzbau	[24]
Holzmobilisierung	[67]
Holzstoff	[68]
Holztrocknung	[69]
Holzwirtschaft	[70]
Industriepflanze	[71]
Kokosöl	[72]
Kokospalme	[73]
Korkeiche	[74]
Leinöl	[75]
Lignin	[76]
Linoleum	[77]
Liste der Holzarten	[78]
Nutzhanf	[79]
Oleochemie	[80]
Ölmühle	[81]
Ölpresse	[82]
Pelletheizung	[83]
Polyhydroxyalkanoate	[84]
Polyhydroxybuttersäure	[85]
Polylactide	[86]
Ramie	[87]
Rapskuchen	[88]
Rapsöl	[89]

Rizinusöl	[90]
Röste	[91]
Rotbuche	[92]
Schäbe	[93]
Silomais	[94]
Sisalfaser	[95]
Sojabohne	[96]
Sojaöl	[97]
Stärkepflanze	[98]
Stärkepolymer	[99]
Stroh	[100]
Synthetic Natural Gas	[101]
Thermoplastische Stärke	[102]
Tiereinstreu	[103]
Trockenvergärung	[104]
Viskose	[105]
Wood-Plastic-Composite	[106]
Zellstoff	[107]
Zuckerpflanze	[108]

Kurzartikel

Stichwort	Permalink
Acetyliertes Holz	[109]
Agrarenergie	[110]
Agrartextil	[111]
Ahornholz	[112]
Alkylpolyglycoside	[113]
Altholz	[114]
Altholzverordnung	[115]
Arboform	[116]
Bastfaser	[117]
Bauholz	[118]
Baumwollfaser	[119]
Bernsteinsäure	[120]
Bestand (Forstwirtschaft)	[121]
Biobutanol	[122]
Biogasmotor	[123]
Biogen	[124]
Biogener Arzneistoff	[125]

Biokatalyse	[126]
Biokomposit	[127]
Biokonversion	[128]
Biologisch abbaubarer Werkstoff	[129]
Biologische Abbaubarkeit	[130]
Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung	[131]
Biopolymere	[132]
Biotenside	[133]
Biowerkstoff	[134]
Birkenholz	[135]
Brechen (Faserpflanzen)	[136]
Brennholz	[137]
Brettschichtholz	[138]
Brettsperrholz	[139]
Brikettierung	[140]
Bruttokraftstoffertrag	[141]
Buchenholz	[142]
Carboxymethylcellulose	[143]
Carnaubawachs	[144]
Celluloseacetat	[145]
Celluloseacetobutyrat	[146]
Celluloseester	[147]
Celluloseether	[148]
Cellulosehydrat	[149]
Chemiezellstoff	[150]
Chemurgie	[151]
Chitosan	[152]
Cyanophycin	[153]
Degummierung	[154]
Dezentrale Ölmühle	[155]
Durchwachsene Silphie	[156]
Echtes Johanniskraut	[157]
Einblasdämmstoff	[158]
Energieholz	[159]
Energiemais	[160]
Energiepflanzenprämie	[161]
Energiewirt	[162]
Entschleimung	[163]
Eschenholz	[164]

Essigsäure	[165]
ETBE	[166]
EU-Biokraftstoffrichtlinie	[167]
Faktis	[168]
Färberdistel	[169]
Färberkamille	[170]
Färberkrapp	[171]
Färberwaid	[172]
Faserplatte	[173]
Faserstoff	[174]
Fettsäuremethylester	[175]
Fichtenholz	[176]
Flächenstilllegung	[177]
Furnier	[178]
Furniersperrholz	[179]
Ganzpflanzensilage	[180]
Gemeine Nachtkerze	[181]
Gestufte Reformierung	[182]
Grobspanplatte	[183]
Grünroggen	[184]
Hackschnitzelheizung	[185]
Halbzellstoff	[186]
Halmgutartige Biomasse	[187]
Hanfpapier	[188]
Harte Faserplatte	[189]
Hechel	[190]
Hemicellulose	[191]
Holzart	[192]
Holzaufschluss	[193]
Holzextrusion	[194]
Holzfaser	[195]
Holzfaserdämmplatte	[196]
Holzfehler	[197]
Holzgas	[198]
Holzkohle	[199]
Holzmehl	[200]
Holzmerkmal	[201]
Holzmodifikation	[202]
Holzspan	[203]

Holzspanwerkstoff	[204]
Holztafelbau	[205]
Holztechnik	[206]
Holzverzuckerung	[207]
Holzwolle	[208]
Holzwolle-Leichtbauplatte	[209]
Hydriertes Pflanzenöl	[210]
Iberischer Drachenkopf	[211]
Industrieholz	[212]
Industrierestholz	[213]
Jute	[214]
Kaltpressung	[215]
Kamille	[216]
Kapok	[217]
Karton (Werkstoff)	[218]
Kasein	[219]
Kaseinfarbe	[220]
Kiefernholz	[221]
Kleister	[222]
Kokosfaser	[223]
Kolophonium	[224]
Korb-Weide	[225]
Kork	[226]
Krambe	[227]
Kunstharzpressholz	[228]
Kurzfaser	[229]
Langfaser	[230]
Längsfaser	[231]
Lärchenholz	[232]
Laubholz	[233]
Laurinöl	[234]
Leim	[235]
Leindotteröl	[236]
Leinölfirnis	[237]
Lindenholz	[238]
Lyocell	[239]
Maisstroh	[240]
Methanbildung	[241]
Methylcellulose	[242]

Milchsäure	[243]
Mindergetreide	[244]
Mitteldichte Holzfaserplatte	[245]
Mohrenhirse	[246]
Mulchfolie	[247]
Nadelholz	[248]
Naturfarbe (Anstrichmittel)	[249]
Naturfaser-Spritzguss	[250]
Nawaro-Bonus	[251]
Nichtholzprodukt	[252]
Ölschrot	[253]
Papierstärke	[254]
Pappelholz	[255]
Pflanzenölbrenner	[256]
Pflanzenölkocher	[257]
Phytopharmakon	[258]
Presskuchen	[259]
Pyrolyse	[260]
Pyrolysegas	[261]
Pyrolyseöl	[262]
Ramiefaser	[263]
Rapsasphalt	[264]
Rapsextraktionsschrot	[265]
Rapsmethylester	[266]
Rapsstroh	[267]
Raufen	[268]
Reet	[269]
Regeneratfaser	[270]
Reinbiokraftstoff	[271]
Restholz	[272]
Rohstoffwende	[273]
Rundholz	[274]
Sägekettenöl	[275]
Sägenebenprodukt	[276]
Schafwolle als Dämmstoff	[277]
Schellack	[278]
Schichtholz	[279]
Schilfrohrplatte	[280]
Schnittholz	[281]

Schüttdämmstoff	[282]
Schwarzlauge	[283]
Schwingen (Faserpflanzen)	[284]
Seide	[285]
Seidenbau	[286]
Seife	[287]
Sojamethylester	[288]
Sonnenblumenöl	[289]
Spanplatte	[290]
Sperrholz	[291]
Stabsperrholz	[292]
Stärkeblend	[293]
Strohballenbau	[294]
Strohpellet	[295]
Substrat (Biogasanlage)	[296]
Sudangras	[297]
Sulfatverfahren (Papierherstellung)	[298]
Sulfitverfahren	[299]
Superkurzfaser	[300]
Talg	[301]
Tallöl	[302]
Tannenholz	[303]
Tannine	[304]
Terpentin	[305]
Terpentinöl	[306]
Thermisch modifiziertes Holz	[307]
Trockenschlempe	[308]
Türinnenverkleidung	[309]
Umesterung	[310]
Waldrestholz	[311]
Weidenholz	[312]
Werg	[313]
Wirrfaser	[314]
XtL-Kraftstoff	[315]
Zelluloid	[316]
Zertifizierung (Biomasse)	[317]
Zertifizierung (Forstwirtschaft)	[318]
Zuckerrübenschnitzel	[319]
Zuckertenside	[320]

Abschnitt

Stichwort	Permalink
α-Linolensäure	[321]
Abacá	[322]
Agraralkohol	[323]
Ahorne	[324]
Alditole	[325]
Asphalt	[117]
Ätherische Öle	[326]
Bambus	[117]
Bindemittel	[327]
Brennerei	[328]
Brennnesseln	[329]
Brennstoff	[330]
Buchen	[331]
Cellulose	[332]
Chinaschilf	[333]
Chitin	[334]
Desodorierung	[335]
Dimethylether	[336]
Dispersionsfarbe	[337]
Douglasie	[338]
Dünnschlempe	[339]
Duroplast	[340]
Eichen	[341]
Erneuerbare Energie	[342]
Ethanol	[343]
Ethanol-Kraftstoff	[344]
Färber-Wau	[345]
Faser	[346]
Faserverbundwerkstoff	[347]
Fermentation	[348]
Fettalkohole	[349]
Fichten	[350]
Fischer-Tropsch-Synthese	[351]
Gebäudeheizung	[352]
Gelatine	[353]
Gemeine Esche	[354]
Geotextil	[355]

Getreide	[356]
Gewöhnliche Robinie	[357]
Gras	[358]
Grassilage	[359]
Große Brennnessel	[360]
Grüne Biotechnologie	[361]
Grünland	[362]
Gülle	[363]
Hainbuche	[364]
Hanf (Art)	[365]
Hanftextilie	[366]
Harz (Material)	[367]
Hauptbaumart	[368]
Heu	[369]
Hirse	[370]
Hydraulikflüssigkeit	[371]
Jatropha	[372]
Kartoffel	[373]
Kautschukbaum	[374]
Kenaf	[375]
Kiefern	[376]
Klebstoff	[377]
Kollagen	[378]
Kompostierung	[379]
Kraft-Wärme-Kopplung	[380]
Kunststoff	[381]
Lärchen	[382]
Lecithine	[383]
Leindotter	[384]
Lignocellulose	[385]
Linden (Botanik)	[386]
Linolsäure	[387]
Mais	[388]
Maissilage	[389]
Maniok	[390]
Melasse	[391]
Miscanthus	[392]
Naturkosmetik	[393]
Niembaum	[394]

Nutzpflanze	[395]
Ölertrag	[396]
Ölpalme	[397]
Ölsäure	[398]
Pappeln	[399]
Pellet	[400]
Pflanzenöle	[401]
Polyethylen	[402]
Polyurethane	[403]
Purgiernuss	[404]
Raffination	[405]
Raps	[406]
Reinigungsmittel	[407]
Rinde	[408]
Roggen	[409]
Rohstoff	[410]
Schalöl	[411]
Schilfrohr	[412]
Seegräser	[413]
Seidenspinner	[414]
Silage	[415]
Sisal-Agave	[416]
Sonnenblume	[417]
Sorghumhirsen	[418]
Spritzgießen	[419]
Stärke	[420]
Tannen	[421]
Tenside	[422]
Topinambur	[423]
Transportverpackung	[424]
Verfahrenstechnik	[425]
Wachs	[426]
Waschmittel	[427]
Waschnussbaum	[428]
Wasserstoffherstellung	[429]
Weichweizen	[430]
Weiden (Botanik)	[431]
Wolle	[432]
Zucker	[433]

Zuckerrohr	[434]
Zuckerrübe	[435]

Verweis

Stichwort	Permalink
Acetylisierung	[436]
Ackergras	[437]
Agrarrohstoff	[438]
Alge	[439]
Bagasse	[440]
Bakterien	[441]
Bioabfall	[442]
Bioöl	[443]
Blockheizkraftwerk	[444]
Brikettierpresse	[445]
Dampfdruckaufschluss	[446]
Extrusion (Verfahrenstechnik)	[447]
Formpressen	[448]
Gartenkresse	[449]
Gärung	[450]
Geogitter	[451]
Heizwert	[452]
Kraftstoff	[453]
Kunststofffolie	[454]
Kuppelproduktion	[455]
Liste der Kunststoffe	[456]
Matratze	[457]
Molke	[458]
Nahwärme	[459]
Ökologisches Bauen	[460]
Ölsaat	[461]
Pflanzenzüchtung	[462]
Plastiktüte	[463]
Polyole	[464]
Schmieröl	[465]
Sekundärrohstoff	[466]
Technische Textilie	[467]
Triticale	[468]

Verbundwerkstoff	[469]
Vergasen	[470]
Wunderbaum	[471]
Zersetzung (Chemie)	[472]

Weiterleitungen

Stichwort	**Weiterleitung auf**
Ackerbrache	Flächenstillegung
Agrokraftstoff	Biokraftstoff
Agrotreibstoff	Biokraftstoff
Arzneipflanze	Heilpflanze
Beimischung	Biokraftstoffquotengesetz
Biobaustoff	Naturbaustoff
Biogaserzeugung	Biogasanlage
Biogasreinigung	Biogasaufbereitung
Biogener Festbrennstoff	Biogener Brennstoff
Biogener Reststoff	Bioabfall
Biologisch abbaubares Polymer	Biologisch abbaubarer Werkstoff
Biomass-to-Liquid	BtL-Kraftstoff
Biomassekraftwerk	Biomasseheizkraftwerk
Bioverfahrenstechnik	Verfahrenstechnik
BtL	BtL-Kraftstoff
Cellulosefaser	Zellstoff
Cellulosische Chemiefaser	Regeneratfaser
DDGS	Trockenschlempe
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Elefantengras	Riesen-Chinaschilf
Energiegetreide	Getreideverbrennung
Energiegras	Grassilage
Entholzung	Faseraufschluss
Enzymatischer Aufschluss	Faseraufschluss
Erneuerbarer Rohstoff	Nachwachsender Rohstoff
Ethyl-tert-butylether	ETBE
Faserhirse	Mohrenhirse
Feldröste	Röste
Fettchemie	Oleochemie
Feuerholz	Brennholz
Flachpressplatte	Spanplatte

Flüssigholz	Wood-Plastic-Composite
Getreideganzpflanze	Ganzpflanzensilage
Halmgutartiger Brennstoff	Halmgutartige Biomasse
Heuverbrennung	Halmgutartige Biomasse
Holz-Kunststoff-Compound	Wood-Plastic-Composite
Holzfaserkunststoff	Wood-Plastic-Composite
Holzfaserwerkstoff	Holzwerkstoffe
Holzhackschnitzel	Hackschnitzel
Holzschliff	Holzstoff
HVO	Hydriertes Pflanzenöl
Industrielle Biotechnologie	Weiße Biotechnologie
Kautschuk	Naturkautschuk
Kompostierbarkeit	Biologische Abbaubarkeit
Kraftstoff Pflanzenöl	Pflanzenöl-Kraftstoff
Kurzumtriebsholz	Kurzumtriebsplantage
Linolensäure	α-Linolensäure
Loose fill	Transportverpackung
Manila (Textil)	Abacá
MDF	Mitteldichte Holzfaserplatte
Miscanthus x giganteus	Riesen-Chinaschilf
Modifiziertes Holz	Holzmodifikation
Nachhaltigkeitsverordnung	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
Nadelbaum	Koniferen
Nadelholzgewächse	Koniferen
Naturfaser-Verbundwerkstoff	Naturfaserverstärkter Kunststoff
Naturfaserwerkstoff	Naturfaserverstärkter Kunststoff
Naturlatex	Naturkautschuk
Oriented Strand Board	Grobspanplatte
OSB	Grobspanplatte
Palmkernöl	Palmöl
Papierzellstoff	Zellstoff
Pelletierung	Pellet
PHA	Polyhydroxyalkanoate
PHB	Polyhydroxybuttersäure
Polymilchsäure	Polylactide
Rapsdiesel	Rapsmethylester
Rapsexpeller	Rapskuchen
Rapsöl-Kraftstoff	Pflanzenöl-Kraftstoff
Rindenhackschnitzel	Hackschnitzel

RME	Rapsmethylester
Robinie	Gewöhnliche Robinie
Saflor	Färberdistel
Scheitholz	Brennholz
Schwachholz	Rundholz
SNG	Synthetic Natural Gas
Span	Holzspan
Stilllegungsfläche	Flächenstilllegung
Strohverbrennung	Halmgutartige Biomasse
Substitute Natural Gas	Synthetic Natural Gas
Sun Fuel	BtL-Kraftstoff
Synthetische Biokraftstoffe	BtL-Kraftstoff
Tauröste	Röste
Tropenholz	Holz
Verpackungschips	Transportverpackung
Wasserröste	Röste
WPC	Wood-Plastic-Composite
Zuckeralkohole	Alditole
Zuckerhirse	Mohrenhirse

Referenzen

[1] http://www.nova-institut.de/Wikipedia
[2] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biodiesel&oldid=68351909
[3] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioenergie&oldid=74186958
[4] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioethanol&oldid=71331538
[5] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogas&oldid=73915144
[6] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogasanlage&oldid=73988036
[7] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogasaufbereitung&oldid=74184207
[8] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogener_Brennstoff&oldid=69479642
[9] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogener_Schmierstoff&oldid=56911884
[10] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokraftstoff&oldid=68343585
[11] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokunststoff&oldid=63800615
[12] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomasse&oldid=67873004
[13] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomasseheizkraftwerk&oldid=73583534
[14] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioraffinerie&oldid=71305870
[15] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biotechnologie&oldid=71181173
[16] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=BtL-Kraftstoff&oldid=73986609
[17] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiepflanze&oldid=68143589
[18] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Erneuerbare-Energien-Gesetz&oldid=67001123
[19] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A4rberpflanze&oldid=73750822
[20] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fl%C3%A4chenkonkurrenz&oldid=71659998
[21] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flachsfaser&oldid=59966897
[22] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Heilpflanze&oldid=71181587
[23] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holz&oldid=67873954
[24] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzbau&oldid=71056806
[25] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzpellet&oldid=68352705
[26] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzwerkstoff&oldid=71486686
[27] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kurzumtriebsplantage&oldid=71610934

[28] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Leder&oldid=66534944
[29] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nachwachsender_Rohstoff&oldid=73280723
[30] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturbaustoff&oldid=73433309
[31] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturd%C3%A4mmstoff&oldid=69159388
[32] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturfaser&oldid=71909269
[33] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturfaserverst%C3%A4rkter_Kunststoff&oldid=73332765
[34] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturkautschuk&oldid=71162602
[35] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Palm%C3%B6l&oldid=66366843
[36] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Papier&oldid=68039490
[37] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pflanzen%C3%B6l-Kraftstoff&oldid=73660750
[38] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Riesen-Chinaschilf&oldid=66689458
[39] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%A4rke_als_nachwachsender_Rohstoff&oldid=65331955
[40] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Umesterungsanlage&oldid=70857737
[41] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wei%C3%9Fe_Biotechnologie&oldid=69155026
[42] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zucker_als_nachwachsender_Rohstoff&oldid=66884270
[43] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Algenkraftstoff&oldid=67038018
[44] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Baumwolle&oldid=70505169
[45] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioenergiedorf&oldid=69191757
[46] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokraftstoffquotengesetz&oldid=68356912
[47] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokunststoff-Verpackung&oldid=65127077
[48] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomasseheizwerk&oldid=70167118
[49] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomassepotenzial&oldid=61316241
[50] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomassevergasung&oldid=73413956
[51] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomethan&oldid=70900256
[52] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioreaktor&oldid=71181355
[53] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biowasserstoff&oldid=67876652
[54] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Cellulose-Ethanol&oldid=72810693
[55] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiesteuergesetz_%28Deutschland%29&oldid=68153812
[56] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiewende&oldid=70093123
[57] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Erneuerbare-Energien-W%C3%A4rmegesetz&oldid=66240491
[58] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faseraufschluss&oldid=66730840
[59] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fasernessel&oldid=65028861
[60] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faserpflanze&oldid=73329923
[61] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=G%C3%A4rrest&oldid=60280261
[62] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gemeiner_Lein&oldid=60423302
[63] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Getreideverbrennung&oldid=69083665
[64] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Glycerin&oldid=69601265
[65] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hackschnitzel&oldid=70137202
[66] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hanffaser&oldid=62507195
[67] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzmobilisierung&oldid=68734216
[68] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzstoff&oldid=69191306
[69] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holztrocknung&oldid=60045552
[70] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzwirtschaft&oldid=71142297
[71] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Industriepflanze&oldid=70529472
[72] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kokos%C3%B6l&oldid=66083911
[73] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kokospalme&oldid=69161013
[74] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Korkeiche&oldid=63896580
[75] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lein%C3%B6l&oldid=69161545
[76] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lignin&oldid=64436237
[77] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Linoleum&oldid=68156203
[78] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_der_Holzarten&oldid=73426575
[79] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nutzhanf&oldid=64882264
[80] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Oleochemie&oldid=70826735
[81] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96lm%C3%BChle&oldid=69201030
[82] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96lpresse&oldid=62307135
[83] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pelletheizung&oldid=70226263
[84] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyhydroxyalkanoate&oldid=61371895
[85] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyhydroxybutters%C3%A4ure&oldid=69158707
[86] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polylactide&oldid=68302716

[87] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ramie&oldid=62438296
[88] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rapskuchen&oldid=62305019
[89] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raps%C3%B6l&oldid=70172862
[90] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rizinus%C3%B6l&oldid=70436326
[91] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%B6ste&oldid=71647337
[92] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rotbuche&oldid=70792571
[93] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sch%C3%A4be&oldid=58196449
[94] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Silomais&oldid=65323204
[95] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sisalfaser&oldid=59800164
[96] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sojabohne&oldid=71182822
[97] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soja%C3%B6l&oldid=68294992
[98] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%A4rkepflanze&oldid=67878739
[99] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%A4rkepolymer&oldid=66441622
[100] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Stroh&oldid=65269018
[101] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Synthetic_Natural_Gas&oldid=66441798
[102] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermoplastische_St%C3%A4rke&oldid=66200634
[103] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Tiereinstreu&oldid=65350495
[104] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Trockenverg%C3%A4rung&oldid=69600672
[105] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Viskose&oldid=73614991
[106] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wood-Plastic-Composite&oldid=71644389
[107] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zellstoff&oldid=69372862
[108] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zuckerpflanze&oldid=67842124
[109] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Acetyliertes_Holz&oldid=70533053
[110] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Agrarenergie&oldid=66765971
[111] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Agrartextil&oldid=59292051
[112] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ahornholz&oldid=65756419
[113] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Alkylpolyglycoside&oldid=57128793
[114] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Altholz&oldid=65337160
[115] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Altholzverordnung&oldid=64867663
[116] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Arboform&oldid=64500738
[117] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Asphalt&oldid=58652333
[118] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bauholz&oldid=73327821
[119] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Baumwollfaser&oldid=67840151
[120] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bernsteins%C3%A4ure&oldid=65757037
[121] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bestand_%28Forstwirtschaft%29&oldid=70077057
[122] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biobutanol&oldid=69148364
[123] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogasmotor&oldid=65757140
[124] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogen&oldid=59949657
[125] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biogener_Arzneistoff&oldid=70477585
[126] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokatalyse&oldid=70079684
[127] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokomposit&oldid=66602128
[128] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biokonversion&oldid=69149598
[129] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biologisch_abbaubarer_Werkstoff&oldid=69200459
[130] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biologische_Abbaubarkeit&oldid=68731903
[131] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung&oldid=72882145
[132] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biopolymere&oldid=73328072
[133] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biotenside&oldid=65758023
[134] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Biowerkstoff&oldid=65363545
[135] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Birkenholz&oldid=67680168
[136] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brechen_%28Faserpflanzen%29&oldid=66478132
[137] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brennholz&oldid=68352088
[138] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brettschichtholz&oldid=70706096
[139] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brettsperrholz&oldid=70706062
[140] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brikettierung&oldid=73420174
[141] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bruttokraftstoffertrag&oldid=62719856
[142] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Buchenholz&oldid=70755505
[143] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Carboxymethylcellulosen&oldid=72034357
[144] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Carnaubawachs&oldid=67876118
[145] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Celluloseacetat&oldid=69153125

[146] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Celluloseacetobutyrat&oldid=58818961
[147] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Celluloseester&oldid=73328447
[148] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Celluloseether&oldid=73328573
[149] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Cellulosehydrat&oldid=70411895
[150] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Chemiezellstoff&oldid=69191098
[151] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Chemurgie&oldid=63426848
[152] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Chitosan&oldid=61378269
[153] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Cyanophycin&oldid=66691723
[154] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Degummierung&oldid=58196763
[155] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Dezentrale_%C3%96lm%C3%BChle&oldid=71491926
[156] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Durchwachsene_Silphie&oldid=66637163
[157] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Echtes_Johanniskraut&oldid=68035343
[158] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Einblasd%C3%A4mmstoff&oldid=68651571
[159] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energieholz&oldid=68004500
[160] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiemais&oldid=71512738
[161] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiepflanzenpr%C3%A4mie&oldid=60522816
[162] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiewirt&oldid=69192425
[163] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Entschleimung&oldid=64503028
[164] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Eschenholz&oldid=71752182
[165] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Essigs%C3%A4ure&oldid=67616642
[166] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=ETBE&oldid=67587140
[167] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=EU-Biokraftstoffrichtlinie&oldid=66375747
[168] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faktis&oldid=67292316
[169] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A4rberdistel&oldid=66730647
[170] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A4rberkamille&oldid=67292471
[171] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A4rberkrapp&oldid=69200763
[172] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A4rberwaid&oldid=65457116
[173] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faserplatte&oldid=71643227
[174] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faserstoff&oldid=72475475
[175] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fetts%C3%A4uremethylester&oldid=69603789
[176] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichtenholz&oldid=67711826
[177] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fl%C3%A4chenstilllegung&oldid=68975893
[178] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Furnier&oldid=71183451
[179] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Furniersperrholz&oldid=70826490
[180] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ganzpflanzensilage&oldid=72859063
[181] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gemeine_Nachtkerze&oldid=67591914
[182] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gestufte_Reformierung&oldid=60280341
[183] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Grobspanplatte&oldid=70410073
[184] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gr%C3%BCnroggen&oldid=59538906
[185] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hackschnitzelheizung&oldid=71135999
[186] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Halbzellstoff&oldid=69191631
[187] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Halmgutartige_Biomasse&oldid=67706214
[188] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hanfpapier&oldid=69201782
[189] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Harte_Faserplatte&oldid=60013897
[190] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hechel&oldid=70825228
[191] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hemicellulose&oldid=71643456
[192] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzart&oldid=65040375
[193] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzaufschluss&oldid=68930721
[194] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzextrusion&oldid=60163542
[195] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzfaser&oldid=71889574
[196] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzfaserd%C3%A4mmplatte&oldid=60023931
[197] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzfehler&oldid=60048827
[198] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzgas&oldid=73413933
[199] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzkohle&oldid=67876035
[200] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzmehl&oldid=65140905
[201] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzmerkmal&oldid=60701624
[202] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzmodifikation&oldid=70532748
[203] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzspan&oldid=65768988
[204] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzspanwerkstoff&oldid=70397965

[205] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holztafelbau&oldid=72004376
[206] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holztechnik&oldid=71183550
[207] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzverzuckerung&oldid=63788197
[208] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzwolle&oldid=65439469
[209] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Holzwolle-Leichtbauplatte&oldid=64838101
[210] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hydriertes_Pflanzen%C3%B6l&oldid=66320931
[211] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Iberischer_Drachenkopf&oldid=60700967
[212] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Industrieholz&oldid=67873864
[213] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Industrierestholz&oldid=65865111
[214] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Jute&oldid=73343118
[215] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kaltpressung&oldid=62450051
[216] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kamille&oldid=67556812
[217] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kapok&oldid=68280581
[218] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Karton_%28Werkstoff%29&oldid=70707336
[219] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kasein&oldid=71307639
[220] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kaseinfarbe&oldid=69160427
[221] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kiefernholz&oldid=67951251
[222] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kleister&oldid=72533673
[223] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kokosfaser&oldid=61957928
[224] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kolophonium&oldid=68863786
[225] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Korb-Weide&oldid=59762775
[226] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kork&oldid=69178418
[227] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Krambe&oldid=63548994
[228] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kunstharzpressholz&oldid=70460407
[229] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kurzfaser&oldid=63975407
[230] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Langfaser&oldid=64043296
[231] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=L%C3%A4ngsfaser&oldid=64043334
[232] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=L%C3%A4rchenholz&oldid=66026007
[233] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Laubholz&oldid=72805417
[234] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Laurin%C3%B6l&oldid=63375632
[235] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Leim&oldid=72360343
[236] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Leindotter%C3%B6l&oldid=69512672
[237] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lein%C3%B6lfirnis&oldid=71630587
[238] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lindenholz&oldid=67691754
[239] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lyocell&oldid=61682734
[240] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Maisstroh&oldid=65323789
[241] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Methanbildung&oldid=68352298
[242] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Methylcellulose&oldid=60586464
[243] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Milchs%C3%A4ure&oldid=66596788
[244] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mindergetreide&oldid=51239867
[245] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mitteldichte_Holzfaserplatte&oldid=71644728
[246] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mohrenhirse&oldid=68039220
[247] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mulchfolie&oldid=59294884
[248] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nadelholz&oldid=71611606
[249] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturfarbe_%28Anstrichmittel%29&oldid=62285526
[250] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturfaser-Spritzguss&oldid=69201289
[251] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nawaro-Bonus&oldid=66461499
[252] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nichtholzprodukt&oldid=64043484
[253] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96lschrot&oldid=70811969
[254] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Papierst%C3%A4rke&oldid=70571019
[255] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pappelholz&oldid=66689105
[256] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pflanzen%C3%B6lbrenner&oldid=62269330
[257] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pflanzen%C3%B6lkocher&oldid=64286929
[258] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Phytopharmakon&oldid=70826635
[259] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Presskuchen&oldid=62334530
[260] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pyrolyse&oldid=71641241
[261] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pyrolysegas&oldid=62748219
[262] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pyrolyse%C3%B6l&oldid=63586578
[263] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ramiefaser&oldid=67840791

[264] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rapsasphalt&oldid=69201180
[265] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rapsextraktionsschrot&oldid=65113785
[266] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rapsmethylester&oldid=63000954
[267] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rapsstroh&oldid=65322944
[268] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raufen&oldid=71649775
[269] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Reet&oldid=67841296
[270] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Regeneratfaser&oldid=73122742
[271] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Reinbiokraftstoff&oldid=63729408
[272] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Restholz&oldid=73333126
[273] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rohstoffwende&oldid=63974249
[274] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rundholz&oldid=69190963
[275] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=S%C3%A4geketten%C3%B6l&oldid=58670949
[276] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=S%C3%A4genebenprodukt&oldid=65130322
[277] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schafwolle_als_D%C3%A4mmstoff&oldid=65050249
[278] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schellack&oldid=71183283
[279] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schichtholz&oldid=47058969
[280] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schilfrohrplatte&oldid=66692529
[281] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schnittholz&oldid=71903582
[282] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sch%C3%BCttd%C3%A4mmstoff&oldid=68685772
[283] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schwarzlauge&oldid=64046339
[284] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schwingen_%28Faserpflanzen%29&oldid=71641385
[285] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Seide&oldid=70781622
[286] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Seidenbau&oldid=70519880
[287] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Seife&oldid=71716997
[288] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sojamethylester&oldid=64234984
[289] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sonnenblumen%C3%B6l&oldid=66855104
[290] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Spanplatte&oldid=70410158
[291] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sperrholz&oldid=71183473
[292] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Stabsperrholz&oldid=63974555
[293] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%A4rkeblend&oldid=70177072
[294] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Strohballenbau&oldid=68690635
[295] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Strohpellet&oldid=65113322
[296] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Substrat_%28Biogasanlage%29&oldid=64541527
[297] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sudangras&oldid=70340707
[298] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sulfatverfahren_%28Papierherstellung%29&oldid=63297628
[299] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sulfitverfahren&oldid=62918271
[300] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Superkurzfaser&oldid=65131056
[301] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Talg&oldid=72669701
[302] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Tall%C3%B6l&oldid=64886135
[303] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Tannenholz&oldid=67425150
[304] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Tannine&oldid=71726664
[305] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Terpentin&oldid=70397221
[306] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Terpentin%C3%B6l&oldid=70403380
[307] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermisch_modifiziertes_Holz&oldid=65353350
[308] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Trockenschlempe&oldid=50557861
[309] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=T%C3%BCrinnenverkleidung&oldid=67072841
[310] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Umesterung&oldid=73343557
[311] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Waldrestholz&oldid=65864917
[312] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Weidenholz&oldid=72657871
[313] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Werg&oldid=65117379
[314] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wirrfaser&oldid=63514792
[315] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=XtL-Kraftstoff&oldid=73611207
[316] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zelluloid&oldid=71307833
[317] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zertifizierung_%28Biomasse%29&oldid=71491809
[318] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zertifizierung_%28Forstwirtschaft%29&oldid=67880690
[319] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zuckerr%C3%BCbenschnitzel&oldid=63622218
[320] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zuckertenside&oldid=67912882
[321] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%91-Linolens%C3%A4ure&oldid=69173808
[322] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Abac%C3%A1&oldid=64226572

[323] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Agraralkohol&oldid=67879853
[324] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ahorne&oldid=64380247
[325] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Alditole&oldid=66720681
[326] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%84therische_%C3%96le&oldid=70824248
[327] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bindemittel&oldid=73327946
[328] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brennerei&oldid=71116923
[329] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brennnesseln&oldid=70669327
[330] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brennstoff&oldid=68147127
[331] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Buchen&oldid=70792843
[332] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Cellulose&oldid=71908986
[333] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Chinaschilf&oldid=65386361
[334] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Chitin&oldid=66921134
[335] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Desodorierung&oldid=63973882
[336] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Dimethylether&oldid=65957127
[337] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Dispersionsfarbe&oldid=70181079
[338] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Douglasie&oldid=71855779
[339] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=D%C3%BCnnschlempe&oldid=59534228
[340] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Duroplast&oldid=73163480
[341] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Eichen&oldid=73335438
[342] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Erneuerbare_Energie&oldid=70173851
[343] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ethanol&oldid=60727872
[344] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ethanol-Kraftstoff&oldid=58769606
[345] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A4rber-Wau&oldid=66576333
[346] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faser&oldid=73329148
[347] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Faserverbundwerkstoff&oldid=73330106
[348] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fermentation&oldid=73339917
[349] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fettalkohole&oldid=72930647
[350] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichten&oldid=67842202
[351] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fischer-Tropsch-Synthese&oldid=72951238
[352] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geb%C3%A4udeheizung&oldid=71768425
[353] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gelatine&oldid=69158468
[354] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gemeine_Esche&oldid=70068885
[355] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geotextil&oldid=69005787
[356] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Getreide&oldid=71490333
[357] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gew%C3%B6hnliche_Robinie&oldid=69178432
[358] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gras&oldid=68604448
[359] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Grassilage&oldid=65327836
[360] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gro%C3%9Fe_Brennnessel&oldid=56229812
[361] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gr%C3%BCne_Biotechnologie&oldid=67577424
[362] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gr%C3%BCnland&oldid=71712446
[363] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=G%C3%BClle&oldid=60459827
[364] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hainbuche&oldid=63970551
[365] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hanf_%28Art%29&oldid=60428582
[366] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hanftextilie&oldid=62507169
[367] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Harz_%28Material%29&oldid=73280481
[368] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hauptbaumart&oldid=39943286
[369] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Heu&oldid=71726555
[370] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hirse&oldid=71651471
[371] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hydraulikfl%C3%BCssigkeit&oldid=71090447
[372] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Jatropha&oldid=70707674
[373] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kartoffel&oldid=70464105
[374] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kautschukbaum&oldid=71181865
[375] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kenaf&oldid=66588925
[376] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kiefern&oldid=67871015
[377] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Klebstoff&oldid=72842746
[378] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kollagen&oldid=71654419
[379] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kompostierung&oldid=71652676
[380] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kraft-W%C3%A4rme-Kopplung&oldid=70541775
[381] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kunststoff&oldid=68114275

[382] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=L%C3%A4rchen&oldid=66103283
[383] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lecithine&oldid=68072424
[384] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Leindotter&oldid=62604527
[385] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lignocellulose&oldid=60054239
[386] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Linden_%28Botanik%29&oldid=67840436
[387] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Linols%C3%A4ure&oldid=69173558
[388] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mais&oldid=66688872
[389] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Maissilage&oldid=65323197
[390] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Maniok&oldid=73378125
[391] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Melasse&oldid=66360671
[392] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Miscanthus&oldid=69855629
[393] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Naturkosmetik&oldid=73332987
[394] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Niembaum&oldid=70078454
[395] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nutzpflanze&oldid=73503457
[396] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96lertrag&oldid=60225077
[397] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96lpalme&oldid=66676312
[398] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96ls%C3%A4ure&oldid=69173670
[399] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pappeln&oldid=62307530
[400] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pellet&oldid=69190853
[401] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pflanzen%C3%B6le&oldid=64720960
[402] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyethylen&oldid=65998516
[403] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyurethane&oldid=71642926
[404] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Purgiernuss&oldid=71970748
[405] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raffination&oldid=64550706
[406] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raps&oldid=71585556
[407] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Reinigungsmittel&oldid=72887022
[408] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rinde&oldid=63860616
[409] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Roggen&oldid=73698810
[410] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Rohstoff&oldid=72502489
[411] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schal%C3%B6l&oldid=55848968
[412] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schilfrohr&oldid=69162145
[413] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Seegr%C3%A4ser&oldid=69486877
[414] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Seidenspinner&oldid=70745166
[415] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Silage&oldid=63871328
[416] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sisal-Agave&oldid=63376501
[417] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sonnenblume&oldid=70570469
[418] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sorghumhirsen&oldid=72767329
[419] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Spritzgie%C3%9Fen&oldid=73333227
[420] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%A4rke&oldid=65313643
[421] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Tannen&oldid=67841461
[422] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Tenside&oldid=71773578
[423] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Topinambur&oldid=66209612
[424] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Transportverpackung&oldid=64866411
[425] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Verfahrenstechnik&oldid=68997009
[426] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wachs&oldid=71673556
[427] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Waschmittel&oldid=72800182
[428] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Waschnussbaum&oldid=70078358
[429] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wasserstoffherstellung&oldid=73227246
[430] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Weichweizen&oldid=71349342
[431] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Weiden_%28Botanik%29&oldid=71726459
[432] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wolle&oldid=72531076
[433] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zucker&oldid=71182002
[434] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zuckerrohr&oldid=71909333
[435] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zuckerr%C3%BCbe&oldid=71182402
[436] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Acetylierung&oldid=64516848
[437] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ackergras&oldid=58634301
[438] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Agrarrohstoff&oldid=64990597
[439] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Alge&oldid=69108727
[440] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bagasse&oldid=67705231

[441] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bakterien&oldid=69198596
[442] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioabfall&oldid=57256969
[443] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bio%C3%B6l&oldid=62893542
[444] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Blockheizkraftwerk&oldid=69069859
[445] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brikettierpresse&oldid=65328331
[446] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Dampfdruckaufschluss&oldid=64319367
[447] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Extrusion_%28Verfahrenstechnik%29&oldid=73190625
[448] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Formpressen&oldid=59368544
[449] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gartenkresse&oldid=66639289
[450] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=G%C3%A4rung&oldid=69157638
[451] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geogitter&oldid=69159176
[452] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Heizwert&oldid=73100012
[453] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kraftstoff&oldid=64554233
[454] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kunststofffolie&oldid=73335005
[455] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kuppelproduktion&oldid=69384788
[456] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_der_Kunststoffe&oldid=71876707
[457] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Matratze&oldid=70273582
[458] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Molke&oldid=68396061
[459] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Nahw%C3%A4rme&oldid=71143394
[460] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96kologisches_Bauen&oldid=71135881
[461] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96lsaat&oldid=64111006
[462] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pflanzenz%C3%BCchtung&oldid=73203131
[463] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Plastikt%C3%BCte&oldid=64769064
[464] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyole&oldid=70274032
[465] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schmier%C3%B6l&oldid=73445703
[466] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sekund%C3%A4rrohstoff&oldid=63378911
[467] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Technische_Textilie&oldid=55504073
[468] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Triticale&oldid=64710733
[469] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Verbundwerkstoff&oldid=72498061
[470] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Vergasen&oldid=70274280
[471] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wunderbaum&oldid=70273894
[472] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zersetzung_%28Chemie%29&oldid=68189092

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

Sägekettenöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=58670949 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Florian Gerlach (Nawaro), Gundo, Hydro, Jbergner, Oberfoerster, Roland.chem

Sägenebenprodukt *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65130322 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Hydro, Papst Johannes, Parakletes, Tetris L, Ulsimitsuki

Schäbe *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=58196449 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Griensteidl, Hydro, Jakob j, KM1980, Kiker99, Kulac, Lucarelli, Mravinszky, Norro, Okrumnow, PumpingRudi, S1, Thomas S., Ticketautomat, Video2005, 4 anonyme Bearbeitungen

Schafwolle als Dämmstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65050249 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Anton-Josef, BigBen666, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), DerHexer, Don Magnifico, Florian Gerlach (Nawaro), FriedhelmW, Helehne, Jaellee, KOchstudiO, Lambada, Markus Schweiß, MarkusHagenlocher, Nockel12, Onkel74, Silberchen, Sinn, Spritzendorfer, Sunshine22, TomAlt, Tönjes, Wst, YourEyesOnly, 18 anonyme Bearbeitungen

Schalöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=55848968 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), BjKa, Florian Gerlach (Nawaro), Onkelkoeln, Roland.chem, 1 anonyme Bearbeitungen

Schellack *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71183283 *Bearbeiter*: .hd, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), AchimP, Andy king50, Arctic Wolf, Arimangaleel, Asb, Avatar, BK, Ben-Zin, Boonekamp, Christian2003, ChristophDemmer, Crazy-Chemist, DB1BMN, Elwe, Ephraim33, Fristu, Fuzzy, Gahle, Gestumblindi, Gulp, Histery, IKAl, Ies, Iridos, Jbergner, Jodo, John, KlausSchiwinsky, Korny78, Kulac, Lcm121, LivingShadow, LuigisBrother, Maikel, Masa, Maschinenkanone, Matthias M., Matthias.Gruber, Maxmax, Mediatus, Mikue, Nemissimo, Olei, Oli!, Orci, Ossipro, PaterMcFly, Pm, Polluks, Priwo, R. Engelhardt, Ra'ike, RobertLechner, Roland.chem, Skerdilaid2007, Stefan2, Techstat, Thiesi, ThorstenS, V.R.S., Vigilius, W!B:, WAH, Wesener, Wiegels, Wst, Xaverloehner, Zoom661, 65 anonyme Bearbeitungen

Schichtholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=47058969 *Bearbeiter*: Oberfoerster, Steevlein

Schilfrohr *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69162145 *Bearbeiter*: $traight-$hoota, AHZ, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Ayacop, B.gliwa, BS Thurner Hof, Barockbaumeister, Bdk, BluetenBlatt, Bücherwürmlein, Darkone, Denis Barthel, Diba, Dominik, Dundak, Ejfis, Engie, Eryakaas, Fice, Griensteidl, Holophernes, Hydro, JFKCom, Javaprog, Johann Jaritz, Karl-Henner, Kereul, LivingShadow, Lyzzy, MPF-UK, MatthiasKabel, Michael w, Muscari, Paddy, Rdb, Reissdorf, Ronk, Secular mind, Sinn, Tafkas, Tigerente, Tönjes, Vic Fontaine, W!B:, Wesener, YourEyesOnly, 36 anonyme Bearbeitungen

Schilfrohrplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66692529 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Denis Barthel (WMDE), Florian Gerlach (Nawaro), Hydro, KM1980, Lutz Terheyden, Nepenthes, Philipooo77, Rallig, RolandS, Vux, Widda, 3 anonyme Bearbeitungen

Schmieröl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73445703 *Bearbeiter*: 1-1111, AOL-Fan, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, AlexR, Allesmüller, Antonsusi, Bertonymus, Bigbug21, Blunt., Capaci34, Codeispoetry, Commander-pirx, D, DerHexer, Die tiefe blaue See, Echtner, Edhild, Ephraim33, Fedi, Gerfriedc, Goldzahn, Golf-Hooligan, Grumml, HH58, Hadhuey, Hidd, Jbergner, Jeangabin, Jed, John Eff, Jom, Justbefree, Kaugummimann, Koerpertraining, Kolossos, Leonardo, Linksfuss, MD, Mabschaaf, Maggot, Manecke, Markus Schweiß, Matthias Schneider, Matthäus Wander, Meghann99, Mons Maenalus, Montauk, Ninjamask, Norbach, Omegaquadrat, Orino, PassePorte, Peter200, Pfalzfrank, Powerbiker1, Punxsutawney-phil, Regenspaziergang, Roland.chem, S1, STBR, Sabudis, Saibo, Schusch, Schwalbe, Shihan, Steevie, Teeschmid, Tim Pritlove, Tobnu, Tom.collins, Tomakos, Trg, Ussschrotti, Video2005, WAH, WikiPimpi, Wvm, Zahnstein, Zumbo, 152 anonyme Bearbeitungen

Schnittholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71903582 *Bearbeiter*: Aka, Avoided, Club79, Gh, Henning Zipf, Kh555, Knopfkind, Koethnig, Koppi2, Lachmacun, MFM, Martina Kolarek, Mikue, Mätes, Roest, Solid State, TomAlt, W!B:, WikipediaMaster, Wolfgang1018, 9 anonyme Bearbeitungen

Schüttdämmstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68685772 *Bearbeiter*: Florian Gerlach (Nawaro)

Schwarzlauge *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64046339 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Denis Barthel (WMDE), Florian Gerlach (Nawaro), Iro-Iro, Matthias M., Rufus46, Succu, Tetris L, 5 anonyme Bearbeitungen

Schwingen (Faserpflanzen) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71641385 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Bahnmoeller, Bobo11, Denis Barthel (WMDE), Griensteidl, PumpingRudi, Stephan Piotrowski (Nawaro)

Seegräser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69486877 *Bearbeiter*: -jkb-, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ajmer1, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Density, Derbeth, Engelbaet, Enlil2, Fabelfroh, Florian Gerlach (Nawaro), Franz Xaver, Hystrix, Jeburkh, Jutta234, Kibert, Nikkis, Olaf Studt, Orchi, Peng, Supermartl, Tlustulimu, YourEyesOnly, Zirpe, 18 anonyme Bearbeitungen

Seide *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70781622 *Bearbeiter*: AHZ, Abercron, Achim Raschka (Nawaro), Agnete, Aka, Andrsvoss, Andy king50, Atlan da Gonozal, BKSlink, BS Thurner Hof, Baumfreund-FFM, Ben-Zin, Berliner Schildkröte, Bettenburg, C. Grade, CaZeRillo, Caeschfloh, Carbidfischer, Chb, Chrislb, Christian2003, ChristianBier, Conversion script, Danares, Dapeda, DelSarto, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Don Magnifico, DrSeehas, Duesentrieb, Dundak, El, El., Emes, Engie, Euku, Felix Stember, Fice, Florian Gerlach (Nawaro), FotoFux, Geist, der stets verneint, Glitzerfee, Gloeglm, Grindinger, HaSee, Hannibal21, HansCastorp, Happy spider, Harald Mühlböck, Heiner Brookman (Nawaro), Hempstar, Hendrik J., Hofres, Hubertl, Ikiwaner, Ilian, Immanuel Giel, Irmgard, JFKCom, JWBE, Jarlhelm, JiaLe, KM1980, Kemp75, Kinkel Uwe, Kku, Krawi, Kuebi, Kulac, Kyff, König Alfons der Viertelvorzwölfte, LKD, LoKiLeCh, Louis le Grand, Lutzeputz, M.L, MFM, Madame, Maggot, ManfredK, Markobr, Masato, Media lib, Miaow Miaow, Muck, Muritatis, Netbus2000, Niten ichy, Nolispanmo, Numbo3, Ofey65, Olei, Onee, Ot, PaulT, Pelz, Peng, Peter200, Pittimann, Rainer Bielefeld, Revonnah, RobertLechner, Rolibo, Roo1812, Roterraecher, S1, STBR, Sechmet, Seestaernli, Sei Shonagon, Semper, Silkwood rebooted, Sinn, Sky Darmos, Snahlemmuh, Spotty, Stefan, StefanC, Steffen85, Stepa, Sunshine22, Tafkas, Thire, Tobnu, Traroth, Trixium, Tsui, Tönjes, Umweltschützen, Voevoda, WAH, Xantener, Xdmo, Yak, YourEyesOnly, Zeitan, €pa, ベータ一, 164 anonyme Bearbeitungen

Seidenbau *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70519880 *Bearbeiter*: Aka, DasBee, Dietzel65, Franz Xaver, Gerbil, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Holger1259, Jordi, Klara Rosa, Kuebi, Kulac, Media lib, Mike Krüger, Pinnipedia, Teekay, Trallalla, ベータ一, 9 anonyme Bearbeitungen

Seidenspinner *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70745166 *Bearbeiter*: 217, Achim Raschka, Aglarech, Aka, AndreasPraefcke, Ayacop, Bierdimpfl, Codeispoetry, Daniel 1992, DerHexer, Diba, Eike Welk, ElRaki, Ephraim33, ErikDunsing, Gatm, Griensteidl, HAH, Hagen Graebner, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikHolke, Ilja Lorek, JFKCom, Javaprog, John, Jordi, Jutta234, Karl-Henner, Kuebi, Kulac, Kywikony, LKD, Magnummandel, Magnus Manske, MarcoBorn, MarkusHagenlocher, Martin-vogel, Marvoir, Mnh, Necrophorus, Nepenthes, Olei, Peter200, Philipendula, Pippu d'Angelo, Professormozart, René Mettke, Schwalbe, Semper, Serpens, Srbauer, Stechlin, T.M.L.-KuTV, Tönjes, Vic Fontaine, Wesener, Wolfgang H., Zangala, Zotteli, 73 anonyme Bearbeitungen

Seife *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71716997 *Bearbeiter*: AHZ, Aineias, Aka, Alexlo, Alkor3033, Antonin, Arwen Undomiel, Baumfreund-FFM, Björn Bornhöft, Blubbalutsch, Boemmels, Brackenheim, Brisbard, CSI:Nürnberg, Cancun, Carl Steinbeißer, Ceeemm, Chs, Church of emacs, Ckeen, Complex, Conny, DEr devil, DasBee, DerHexer, Dermartn, Diba, Die tiefe blaue See, Diezweitehand, Dinah, Dirk Ro, Doclecter, Don Magnifico, Dschen, Eintracht4ever, ElTom, Elwe, Engie, Erdnuzz, Erkan Yilmaz, Eschenmoser, Fedi, Felix Stember, Felixdamrau, FritzG, Gerbil, GerdM, Gmhofmann, HaSee, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Henning Ihmels, Hubertl, Hungchaka, Hystrix, Isue, J'88, Jesusfreund, Jmsanta, Jodoform, Johnny Yen, Jokep, Jonnie, Jpkoester1, Juliana, Jörg Kopp, Jü, Kai-Roland Heidenreich, Kalumet, Kam Solusar, Krawi, Kuhlo, LKD, Leumar01, Leyo, Logograph, Lorem ipsum, M.L, MaSchroe, Malech, Manecke, Matsego, Media lib, Merkurion, Micha L. Rieser, MichiK, Minalcar, Mnh, My name, Möchtegern, Nepenthes, NeuPopSpeck, Nicolas G., Nicolas17, Nolispanmo, Numbo3, Oberfoerster, Orci, Oschoett, Ot, Overkill90, Oxymoron83, Pendulin, Peng, Peter200, Pfünder, Philipendula, Primus von Quack, Rainer Bielefeld, Rainer Driesen, Rainer Lippert, Ralf Winter, Rasender-Roland, Rfc, Robb, Roland.chem, Roland1952, Roo1812, Rorkhete, S1, STBR, Scaevola, Seewolf, Sei Shonagon, Shimon, Shurakai, Sicherlich, Silberchen, Sinn, Soulman, Spielplatzdiplomat, Stechlin, Stefan, Stefan-Xp, Stefbuer, Steffen Löwe Gera, Streberkind, Strombomboli, Summ, Susikala, TecDax, Thorbjoern, Thornard, Tobi B., Tobnu, Tönjes, Unscheinbar, Urdar, Uwe Gille, Uwe Rumberg, Vasil', Vorbenützer, Voyager, W!B:, WAH, WaltR, WikiPimpi, Wiska Bodo, Wolfgang H., Wolfgang1018, Xocolatl, Yanestra, YourEyesOnly, Zahnstein, Zornfrucht, 316 anonyme Bearbeitungen

Sekundärrohstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63378911 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), DonLeone, Florian Gerlach (Nawaro), Grimmi59 rade, Herrick, Kokomiko, Nicor, Triebtäter, Zahnstein, Zombi, 2 anonyme Bearbeitungen

Silage *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63871328 *Bearbeiter*: BWesten, Boris23, Briemle, Brudersohn, Bsmuc64, Cointel, Crazybyte, DarkScipio, Dbenzhuser, Diyias, Dr. phil. Brauer, Ebersberger, ElRaki, Elpollo, Faxel, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Fuenfundachtzig, Gelack, Grummthater, Heiner Brookman (Nawaro), Herbertweidner, Hinrich, Isis2000, Jed, Kookaburra, Landwirt, Lotic, Magnus, Martin Sell, Matt314, MatthiasKabel, Mijobe, OTTO.R.M., Peterlustig, Robb, Rorkhete, SPKirsch, Saperaud, Slow-fi, Southpark, Succu, Tetris L, Thorsten1, Verum, WerWil, WodyS, Zwoenitzer, Überraschungsbilder, 36 anonyme Bearbeitungen

Silomais *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65323204 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Itti

Sisal-Agave *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63376501 *Bearbeiter*: -jkb-, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Avoided, Baumfreund-FFM, Cecil, Darkone, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Der Wolf im Wald, Dick Tracy, El Conde, Euphoriceyes, F12, Florian Gerlach (Nawaro), Frank Dickert, Franz Xaver, Ikiwaner, Irmgard, Jergen, Johnny Controletti, Kaisersoft, Olaf Studt, Ot, Patrick-br, PeeCee, Peng, Regiomontanus, Segelmaus, Succu, Tigerente, Timmy, Toksave, Udo Schuldt, Wivoelke, 36 anonyme Bearbeitungen

Sisalfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59800164 *Bearbeiter*: 32X, Chpfeiffer, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Engie, Florian Gerlach (Nawaro), Louis Bafrance, WAH, 7 anonyme Bearbeitungen

Sojabohne *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71182822 *Bearbeiter*: Achates, Achim Raschka, Ahoerstemeier, Aka, Alex Ex, Amphibium, Andante, Ayacop, BMK, Ben-Zin, Bhuck, Blaue Orchidee, Burgkirsch, Capaci34, Chb, ChristophDemmer, Ckeen, Coleman, Conny, Conversion script, Crazybyte, Cvf-ps, Cymothoa exigua, Danielgruen, Denis Barthel, DerHexer, Diba, Don Magnifico, Dr. Farbe, Engie, Euphoriceyes, Fafner, Fasten, Feuerrabe, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Franz Xaver, Fspade, Georg Slickers, Gerbil, Gerlach, Gleiberg, Glycine, Goldener Kater, Goldlocki, Gpvos, Greenhouse-JPBerlin, Griensteidl, H005, HaeB, Hansele, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Hinrich, HomeentertainmentExplosion, Hydro, Iklinger, Jed, Jens1234, Jonna, Jörg-Peter Wagner, KMJagger, Kaiservonjapan, Karl-Henner, Katach, Kibert, Kingruedi, Komp, Krawi, Krtek76, Kuemmi, La Corona, Linksfuss, Löschfix, Malula, Markus Mueller, Martin Aggel, Martin Heusel, Marvin 101, Michail, Morray, Muscari, Mussklprozz, NilsKruse, Niteshift, Nockel12, Oliver S.Y., Paddy, Parakletes, Parvus77, Peewit, Peter200, Petwoe, Phil41, Prissantenbär, QualiaUser, Renato Caniatti, Robb, Roo1812, Rr2000, RudolfSimon, SchallundRauch, Schewek, Semper, Shoshone, Sicherlich, Sinn, Skicu, Slimcase, Sol1, St.Krekeler, Stoerti, TheK, Thomasgl, Thommess, Thorbjoern, Till.niermann, Tönjes, Vinci, Wahrheitsministerium, Wikifitz, Wohingenau, Wolf32at, Wst, Youandme, 118 anonyme Bearbeitungen

Sojamethylester *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64234984 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), René Mettke, 2 anonyme Bearbeitungen

Sojaöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68294992 *Bearbeiter*: 28hourday, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Basilicofresco, Florian Gerlach (Nawaro), Linksfuss, Onkelkoeln, Rjh, RobertLechner, 4 anonyme Bearbeitungen

Sonnenblume *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70570469 *Bearbeiter*: 3268zauber, 7gscheiter, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), AchromatReader, Agadez, Aglarech, Aka, Alf1958, Asio otus, Auer1987, Avenarius, AxelHH, BJ Axel, BS Thurner Hof, Bdk, Bernd Sauerwein, Blumenfischer, CBeebop, CedricBLN, Christian2003, Complex, Conti, Coolgretchen, Curtis Newton, Danares, Danielgruen, Darkone, Das Robert, David-San, DavidDerGroße, Density, DerHexer, Diba, Dinah, Dominic Z., Don Magnifico, Dundak, EPei, ERWEH, El., Ephraim33, Euphoriceyes, Europa1, Fafner, Felix Stember, Fleasoft, Florian Gerlach (Nawaro), Fuenfundachtzig, Funny999, Geaster, Georg-Johann, GeorgR (de), Geos, Grindinger, Guweri, HH58, HaeB, HansCastorp, Happolati, Howwi, Hubertl, Ilion, JFKCom, Janz, Jergen, Jodo, Jörg Preisendörfer, KaiMartin, Kartoffelpuffer, Katpatuka, Kibert, Krawi, LKD, Leckherchen, Louis le Grand, Löffl, Manuel Krüger-Krusche, MarianSigler, Martin-vogel, McKarri, Metalhead64, Migas, Mikano, Mo4jolo, Mundartpoet, Muscari, Necrophorus, Neon02, Nepenthes, Nfreaker91, Nikkis, Nimbus1940, Nolispanmo, Operivar, Paddy, Pendulin, Peter200, Philipendula, Pjacobi, Pletet, Polluks, Querverplänkler, Regenspaziergang, Regi51, RoCkEr789, Roberta F., Rusti, S1, Sabata, Septembermorgen, Shorn, Sinn, Spacebirdy, Spahnferkel, Stonx, Suirenn, T.a.k., T34, Tafkas, Taxiarchos228, Thire, Tobhaeg, Tönjes, Uwe Gille, Verita, Vertebro, Vic Fontaine, Vulkan, W.J.Pilsak, WAH, Wolfgang H., Wolfgang1018, Yellowcard, YourEyesOnly, 198 anonyme Bearbeitungen

Sonnenblumenöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66855104 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Dark magus, Denis Barthel, DerHexer, Dr. hc. Ahmed Bin Abbas, Elmschrat, Ewkaa, Florian Gerlach (Nawaro), Gerhard wien, Grapelli, JD, LKD, Lutz Terheyden, Löschfix, Polarlys, RanuKanu, Roland.chem, SilP, Solid State, Supermartl, T34, Tobnu, WAH, Wolfgang1018, Wst, 24 anonyme Bearbeitungen

Sorghumhirsen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72767329 *Bearbeiter*: Accipiter, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), AchromatReader, Aka, BMK, Bertramz, Bugdream, Catrin, Crux, Cyrus Grisham, Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Fridolin freudenfett, Gerbil, Ghaly, Gnu1742, Griensteidl, Gunnar.wegner, Heiner Brookman (Nawaro), Hi.ro, Hydro, Idler, Irmgard, Jordi, Jungpionier, Kormophyt, Kulac, Llonniznarf, Lutz Kluge, Martin-vogel, Morgenröte, N15-PK23-11, Nicke L, Nipisiquit, Olei, Parvus77, Qhx, Romaine, S.K., SchallundRauch, Sechmet, Slomox, Smial, Sophophiloteros, Stephan Piotrowski (Nawaro), UW, Vitellaria, Wesener, Wicket, WolfgangRieger, Yak, 15 anonyme Bearbeitungen

Spanplatte *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70410158 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Anneke Wolf, Cerealie, Das Ohr, DerHexer, DiplomBastler, Dnalor, Enricola, Garfilius, Giftpflanze, GiordanoBruno, Hebbecker, Hubertl, Ilsebill, J.-H. Janßen, Jareis, Jom, Kaindl Salzburg, Kaisersoft, Karl Gruber, Kuebi, Kuru, Leyo, Logograph, MIGNON, Martina Kolarek, MatthiasKabel, Misburg3014, Mnh, Nockel12, OecherAlemanne, Onee, Operivar, Otto Normalverbraucher, Port(u*o)s, Regi51, Ri st, Robb, RokerHRO, Roterraecher, Rsddrs, S1, Scholpin, Sdo, Seewolf, Simon-Martin, Stefan64, Tischler-ole-welzel.de, TomAlt, Trg, Tönjes, Weede, Westiandi, Wo st 01, Wolfgang H., Z7V Bieber, 86 anonyme Bearbeitungen

Sperrholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71183473 *Bearbeiter*: 23.144186.42, Achim Raschka, MIGNON, Maho2604@aol.com, Martina Kolarek, Siehe-auch-Löscher, Uli K, Zahnstein, 2 anonyme Bearbeitungen

Spritzgießen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73333227 *Bearbeiter*: ADK, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Aleks-ger, Alox, Amphibium, Andreas1963, ArtMechanic, Benbrauer, Blaufisch, Brina-81, Callipides, ChristophDemmer, Chriusha, Dalvin, DasBee, Der Lange, Der Wolf im Wald, DerHexer, Dinah, Entlinkt, Ephraim33, Filzstift, Florian Gerlach (Nawaro), Frank Engels, Friedrichheinz, Fristu, Future, Hadhuey, HenHei, Herzi Pinki, HoloDoc MHN, Hystrix, Jahobr, James ryan89, Jxr, K41f1r, Kku, Klapper, Knergy, Knipptang, MFM, MaBo, Marcus Hahn, Maximus76, Mik81, Noclador, Nolispanmo, Olei, Omit, Pilawa, Politics, Popp, Regi51, Remylop, RobbyBer, RokerHRO, Rolf Maria Rexhausen, Salamipferd, SchaubM, Schusch, Schwalbe, Silberchen, Southpark, Spuk968, Tim Huber (Nawaro), Tjmoel, Toffel, Togo, Toutíorîx, Ttox, Ulz, WAH, WMotzet, WikipediaMaster, Wissen, Xocolatl, YourEyesOnly, Zenit, Zollernalb, 148 anonyme Bearbeitungen

Stabsperrholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63974555 *Bearbeiter*: Alexandra Brunnert (Nawaro), Bernhard Wallisch, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), DiplomBastler, Drstefanschneider, Florian Gerlach (Nawaro), Hermannthomas, Hewa, Krawi, MIGNON, Matthäus Wander, Mef.ellingen, Mlucan, Roo1812, Tönjes, Udm, Wikipedia ce, 12 anonyme Bearbeitungen

Stärke *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65313643 *Bearbeiter*: 1-1111, ANKAWÜ, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Aka, Alf1958, Alfred Grudszus, And3k, AquariaNR, Avoided, Ayacop, BMK, Birger Fricke, BlueCücü, Burgkirsch, Carstor, Centic, Chamtor, Christian0911, Christian2003, Christopher, Codeispoetry, Crazy-Chemist, Cvf-ps, Das Ohr, DasBee, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Der.Traeumer, DerErgaenzer, DerHexer, Directer, Dnalor, Don Magnifico, Dr. Bode, DrAlchemie, Dundak, EPAW Timber, Eibel, EisfeeNRW, ElRaki, Elbe1, Entlinkt, ErikIam, Eschenmoser, Extrawurst, F31n, Felix Stember, Feuerblüte, Flo 1, Florian Gerlach (Nawaro), Frquadrat, Gleiberg, Glglgl, H005, HaeB, He3nry, Henning Blatt, Hermannthomas, Hey, Hofres, HolgerB, Hutschi, Hystrix, Ickle, Jaeck08, Jan Homann, Jergen, Jrk, Juergen Bode, Juesch, Jurhe, Karl-Henner, Kibert, Krawi, Kurt Jansson, Lady Suppenhuhn, Lefanu, Leichtbau, Leyo, Louis Bafrance, Lucky strike, Löschfix, Mardil, Martin Aggel, Mnolf, Much89, NEUROtiker, NKD, Naddy, Nerd, Nikkis, Nina, Oge, Onkelkoeln, Ot, PassePorte, Pne, Querverplänkler, Regi51, Robert Weemeyer, Rocastelo, Roland.chem, Rolf H., Roterraecher, S1, STBR, Saibo, Salocin, Semper, Sinn, Solid State, Specht-im-Baum, StephanKetz, Tangram, Tauriel, Terabyte, TheK, Thogo, Tobi B., Tobias Bergemann, Tönjes, Umehlig, Umweltschützen, Voyager, W!B:, WAH, Waelder, WissensDürster, Woscit, YourEyesOnly, Zenit, Zephyr, Zundelfrieder, 205 anonyme Bearbeitungen

Stärke als nachwachsender Rohstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65331955 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ariso, Florian Gerlach (Nawaro), Guffi, Hystrix, Merlin G., PeterGuhl, Syrcro, Zietz, Århus, 1 anonyme Bearbeitungen

Stärkeblend *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70177072 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Varina

Stärkepflanze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67878739 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Heiner Brookman (Nawaro), Hydro, Stephan Piotrowski (Nawaro), WOBE3333

Stärkepolymer *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66441622 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ben Ben, Heiner Brookman (Nawaro)

Stroh *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65269018 *Bearbeiter*: Abu el mot, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aseufert, Ben Ben, Bsmuc64, Claus Ableiter, Complex, Denis Barthel (WMDE), Der Franke, Elzecko, Engelbaet, Engie, Felix Frey, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Geekux, Gerzi, Gnu1742, Hinrich, Hofres, JohnnyB, Jom, Joystick, Kammler, Klapper, Landwirt, Maikel, Martin Bahmann, Media lib, Michael Mauch, NewPapillon, Nockel12, Numbo3, Olaf Studt, Permatec, Peter200, RobertLechner, Rugby, Sa-se, Saperaud, Southpark, Stefan, Stefan Kühn, TheWolf, Thomas Springer, Tobi B., TomAlt, Uwe Müller, Voyager, W.J.Pilsak, Wannabee3, WodyS, Wsanter, Zwoenitzer, 49 anonyme Bearbeitungen

Strohballenbau *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68690635 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Asdrubal, Denis Barthel (WMDE), Dontworry, Erik Streb, EwigLernender, Florian Gerlach (Nawaro), FriederikeWedig, Gumbel, Hans Koberger, Hubertl, Klever, MFM, Mistereule, Mnh, Oekofilm, Omi´s Törtchen, Rdb, RicciYvonne, STBR, SoIssetEben!, Steevie, Stefan Kühn, TibfelerTeufelExorzist, Tolentino, TomAlt, Tröte, WinfriedSchneider, 30 anonyme Bearbeitungen

Strohpellet *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65113322 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aseufert, BMK, Hadhuey, Hydro, Ilja Lorek, OHVChris75, Rainer Bielefeld, Rainer Zenz, Senfmann2, WHell, 9 anonyme Bearbeitungen

Substrat (Biogasanlage) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64541527 *Bearbeiter*: Aka, Andreas aus Hamburg in Berlin, Denis Barthel (WMDE), Ew-h2002, Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Itti, QualiStattQuanti, Septembermorgen, Tetris L, 2 anonyme Bearbeitungen

Sudangras *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70340707 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Boronian, Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Density, Ennimate, Florian Gerlach (Nawaro), Geaster, Griensteidl, Hydro, KOchstudiO, MFM, Zinnmann, 3 anonyme Bearbeitungen

Sulfatverfahren (Papierherstellung) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63297628 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Biomenne, Catmangu, Elrond, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Qwqchris, Tipptopp, Wiegels, 1 anonyme Bearbeitungen

Sulfitverfahren *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=62918271 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), 1 anonyme Bearbeitungen

Superkurzfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65131056 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Florian Gerlach (Nawaro), Ulsimitsuki

Synthetic Natural Gas *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66441798 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro), Grey Geezer, Heiner Brookman (Nawaro)

Talg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72669701 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aineias, AndreasPraefcke, Anton, Barbulo, CHK, Ciciban, Crux, EdytaT, Emkaer, Friedrichheinz, Gebripe, Ghoraidh, Heinte, Jbergner, JohannWalter, Kku, Lley, Marti7D3, Mr. B.B.C., Ondundozonananandana, Pill, Reinhard Kraasch, RobertLechner, Sleepytomcat, Spinnat, Stefan Kühn, Trexpro, Tsor, Uwe Gille, Wolf32at, Wst, 27 anonyme Bearbeitungen

Tallöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64886135 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Dnalor, Don Magnifico, EcKo, Florian Gerlach (Nawaro), Gulp, Hadhuey, JCS, KaiKemmann, Roland.chem, 9 anonyme Bearbeitungen

Tannen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67841461 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Aka, Anton, Avoided, Blaubahn, Blaufisch, Boronian, Branka France, Bärski, Cinik, Conny, Crux, Denis Barthel, Der Lange, DerHexer, Dietzel, Engie, Entlinkt, Eric Zeppenfeld, ErnstA, EwinderKahle, Eynre, FEXX, Factumquintus, Forstmeister, Geos, Griensteidl, HaeB, HansCastorp, He3nry, Hinrich, Ireas, Ixitixel, J.-H. Janßen, JCS, JFKCom, JakobVoss, Johnny Controletti, Jordi, Jutta234, KaiKemmann, Kaisersoft, Kam Solusar, Kuru, LKD, Liuthalas, MPF-UK, Manwe 81, Martin Bahmann, MatthiasKabel, Matthiasb, Matzematik, Michail, Migas, Mike Krüger, Mnh, Muscari, MyNoirSpirit, Nasenbär, Nepenthes, Nicolas G., Ninety Mile Beach, Nize, Oberfoerster, Onee, Orjen, Oxymoron83, Paddy, Ralf Roletschek, Rasko, Regi51, Renekaemmerer, Roest, Rufus46, S.lukas, S1, STBR, Schewek, Schlesinger, Schuetzm, Seewolf, Shyam, SibFreak, Siebzehnwolkenfrei, Sinn, Slimguy, Stacharczyk, StromBer, TP12, Tboekenkamp, TheJH, Thorbjoern, Tigerente, Tsor, Uimp, Unscheinbar, Vic Fontaine, WAH, Wand Al Ismus (Kann ich was dafür, wenn ich so heisse?), WikiMax, Wivoelke, YMS, YourEyesOnly, Zahnstein, 117 anonyme Bearbeitungen

Tannenholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67425150 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka

Tannine *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71726664 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Anaqonda, Andy king50, Auto, Ayacop, Baumfreund-FFM, Bernd vdB, Buteo, Cal, Crazy-Chemist, Cymothoa exigua, D0ktorz, Dbenzhuser, Denis Barthel, Dnalor, Docc, Dundak, Gisht, Guty, Hannes Röst, Hunne, Ingosp, Kickof, Kku, LivingShadow, Miiich, Mkill, Mr.crispy, Naddy, Nettino, Nopherox, Patientia, Plehn, Pm, Richard Huber, RobertLechner, SeballaOne, Solphusion, Thiesi, Wilske, 47 anonyme Bearbeitungen

Technische Textilie *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=55504073 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Gleiberg, Nepomucki

Tenside *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71773578 *Bearbeiter*: Aboalbiss, Agadez, Aka, Armin P., Avoided, Axel Fischer, Bertonymus, Blootwoosch, Boemmels, Brisbard, Cepheiden, Chmee2, Christoph D, Ciciban, Crux, DTeetz, Dein Freund der Baum, Dergreg:, Einmaliger, Einstückvombrot, Encyclopedist, Engelbaet, Engie, FK1954, Fedi, Felistoria, Florian Gerlach (Nawaro), Gandalf, Gigafinger, Grey Geezer, Guisquil, Hati, Head, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Hermannthomas, Hoffmeier, Howwi, Hubertl, Jaubouin, Jbo166, Jeanyfan, Jemchem, Jofi, Jpp, Krawi, Kuhnmic, Laborfaktotum, Leyo, Lou.gruber, Lowattitude, MFM, Macki, Matzematik, Mechanix, Milvus, Mnh, Morten Haan, Muellerb, Multicoated, Newman, Newone, Nicolas G., Nikkis, Olei, Omones, Onee, Parvus7, Peter200, Pfünder, Pill, Pittimann, Punxsutawney-phil, Q11w12, Quasselstrippe, Reader, Roland.chem, S1, STBR, Schubbay, Septembermorgen, Sialodes, Sinn, Smial, Snotty, Spuk968, Stefan Horn, Subsonic68, Surfacecleanerz, Tafkas, TheWolf, Thomas S., Thrasher, Tilo, Tönjes, Ulfbastel, Vader, Vanellus, WAH, Westiandi, Wikipartikel, Wissen, Wolfgang H., Zahnstein, 135 anonyme Bearbeitungen

Terpentin *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70397221 *Bearbeiter*: AllesMeins, Allesmüller, Augiasstallputzer, Ayacop, BjKa, Boemmels, BuSchu, Chaddy, Crux, Das Ohr, Diba, Don Magnifico, Eckhart Wörner, Ephraim33, Eschenmoser, FK1954, Fedi, Giftmischer, GiordanoBruno, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikHolke, Hoffmeier, J.-H. Janßen, JAF, JFKCom, Jailbird, Klaus1234567890, LC, Leyo, Ljfa-ag, Löschfix, Markuja, Max Plenert, Mnh, Muscari, Occcy, Orci, Parvus77, Petwoe, Piflaser, Pjacobi, Primus von Quack, Pyrus, Robb, Rotkaeppchen68, Schaengel89, Schewek, Sinn, Spuk968, Taratonga, TomCatX, Tondose, Van Flamm, Vietinghoff, WAH, YourEyesOnly, 37 anonyme Bearbeitungen

Terpentinöl *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70403380 *Bearbeiter*: Allesmüller, Andizo, Crazy-Chemist, Crux, Don Magnifico, EdvonSchleck, Elwe, Feba, Fedi, Garfilius, Giftmischer, Gleiberg, Gulp, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikHolke, Jü, Katharina, Kku, KpkX, LC, MAK, Maikel, Makarius, Max Plenert, Meri-Re, Nasenbär, Nina, Petwoe, Quarz, Rainer Zenz, Slllu, Supermartl, Umherirrender, Wst, 13 anonyme Bearbeitungen

Thermisch modifiziertes Holz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65353350 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Cleverboy, Club79, Dobby1397, DrSeehas, Felix Stember, Florian Adler, Florian Gerlach (Nawaro), Gamander Galan, Gerbil, Grimmi59 rade, Guffi, Jom, Kuebi, Leider, Lumber Jack, MFM, Mätes, Oberfoerster, Septembermorgen, Suema, Trinitrix, Ttsarche, Tönjes, Ulfbastel, 64 anonyme Bearbeitungen

Thermoplastische Stärke *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66200634 *Bearbeiter*: 32X, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro)

Tiereinstreu *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65350495 *Bearbeiter*: 19Uhr30, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Barbulo, Bemoeial, Bernd Sauerwein, Briemle, Denis Barthel, Florian Gerlach (Nawaro), Frank Romeike, Gerbil, Gerhard Elsner, Grimmi59 rade, MarkusHagenlocher, Olaf Studt, Peter200, Rotkaeppchen68, Tohma, Uwe Gille, Wolfgang1018, Überraschungsbilder, 3 anonyme Bearbeitungen

Topinambur *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66209612 *Bearbeiter*: 4tilden, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, BKSlink, BS Thurner Hof, Bb034249, Bernburgerin, Birger Fricke, Bungalow Bill, Burgkirsch, C-M, Cholo Aleman, Christian2003, Complex, DWL, Danjiro, Darkone, Denis Barthel, DerHexer, Dietzel, Dissident, Doc Taxon, DrKoch, Drahreg01, Ehrhardt, ElNuevoEinstein, Erictronic, Exponaut, Florian Gerlach (Nawaro), Frank Schulenburg, Franz Xaver, FreeOsFan, G.hooffacker, Garak76, Gemüsebürger, Giocoso, Goldlocki, Graig Warder, Griensteidl, Gugganij, HALsixsixsix, HaSee, Hagen Graebner, High Contrast, Hubertl, JFKCom, Jahnbes, Jpp, Karl-Henner, Krtschil, Liberatus, Logograph, Manecke, Martin Bahmann, Martin Wolfangel, Martin-vogel, Matt314, Michel81, Mike Krüger, Muscari, Necrophorus, Nepenthes, Nolispanmo, Oliver S.Y., Paddy, Parang, Pendulin, Peter200, Peterwilhelm, Philipendula, Rainer Zenz, Rdb, RobertMichel, Roo1812, Saluk, Saperaud, Schewek, Schuetzm, Schwarzwald, Sinn, Slimcase, Soebe, Stefan Kühn, Stimme aus dem Off, Suricata, T34, Truthlobby, Ulrich.fuchs, Umweltschützen, Vic Fontaine, Wolf von Sigmondy, Wolfgang Ihloff, Wolfgang1018, Zangala, Zaungast, Zellreder, 154 anonyme Bearbeitungen

Torrefizierung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64686861 *Bearbeiter*: Cvf-ps, Florian Gerlach (Nawaro), Korinth, Tetris L

Transportverpackung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64866411 *Bearbeiter*: Daniel FR, EvaK, Florian Gerlach (Nawaro), Johnny Controletti, Kai11, Mawibo, Rs newhouse, Schlesinger, Siehe-auch-Löscher, Srbauer, Uwe Gille, W!B:, Wehe00, 12 anonyme Bearbeitungen

Triticale *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64710733 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, BMK, Ben-Zin, Blah, Burgkirsch, Conversion script, Cyrus Grisham, Dietzel, Dr.tux, EUBürger, El, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), Garry12, Griensteidl, Heinte, Hin-Tse, Hinrich, Invisigoth67, Irmgard, JCS, Jaellee, Jed, KaHe, Lax, Lutz Langer, MarkusHagenlocher, Mbc, Monachus, Neuromancer2K4, Nina, NobbiP, Onkel74, Philipd, Philipendula, Roo1812, S.K., Sarkana, Schewek, SilP, Sol1, Steffen, TGS, Tilman Kluge, Vanellus, Verum, Vic Fontaine, Wikpeded, Zumthie, 31 anonyme Bearbeitungen

Trockenschlempe *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=50557861 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Brainswiffer, Florian Gerlach (Nawaro), Friedrichheinz, Herrick, Hewa, JFKCom, Mnh, Port(u*o)s, Schwalbe, Silenus, U86774, 2 anonyme Bearbeitungen

Trockenvergärung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69600672 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aka, BesondereUmstaende, Florian Gerlach (Nawaro), FunkelFeuer, GMH, Heiner Brookman (Nawaro), Mandavi, Nepomucki, Sa-se, Tetris L, Thomas Springer, Zinnmann, 3 anonyme Bearbeitungen

Türinnenverkleidung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67072841 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), FredericII, Parakletes, Small Axe, Tim Huber (Nawaro), Tsor

Umesterung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73343557 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Armin P., Cvf-ps, Dnalor, Drpagel, Eschenmoser, FK1954, Fasten, Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Jesusfreund, Jordi, Jü, Martin M., Netnet, 9 anonyme Bearbeitungen

Umesterungsanlage *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70857737 *Bearbeiter*: Aka, Chemiewikibm, Engelbaet, Fasten, Florian Gerlach (Nawaro), Hozro, Jü, Leyo, Linksfuss, Tetris L, 7 anonyme Bearbeitungen

Verbundwerkstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72498061 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Avk, Bernd vdB, Bertbau, Brina-81, Chemiewikibm, ChristophDemmer, Cvf-ps, DiplomBastler, Dr.cueppers, Eiferer, Flaschenhals4, Hadhuey, Hardenacke, JCS, Kku, Lax, Leumar01, MB-one, Majer Maria, Mikue, NoiseD, OffsBlink, PFH stade, Peter.dittmann, Pm, ProfessorX, Schnatz, Schwalbe, Schwobator, Siehe-auch-Löscher, Stephan Piotrowski (Nawaro), VampLanginus, Wolfgang1018, Zenit, 14 anonyme Bearbeitungen

Verfahrenstechnik *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68997009 *Bearbeiter*: -proxy-, 2micha, Aka, Asdfj, Avinken, BJ Axel, BKSlink, Berlinersim, Bernd44, Blaubahn, Chemiewikibm, Claaser, Complex, Crux, Darina, Dellex, Diba, Dingo, Dnalor, Elmschrat, Eschenmoser, Etc. gamma, Giftmischer23, Gilliamjf, Gratisaktie, Groucho NL, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Howwi, Hstell, Hubertl, Hydro, Ingeniör, JEW, James Rambo, Jesi, Jmsanta, KaPe, Kickof, List, Littleandy, Lönne, Markus Schweiß, Marve, Mgloede, Mimo82, Moguntiner, Muscari, Nagy+, Ollio, Peter Flachsbauer, Peter Lehmacher, Peter in s, Peter200, Rdb, Regi51, Reinhard Kraasch, Reinraum, Ri st, Roland1952, Rosa Lux, Sicherlich, Sinn, Soebe, Stadersand, Staro1, Sulfolobus, Terabyte, Tetris L, ThRieckmann, Thgoiter, Tönjes, UbDATA, UlrichJ, UvM, VanGore, W!B:, WIKIdesigner, WilfriedC, Willglov, Wo st 01, Wolfgang1018, Wualex, Yotwen, Zivilverteidigung, 180 anonyme Bearbeitungen

Vergasen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70274280 *Bearbeiter*: Achim Raschka, AndreasPraefcke, Chemiewikibm, D, Don Magnifico, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Heinte, Juesch, Linksfuss, Roterraecher, RudolfSimon, Sascha Brück, Tetris L, Tyrannosaurus, Zahnstein, 11 anonyme Bearbeitungen

Viskose *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73614991 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aglarech, Armin P., Axel R., Bettenburg, Bettenlager, Bhuck, Bildungsbürger, Bjj, Bubo bubo, ChrisHamburg, Christian2003, Ckellner, Codc, Controlling, Crux, DasBee, Demus Wiesbaden, DrSeehas, Drahreg01, Dschanz, Ephraim33, Erwin E aus U, EvaK, Florian Gerlach (Nawaro), HolGr, Hubertl, Ikiwaner, Irmgard, JAF, JFKCom, KaiKemmann, Kku, Korinth, Liberal Freemason, Matthias M., Michael Merle, Mister-M, Mnh, Nicolas G., Numbo3, Obersachse, Oheite, Oxymoron83, Pauloco, Pelz, Pinkpaul, Pittimann, ProfessorX, Robb, Rosa Lux, Rufus46, S1, Sargoth, SchallundRauch, Seewolf, Sinn, Soebe, Stefan Kühn, Steve Maier, Suirenn, Taratonga, Tim.landscheidt, Tirkon, Trasamund64, Trillian4, Ulf-31, Ulrich.fuchs, YourEyesOnly, Zahnstein, Zerohund, 92 anonyme Bearbeitungen

Wachs *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71673556 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, BKSlink, BRotondi, Bildungsbürger, Birger Fricke, Cactus26, Carol.Christiansen, Centipede, Chemiewikibm, Chiananda, Complex, Daboss, Daniel 1992, Denis Barthel, DerHexer, Diba, Dina.Dubrovina, Ejfis, ElTom, Eschenmoser, EvaK, Flux, Fuenfundachtzig, Gebripe, Griensteidl, Guinness, Hannes Röst, Herrick, Hydro, Javaprog, Jmsanta, Kku, Kreuvf, Kurt Jansson, LKD, Leonce49, Mario todte, Martin-vogel, Nemissimo, Numbo3, P A, Philipalcazar, PogoEngel, Qt, Revolus, RickJ, Roland.chem, S1, Sargoth, Schusch, Schwalbe, Semper, Shui-Ta, Slllu, Snipsnapper, Stefan Kühn, TAXman, TRUDO, Thomasgl, Thommess, Ungebeten, Unikram, Urbanus, Vigala Veia, Wildfeuer, Wolfgang1018, Wst, YourEyesOnly, Zornfrucht, Zundelfrieder, °, 83 anonyme Bearbeitungen

Waldrestholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65864917 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Florian Gerlach (Nawaro), Grand-Duc, Oberfoerster, Rallig, Tetris L

Waschmittel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72800182 *Bearbeiter*: 1-1111, 33hout90, AK Haustür, Abdull, Aetas volat., Aka, Algont, Alpencorinth, Amontillado, Andante, Andy king50, Arnero, Avoided, Ayacop, BKSlink, Baikonur, Berlin-Jurist, BirgitLachner, Björn Bornhöft, Brisbard, Bukk, Burns, CCR5delta32, Chesk, Chrisfrenzel, Cjesch, Cmoder, Correctorius, Crux, Cvf-ps, D, Das Ed, DasBee, DerHexer, Diba, Diezweitehand, Dinah, Dingo, Dodothegoof, Don Magnifico, Dr.cueppers, DrSeehas, Dschen, Dundak, Echtner, Engelbaet, Engie, Ephraim33, Eschenmoser, FK1954, Flux, Forum Waschen, Gerbil, Gmhofmann, Gratisaktie, HaeB, Hakunamenta, He3nry, Head, Heiner Brookman (Nawaro), Helmut Zenz, HenkelArchives, Henning Ihmels, Hhdw, Hubertl, Huwi, Hypierinha, Industrializer, Ireas, Jackalope, Jacob-koehler, JamesCook22, Javaprog, Jbergner, Jergen, Jiusparky, Joystick, Jutta234, Kirschblut, Kku, Koerpertraining, Kreczik, LKD, Leichtbau, Leyo, Lkw, M.L, Magnummandel, Media lib, Meisterkoch, Mikano, Milvus, Mnh, Mo4jolo, MrBurns, MsChaos, My name, NEUROtiker, Nagy+, Ocrho, Olei, Orci, Pathogenicity, Peter200, Polarlys, PumpingRudi, Regi51, Reinhard Kraasch, Ri st, Richardigel, RobertLechner, Roland.chem, Roo1812, Rubinstein, S.K., S1, STBR, Saibo, Schnargel, Se4598, Sicherlich, SilP, Sinn, Snotty, Solid State, Sommerkom, St.Krekeler, Staro1, Strombomboli, Suricata, Svens Welt, Tarzanoj, Techstat, Terabyte, Thiesi, Thornard, Tobias Bergemann, Trg, Tröte, Tönjes, Urgedover, Uwe Gille, Vanellus, Verita, Wahldresdner, Whees, Wissen, Xls, YourEyesOnly, 172 anonyme Bearbeitungen

Waschnussbaum *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70078358 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Amontillado, Ayacop, Chhanser, ChristianBier, Ckeen, Claud78, Crux, Dilldapsch, Dinah, Engie, FEXX, Fanndis, Feba, Feliz, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), GGShinobi, Gebu, Geist, der stets verneint, H-stt, HaSee, Hanfbauer, Hofres, Homer9913, Hydro, Irmgard, Ixitixel, JFKCom, Javaprog, Jeff42, Kristjan, Krokofant, Kuhlo, Leipnizkeks, M.Mozart, MPF-UK, Mike Krüger, Mitdenker, Mr.&Mrs.S., Olei, Pedro10, Rdb, Reinhard Kraasch, RobertLechner, Roo1812, Rr2000, S1, Sakuya Konohana, Santisso, SchirmerPower, Schnargel, Schönwetter, Seewolf, Septembermorgen, Sikilai, SilP, Sinn, Speedator, Terranic, TheK, Tigerente, Torsti engy, Totenmontag, Ugehrig, W-sky, WissensDürster, Wolfgang1018, Wst, Wünschi, Xquenda, 94 anonyme Bearbeitungen

Wasserstoffherstellung *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73227246 *Bearbeiter*: 7gscheitester, Achim Raschka, Aka, Androl, Avoided, Baumfreund-FFM, Bernhard55, Bildungsbürger, Blaue Orchidee, CSonic, CambridgeBayWeather, Carlda, ChristophDemmer, Chuchu, Crux, Diba, Diwas, Dr.cueppers, El., Engie, GNosis, GattoVerde, Guidod, Hadhuey, Halbarath, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikGebauer, Herbertweidner, Hin-Tse, Howwi, Hubertl, Hydro, IXNAY, Jivee Blau, Jkbw, Jmsanta, Karl-Heinz Tetzlaff, Kuebi, Latelounger, Max Plenert, Mion, Moltroff, Onkelkoeln, OttoK, Owltom, Pedant2, Peter BE, Peter in s, ReqEngineer, RokerHRO, Romeo Schmid CH, Roo1812, Rotkaeppchen68, Rsuessbr, SCINC, Semper, Septembermorgen, SeveQ, Shoshone, Simon-Martin, Sinn, SmarterWeb, Spauli, Spitschan, Spuk968, Tetris L, Tönjes, Umweltschützen, Vorrauslöscher, Wen222, Wiegels, WikiMM, YourEyesOnly, Zbisasimone, Zollernalb, 168 anonyme Bearbeitungen

Weichweizen *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71349342 *Bearbeiter*: Aka, AquariaNR, BMK, Bggoldie, Cymothoa exigua, Denis Barthel, Eldred, Frank C. Müller, Griensteidl, Heiner Brookman (Nawaro), JFKCom, Javaprog, Kalumet, MarkusHagenlocher, Martin-vogel, Ondundozonananandana, RobertLechner, Seewolf, Stephan Piotrowski (Nawaro), Tlustulimu, Zangala, Zaungast, 5 anonyme Bearbeitungen

Weiden (Botanik) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71726459 *Bearbeiter*: 123china, Achim Raschka (Nawaro), Aka, AndreasPraefcke, Ar291, B.gliwa, BCB, BS Thurner Hof, Bernd Sauerwein, Blaufisch, Boronian, Breeze, Bubo bubo, Bullenwächter, Böhringer, Chrischan, Cvf-ps, D, DasBee, DerHexer, Dietzel, Dr. Meierhofer, EvaK, FerdiBf, Franz Xaver, Gancho, Georg Slickers, Griensteidl, HaSee, Hagen Graebner, Harpagophytum, Hedwig in Washington, Heinte, Hydro, IKAl, Ixitixel, J.-H. Janßen, JFKCom, Jakson, Jergen, Jungpionier, Karl-Henner, Konrad L., Kuebi, LKD, Leonardo, Liderian, Lisette143, LivingShadow, Louis Bafrance, Ludger1961, M.L, MarianSz, Martin-vogel, Mastru, Matthias.Wolf, MdE, MichaelHaeckel, Migas, Mike Krüger, Mnh, Momo, Muscari, Naddy, Nd, Necrophorus, Neitram, Nockel12, NorbertR., Numbo3, Oberfoerster, Paddy, Papa Paddi, Pelinot, Peterwilhelm, Pilawa, Placebo111, Rainer Bielefeld, Regiomontanus, Reinhard Kraasch, Rufus46, Sinn, Speck-Made, Supermartl, Tels, TheWolf, Tigerente, Tlustulimu, Tollsau, TomCatX, Tönjes, Urbanus, Windharp, YourEyesOnly, Zaungast, Zenit, Zinnmann, Zoph, Ökologix, 151 anonyme Bearbeitungen

Weidenholz *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72657871 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Bouncer, IG-100

Weiße Biotechnologie *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69155026 *Bearbeiter*: AHZ, Achates, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ayacop, Buteo, Centre, Claudia Destrait (Nawaro), Esuroon, Ewald.H, FDP2, G.kunter, Grey Geezer, Heiner Brookman (Nawaro), Hoffmeier, Hydro, Karl der Nichtkahle, Katach, Krawi, Kuebi, Kungfuman, Lambert3, Lofor, Manfred.peter, Markus Götz (Biopolymere), Michiwend, Nina, Olaf Studt, PM3, Regi51, Richarddd, SchallundRauch, Trac3R, WOBE3333, 7 anonyme Bearbeitungen

Werg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65117379 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Alkuin, F.chiodo, Florian Gerlach (Nawaro), Gereon K., Gerhard51, Gniesgnatz, Ikiwaner, Jakob j, Juesch, Justy, KM1980, KaiKemmann, MFM, Matt1971, N15-PK23-11, Napa, Onkelkoeln, Pjacobi, Rumbero, Sebastiano, Svenboatbuilder, Tolentino, VoWo, WikiMax, Wikipeder, YPS, 20 anonyme Bearbeitungen

Wirrfaser *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63514792 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Florian Gerlach (Nawaro)

Wolle *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=72531076 *Bearbeiter*: Abu el mot, Advokat, Aka, AlexR, Andreas 06, Androl, Avoided, BK-Master, BKSlink, Bettenburg, Bettenlager, Bierdimpfl, Björn Bornhöft, BlaseBALK, Bobblewik, Branka France, Capsman, Cruncher, D, DaB., Demus Wiesbaden, Denis Barthel, Der.Traeumer, DerHexer, Dontworry, Dysmachus, Ebcdic, ElRaki, Elkagye, Euku, Eynre, Florian Gerlach (Nawaro), Gabbahead., Gronen, H005, HH58, HaeB, Hafenbar, Haworth, Helehne, Henning Ihmels, Howwi, Ikiwaner, Ilja Lorek, Ireas, Irmgard, Ist nicht wichtig, Johnny Yen, Juesch, Jutta234, Karl Gruber, Karl-Henner, Kersti Nebelsiek, Kingpin1912, Klaus1234567890, Kürschner, Liberal Freemason, Marc Tobias Wenzel, Markus Schweiß, Martin-vogel, Martina Kolarek, Matthead, Mehrleisealslaut, Michael Merle, Mnh, Momo, Moros, Mravinszky, Mwka, Nikkis, Otrebor, P UdK, Peng, Peter200, Pez, PhJ, Pittimann, Plasmagunman, Purodha, Pzbinden7, Rainbowfish, RobertLechner, STBR, Sargoth, Schnulli00, Schubbay, Schwarzenberger, Seewolf, Snotty, Spritzendorfer, Stechlin, Stefan h, Sunshine22, Thorbjoern, Tobi B., Tragant, Tsca, Tsui, Tönjes, Udo Schuldt, Unscheinbar, WAH, Webmeischda, WikiPimpi, Wkrautter, Wombert, WortUmBruch, Wst, Xocolatl, YourEyesOnly, Zenon, Ökologix, 209 anonyme Bearbeitungen

Wood-Plastic-Composite *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71644389 *Bearbeiter*: AHZ, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ahellwig, Alexandra Brunnert (Nawaro), Boonekamp, ChristophDemmer, Engelbaet, Florian Gerlach (Nawaro), Gabriel-Royce, Gahle, Hadhuey, Jonathan Groß, Kiend, KingLion, Knoerz, Krawi, Marilyn.hanson, Michael Carus (Nawaro), Mujianco, Otto Schraubinger, Radunze, Reinhard Kraasch, Robert Stingl, Steffen, Stephan Piotrowski (Nawaro), Timo Grüneberg (Nawaro), Twinson, WOBE3333, Willich (Nawaro), 50 anonyme Bearbeitungen

Wunderbaum *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70273894 *Bearbeiter*: AF666, Achim Raschka, Aglarech, Aka, Andante, Andre777, Ayacop, B.gliwa, BLueFiSH.as, Bender235, C.Löser, CCR5delta32, Charles Sommer, Chrisfrenzel, Cvf-ps, D, Dany88, Denis Barthel, Density, DerHexer, Dietzel, Dishayloo, Don Magnifico, EcKo, Faxel, Frankrae, FredS, Geisslr, Griensteidl, HaeB, Haeber, Hoffmeier, Ixitixel, JCS, KSchoenitzer, Koethnig, Leoloewe, Löschfix, Martin Bahmann, Martin-vogel, Mathias Schindler, Matt1971, Merlin G., Morki, MrBurns, Mulleflupp, Olaf Studt, Olei, PTS, Paddy, Paethon, Paramecium, Parvus77, Patrick-br, Phu, Plasmagunman, Popie, Ra'ike, RedPiranha, Regiomontanus, Rjh, RobertLechner, Roo1812, Rufus46, Sechmet, Seither, Senfmann2, Sigune, SilP, TekkenTec, Terabyte, Tigerente, Togo, Typohunter, V.R.S., Van Flamm, Vic Fontaine, Wesener, Wolfgang1018, Wst, Xenosophy, Zangala, Zinnmann, ³²P, 82 anonyme Bearbeitungen

XtL-Kraftstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=73611207 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Electronic Sensation, Florian Gerlach (Nawaro), Heiner Brookman (Nawaro), Mabschaaf, Nameless23, Steelsmith, 1 anonyme Bearbeitungen

Zellstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=69372862 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aineias, Aka, AnhaltER1960, Bernhard55, Boonekamp, Brans, Centic, Chilly85, Darkone, Diba, Dnalor, Ejfis, Engelbaet, Eschenmoser, Falschparker, Flominator, Fuzzy, HBR, HUSuess, HaSee, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), Hernani, Hhdw1, Iro-Iro, Jan Homann, KathiXIII, LC, Libelle63, Linkm, Redlinux, Roland.chem, SVI-Helmut, Sinn, Supermartl, Swayenvoy, Thomas, Toss, TravenTorsvan, Tschäfer, Two1zero, Ulrich.fuchs, Uwe Gille, W wie wiki, Wolfgang1018, Zenit, Zipferlak, Århus, 61 anonyme Bearbeitungen

Zelluloid *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71307833 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Allesmüller, Andibrunt, Andreas -horn- Hornig, Asb, Baikonur, Blaubahn, Ceeemm, Cyrusdreams, Elvis untot, Fab, Filmtechniker, Fortress, Henneberger, Holger.Ellgaard, Hunding, Jacun, Johnny drossel, Klamser, Kulac, Ljfa-ag, Matthias Bock, Nerd, Owltom, Rainglasz, Rbrausse, Robodoc, Roland Berger, SaEfgUA, Salmi, Sansculotte, Schwalbe, Schwijker, Sinn, Staro1, Stauba, Steinbeißer, Stw, Tom Knox, Varulv, WagnerAndreas, Woyzzeck, 32 anonyme Bearbeitungen

Zersetzung (Chemie) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68189092 *Bearbeiter*: ADK, Achim Raschka, BKS-Ordner, Björn Bornhöft, Cvf-ps, Don Magnifico, Dr.cueppers, Draq, Engelbaet, Henning.Schröder, Kku, Knopfkind, Leyo, Maha, Onkelkoeln, Peter200, Rafske, Redf0x, Robert Weemeyer, Soebe, Stefan Kühn, Van Flamm, Wiegels, 4 anonyme Bearbeitungen

Zertifizierung (Biomasse) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71491809 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Aka, Denis Barthel, Heiner Brookman (Nawaro), Linksfuss, Tetris L

Zertifizierung (Forstwirtschaft) *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67880690 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Bib, Blaufisch, Carport, Chrisfrenzel, Christian Jung, Cäsium137, Gerhard Elsner, Hermannh, Hydro, J.-H. Janßen, Kashu, Oberfoerster, Pilawa, Saperaud, Schaengel89, Tschäfer, Wladmeister, 2 anonyme Bearbeitungen

Zucker *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71182002 *Bearbeiter*: 4tilden, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Ahellwig, Aka, Alcibiades, Alex1011, Allmhurach, Aloiswuest, AlrightyAlmighty, Altmark, Amonsul, AndreasPraefcke, Andrest, Anneke Wolf, Apnoist, Atlanx, B.gliwa, BJ Axel, BKSlink, BLueFiSH.as, BMK, BS Thurner Hof, Ben-Zin, BertholdD, Bertonymus, BirgitLachner, Brackenheim, BvK, Cerno, Chemph01, Cholo Aleman, Chotaire, Chrisfrenzel, Christian List, Ckeen, Conversion script, CottonX, Crux, Cvf-ps, Dachris, Dassler, Deeter, DelSarto, Detlef thomas, Dieter Weißbach, Dinah, Drdoht, Drew, DuMonde, Eintragung ins Nichts, Eisenberg, El., ElRaki, Elvis untot, ErikDunsing, Eschweiler, Esco, Fb78, Feba, Feijoo, Flominator, Frank Schulenburg, Fransvannes, Frits, Fullhouse, Gartenflo, Gedeon, Gerbil, Gleiberg, Gnu1742, GrummelJS, Gunnar Buss, H0tte, HV, Hadhuey, Hans Koberger, Hati, He3nry, HeavyMonsterFisch, Heiner Brookman (Nawaro), Heinte, Herrick, Hewa, Hey Teacher, Histo, Hoffmeier, Hubertl, Hunding, Icek, Intertorsten, Jakob Mitzlaff, Jan Homann, Jashuah, Javatava, Jed, Jesi, Johannesl, Joli Tambour, Juergen861, Juesch, Kai11, Karl-Henner, Kickof, Kiker99, Kishon, Kiu77, Kku, Koch-Matzi, Kungfuman, LKD, Larsgrefer, Lastanswer, Lax, Leipnizkeks, Leonardo, Liesel, Ljfa-ag, Löschfix, M.derrer, Mainzel3, Man77, Marsupilami, Martin-vogel, Methylendioxy, Mh26, Michael Kühntopf, Michail, Michail der Trunkene, MikePhobos, Mirical, Mms, Mnh, Mocy, Morki, Morpheus2309, Mr.checker, Mst, Muellerb, Myotis, NEUROtiker, Naddy, Nd, Necrophorus, Nina, Nmoas, Nornen3, Od, Olaf Studt, OliKoeln, Oliver S.Y., Opa, PanchoS, Parakletes, Paramaeleon, Peng, Peter Wiegel, Peterlustig, Plehn, Plenz, Puppensocke, RJensch, Rainer Zenz, Rainersen, Ralf Roletschek, Rantangpla, Redecke, Reinhard Kraasch, Rhododendronbusch, Rita2008, RobertLechner, Romwriter, Roo1812, RosarioVanTulpe, S.K., STBR, Saehrimnir, Sansculotte, SchallundRauch, Schewek, Sechmet, Senner, Shidata, Siebzehnwolkenfrei, Silberchen, Sir Gawain, Snowcontrol, Sol1, Solid State, Starpromi, Steffen, Steffen84, Stern, Subbuteo, T. Schmidbauer, Thiophen, Thire, Thomas, Tobnu, Togo, Tohma, Tomas m., Tommy111, Toppe, Unukorno, Urdenbacher, Urning, Uwe Gille, Verita, Verschrikkelijkesneeuwman, Vinci, Vitkabs, WernerPopken, Wewalther, WikiMax, Wikitom2, Wolfgang1018, Wollsocke, Wollw, Wst, YourEyesOnly, Zaltvyksle, Zangala, Zaungast, Zinnmann, Zundelfrieder, Überflieger89, 164 anonyme Bearbeitungen

Zucker als nachwachsender Rohstoff *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=66884270 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Aka, Heiner Brookman (Nawaro), Linksfuss, Parakletes, Pendeen, 1 anonyme Bearbeitungen

Zuckerpflanze *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67842124 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), ArchiSchmedes, Heiner Brookman (Nawaro), RosarioVanTulpe, Stephan Piotrowski (Nawaro)

Zuckerrohr *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71909333 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Aka, Allesmüller, Atamari, Avoided, BMK, Baird's Tapir, Björn Bornhöft, Branka France, CFT, ChrisJo, Cleverboy, Collusion, CrazyTomate, Deino Wanthers, Der Kolonist, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Dicky Arts, Don Magnifico, Druffeler, Ehrenburg, Elmschrat, Engie, Esskay, Etagenklo, Euphoriceyes, Fafner, Felix Stember, Freudissimo, FritzG, Giocoso, Glühwein, Gum'Mib'Aer, Gurt, HCQ, Hadhuey, Hardenacke, Heiner Brookman (Nawaro), Herrick, Hgrobe, Howwi, Hubertl, Hydro, Hyperboräer, Kramlinger, Krawi, Kunani, LKD, Logograph, LovelyActress, Lyzzy, Löschfix, Managementboy, Marc Tobias Wenzel, Martin-vogel, Media lib, Michaki, Mms, Mo4jolo, MrSparkle, MsChaos, Mätes, NEUROtiker, Nebiros, Nicor, Nikkis, Nmoas, Numbo3, Olaf Studt, Olei, Parakletes, Pelz, Peter200, Phil41, Philipendula, Pitichinaccio, PunktKommaStrich, Rabe19, Raymond, Regenwald-Maulwurfi, Regi51, Reinhard Kraasch, Renato Caniatti, Ri st, Roerl, RokerHRO, Ronzo, Roo1812, S.Didam, S1, STBR, Sandstein, Schnäpel, Sei Shonagon, Skriptor, Stern, Stilfehler, Sulfolobus, Sven-steffen arndt, Tigerente, Tlusta, Umaluagr, Umweltschützen, Urbanus, Vic Fontaine, Wissens-helfer, Wolfgang1018, 147 anonyme Bearbeitungen

Zuckerrübe *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=71182402 *Bearbeiter*: 217, APPER, Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Agrifood, Ahellwig, Allesmüller, Alletto, Andreas 06, Anhi, Aragorn05, Armin P., Avoided, Ayacop, Beyer, Bildungsbürger, BjKa, Boronian, ChristophDemmer, Cmayer, Complex, Cybercraft, Cymothoa exigua, D, Dapete, Dbach, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Dieter Hampoelz, Druffeler, Drummerboy, Emil007, Entlinkt, Epipactis, Euphoriceyes, Fab, Fafner, Florian Gerlach (Nawaro), Franz Xaver, Geos, Giocoso, Griensteidl, HCQ, HaeB, Hardenacke, He3nry, Heiner Brookman (Nawaro), HenrikHolke, Hinrich, Hubertl, Ixitixel, JCS, Jackalope, Javaprog, Javatava, Jivee Blau, Johnny Controletti, Johnny drossel, KOchstudiO, KaiKemmann, Kandschwar, Kat Mandu, Keigauna, Krawi, LoKiLeCh, Logograph, MGR, MU, MarkusHagenlocher, Martin Bahmann, Martin-vogel, Maximus Rex, Mcfer2k, Media lib, Michael Gäbler, Michael w, Mms, Muscari, NEUROtiker, Nicolas G., Nmoas, Nobikles, Numbo3, Ole62, Ouf, Ovrandow, Parachute, Pendulin, Peter200, Philipp Wetzlar, Philtime, Pittimann, PumpingRudi, Purodha, RalfZi, Rapidler10, Rauenstein, Regi51, Reinhard Kraasch, RobertLechner, RobertMichel, Roest, Roland.chem, Roo1812, SKopp, Sack zement, Scooter, Se4598, Sebbi810, Servus, Silberchen, Sinn, Solid State, Southpark, Sprachpfleger, Spuk968, Stefan Kühn, Susu the Puschel, TheWolf, Thomas Rabold, Thorbjoern, Tigerente, Tilla, Timk70, Timt, Totenmontag, Trublu, Tsor, Tönjes, Ulsimitsuki, Unscheinbar, Upim, Vic Fontaine, Wangen, Wanzo, Webkid, WikiMax, Wkrautter, WodyS, Wst, Xocolatl, YourEyesOnly, Zaungast, 168 anonyme Bearbeitungen

Zuckerrübenschnitzel *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63622218 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Clemensfranz, Flominator, Florian Gerlach (Nawaro), HaSee, Itti, Jutta234, Mijobe, Omit, Redf0x, Sleepsheep, T34, WAH, Wolfgang1018, 2 anonyme Bearbeitungen

Zuckertenside *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=67912882 *Bearbeiter*: Achim Raschka (Nawaro), Cepheiden, EWriter, Eschenmoser, Friederike (NaWaRo), Leyo, Mabschaaf, Roland.chem, Yikrazuul

Gesamtliste *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=74490032 *Bearbeiter*: Achim Raschka, Achim Raschka (Nawaro), Bdk, C. Menn (Nawaro), Denis Barthel, Denis Barthel (WMDE), Emha, Florian Gerlach (Nawaro), Gerbil, Ixitixel, Markus Götz (Biopolymere), Marsmue, Muscari, Oberfoerster, Papst Johannes, RolandS, 1 anonyme Bearbeitungen

Quellen, Lizenzen und Autoren der Bilder

Bild:Chainsaw depth gauge.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chainsaw_depth_gauge.jpg *Lizenz*: Creative Commons Sharealike 1.0 *Bearbeiter*: Emrys2, Timo Beil, Vmenkov

Bild:Kettenoel-nachfuellen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kettenoel-nachfuellen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Image: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

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: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: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:EU_schaeben_produktion.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:EU_schaeben_produktion.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Bild:Wool.www.usda.gov.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wool.www.usda.gov.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Photo by Ken Hammond

Datei:Shellac three colours.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Shellac_three_colours.jpeg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:LivingShadow

Datei:Schallplatte_Deutsche_Grammophon_Stimme_seines_Herrn.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schallplatte_Deutsche_Grammophon_Stimme_seines_Herrn.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Photo: Andreas Praefcke

Bild:fuelwood.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fuelwood.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:Phragmites_australis_Schilfrohr.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Phragmites_australis_Schilfrohr.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Darkone, Quadell

Bild:Riet ligula Phragmites australis.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Riet_ligula_Phragmites_australis.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ies, Quadell, Rasbak

Bild:Riet Phragmites australis planten.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Riet_Phragmites_australis_planten.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Panek, Quadell, Rasbak

Image:Schwielowsee-Schilfrohrguertel-01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schwielowsee-Schilfrohrguertel-01.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Botaurus stellaris

Bild:Phragmites_australis_blossom.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Phragmites_australis_blossom.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: MatthiasKabel, Quadell

Datei:Oelbehaelter.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oelbehaelter.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Kolossos

Datei:Motor oil.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Motor_oil.jpg *Lizenz*: Trademarked *Bearbeiter*: User:H Padleckas

Bild:2 By 4 Clue Stick.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:2_By_4_Clue_Stick.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Swtpc6800

Bild:Bauschnittholz.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bauschnittholz.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Mailtosap

Datei:Black Liquor.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Black_Liquor.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: High Contrast, Tungsten

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: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:Zostera.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zostera.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Original uploader was Colin.faulkingham at en.wikipedia

Datei:Illustration Zostera noltii0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Zostera_noltii0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Augiasstallputzer, EugeneZelenko

Datei:Zostera marina nf.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zostera_marina_nf.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Dysmorodrepanis, EugeneZelenko, Farbenfreude

Datei:Zostera marina.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zostera_marina.jpeg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Fabelfroh

Datei:Hui Tsung 001.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hui_Tsung_001.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Diwas, Louis le Grand, PericlesofAthens, Rlbberlin, Shakko, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:Khotan-fabrica-seda-d02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Khotan-fabrica-seda-d02.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Colegota

Datei:Khotan-fabrica-seda-d06.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Khotan-fabrica-seda-d06.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Colegota

Datei:Seidentuch.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Seidentuch.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Original uploader was Bettenburg at de.wikipedia

Datei:Meyers b14 s0826a.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Meyers_b14_s0826a.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: HAH

Bild:Silk worm 21 days 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_worm_21_days_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Silk cocoon selection 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_cocoon_selection_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Silk production 02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_production_02.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Silk weaving 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_weaving_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Silk raw 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_raw_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Datei:Seidenspinner-drawing.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Seidenspinner-drawing.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: MushiHoshiIshi, Petwoe, Satyrium

Bild:Meyers_b14_s0826a.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Meyers_b14_s0826a.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: HAH

Bild:Bombyx mori 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bombyx_mori_01.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: MushiHoshiIshi, WeFt

Bild:Bombyx mori Caterpillar 02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bombyx_mori_Caterpillar_02.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: MushiHoshiIshi, WeFt

Bild:Bombyx mori Caterpillar 30days 02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bombyx_mori_Caterpillar_30days_02.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: MushiHoshiIshi, WeFt

Bild:Bombyx mori Cocon 02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bombyx_mori_Cocon_02.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Immanuel Giel, MushiHoshiIshi, WeFt

Bild:Silk worm empty cocoons 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_worm_empty_cocoons_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Silk worm evolution 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silk_worm_evolution_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Handmade soap.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Handmade_soap.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Malene

Bild:Seife1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Seife1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Xocolatl. Original uploader was Xocolatl at de.wikipedia

Bild:Savon de Marseille.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Savon_de_Marseille.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:J.P.Lon

Bild:Seifenherstellung aus Schafsfett.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Seifenherstellung_aus_Schafsfett.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: Brackenheim. Original uploader was Brackenheim at de.wikipedia

Bild:Seifenmodel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Seifenmodel.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Brackenheim

Bild:Micelle.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Micelle.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Anderl at de.wikipedia Later versions were uploaded by Roland.chem at de.wikipedia. (Original text :)

Bild:Oberflächenschicht.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oberflächenschicht.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Pfünder. Original uploader was Pfünder at de.wikipedia

Bild:Seife-in-fett.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Seife-in-fett.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Shimon

Bild:Mydelniczki.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mydelniczki.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Julo

Datei:Cattle eating corn silage.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cattle_eating_corn_silage.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Peter Van den Bossche from Mechelen, Belgium

Datei:Sonsbeck - Mais 08 ies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sonsbeck_-_Mais_08_ies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Frank Vincentz

Datei:Fahrsilo.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fahrsilo.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: User:WerWil

Datei:Silage tractors.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silage_tractors.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Felagund

Datei:Silageballen-patpatpat1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silageballen-patpatpat1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: patpatpat

Datei:Wrapped bales 3232.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wrapped_bales_3232.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Flominator

Datei:Maispflanze.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Maispflanze.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:burgkirsch

Bild:Silage tractors.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Silage_tractors.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Felagund

Datei:Plantsisal.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Plantsisal.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Patrick-br, Quadell

Bild:Sisal_fibres.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sisal_fibres.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Achim Raschka

Bild:SisalLeavesDecortication.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SisalLeavesDecortication.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: WRI Staff

Bild:SisalDecorticationMachine.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SisalDecorticationMachine.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: WRI Staff

Bild:SisalFarmDrying.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SisalFarmDrying.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: WRI Staff

Bild:Sisal_products_01.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sisal_products_01.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Achim Raschka

Bild:Goa01 sisal.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Goa01_sisal.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:-jkb-

Bild:Sisal Fields in Northern Tanzania.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sisal_Fields_in_Northern_Tanzania.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Joachim Huber

Datei:Soybeans.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Soybeans.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jurema Oliveira, Quadell

Datei:Sojabohne.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sojabohne.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Burgkirsch, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Soybean_Production_1961-2001.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Soybean_Production_1961-2001.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Katach

Datei:KarteSojabohnenernte.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:KarteSojabohnenernte.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Kaiservonjapan

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

Bild:Flag of Uruguay.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Uruguay.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Fry1989, Homo lupus, Huhsunqu, Kineto007, Klemen Kocjancic, Kookaburra, Lorakesz, Mattes, Neq00, Nightstallion, Pumbaa80, Reisio, ThomasPusch, Zscout370, 5 anonyme Bearbeitungen

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 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

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

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 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 Nigeria.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Nigeria.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Jhs

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 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 Paraguay.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Paraguay.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Republica del Paraguay

Datei:Flag of Italy.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Italy.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: see below

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

Bild:Flag of North Korea.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_North_Korea.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Zscout370

Bild:Flag_of_Bolivia.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Bolivia.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp

Bild:Flag of Belgium (civil).svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Belgium_(civil).svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Bean49, David Descamps, Dbenbenn, Denelson83, Fry1989, Howcome, Ms2ger, Nightstallion, Oreo Priest, Rocket000, Sir Iain, ThomasPusch, Warddr, Zscout370, 3 anonyme Bearbeitungen

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 the Netherlands.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_the_Netherlands.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: 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 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

Datei:Soybeanvarieties.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Soybeanvarieties.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ahoerstemeier, Dodo, Franz Xaver, G.dallorto, Jurema Oliveira, Quadell

File: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

Image:Soybeanvarieties.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Soybeanvarieties.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ahoerstemeier, Dodo, Franz Xaver, G.dallorto, Jurema Oliveira, Quadell

Bild:Production of Biodiesel Fuel.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Production_of_Biodiesel_Fuel.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jü

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:Sunflower uf7.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sunflower_uf7.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Xaver, Vulkan, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Sonnenblume geschlossene Blütenknospe.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sonnenblume_geschlossene_Blütenknospe.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:3268zauber

Datei:Sunflowers.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sunflowers.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Bruce Fritz

Datei:Pflanze-Sonnenblume1-Asio.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pflanze-Sonnenblume1-Asio.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Asio otus

Datei:Pflanze-Sonnenblume2-Asio.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pflanze-Sonnenblume2-Asio.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Asio otus

Datei:Helianthus annuus a1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Helianthus_annuus_a1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Opioła Jerzy (Poland)

Datei:Sonnenblumenkerne_sunflower_seeds.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sonnenblumenkerne_sunflower_seeds.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Aka, Darkone, Franz Xaver, Ies, Mattes, WayneRay, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Sunflower seedlings.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sunflower_seedlings.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Bluemoose, Franz Xaver, Mirithing, Pharaoh han, Überraschungsbilder, 3 anonyme Bearbeitungen

Datei:Goldener_Schnitt_Bluetenstand_Sonnenblume.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Goldener_Schnitt_Bluetenstand_Sonnenblume.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Dr. Helmut Haß, Koblenz Original uploader was Wolfgangbeyer at de.wikipedia

Datei:RoteSonnenblume.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:RoteSonnenblume.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:McKarri

Datei:Zonnebloemolie (Sunflower oil).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zonnebloemolie_(Sunflower_oil).jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: PDH, Rasbak

Datei:Sorghum.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorghum.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ayacop, Bubuka, Franz Xaver, Hämbörger, Slomox

Datei:Sorghum_bicolor_Bild0902.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorghum_bicolor_Bild0902.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Marco Schmidt

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 Sudan.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Sudan.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Anime Addict AA, Doodledoo, Fry1989, Homo lupus, Klemen Kocjancic, Ludger1961, Madden, Nightstallion, Reisio, ThomasPusch, Vzb83, Zscout370, 7 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Ethiopia.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Ethiopia.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Aaker, F l a n k e r, Happenstance, Homo lupus, Huhsunqu, Ixfd64, Klemen Kocjancic, MartinThoma, Mattes, Neq00, Pumbaa80, Rainforest tropicana, Reisio, SKopp, Smooth O, Spiritia, ThomasPusch, Torstein, Wsiegmund, Zscout370, 14 anonyme Bearbeitungen

Datei:Flag of Australia.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Australia.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ian Fieggen

Bild:Flag of Burkina Faso.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Burkina_Faso.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Gabbe, User:SKopp

Bild:Flag of Niger.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Niger.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:verdy_p

Bild:Flag of Egypt.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Egypt.svg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: 16@r, Alnokta, Anime Addict AA, ArséniureDeGallium, BomBom, Denelson83, Dinsdagskind, Duesentrieb, F l a n k e r, Flad, Foroa, Fry1989, Herbythyme, Homo lupus, Iamunknown, Klemen Kocjancic, Kookaburra, Ludger1961, Lumijaguaari, Mattes, Moroboshi, Neq00, Nightstallion, OsamaK, Permjak, Reisio, Rimshot, Str4nd, ThomasPusch, Thyes, Vonvon, Wikiborg, Wikimedia is Communism, Überraschungsbilder, 27 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Tanzania.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Tanzania.svg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: User:SKopp

Datei:Sorghum_bicolor.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorghum_bicolor.JPG *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: [Daniel Georg Döhne]

Datei:Sorghum Ursprung Verbreitung.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorghum_Ursprung_Verbreitung.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Afrank99, ChrisiPK, Qhx, Rosentod, Smial

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

Datei:Particle board close up-big-cut face Δ0098.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_close_up-big-cut_face_Δ0098.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: D-Kuru

Datei:Particle board close up-big-plane face Δ0099.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_close_up-big-plane_face_Δ0099.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: D-Kuru

Datei:Particle board production - dryer.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_production_-_dryer.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: MatthiasKabel

Datei:Particle board production - wind distributor-scheme-de.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_production_-_wind_distributor-scheme-de.png *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: MatthiasKabel

Datei:Particle board production - bunker + wind distributor.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_production_-_bunker_+_wind_distributor.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: MatthiasKabel

Datei:Particle board machine-scheme-de.PNG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_machine-scheme-de.PNG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Z7V Bieber

Datei:Particle board production - turn over-star form.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Particle_board_production_-_turn_over-star_form.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: MatthiasKabel

Datei:PlasticsInjectionMoulderJones.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PlasticsInjectionMoulderJones.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Graibeard, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:PlasticsInjectionMoulder-die.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PlasticsInjectionMoulder-die.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Graibeard, Nagy, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Triolaalt.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Triolaalt.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Matthias.Gruber

Datei:Piece plastique moulee par injection02.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Piece_plastique_moulee_par_injection02.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: w:fr:Utilisateur:Jean-Jacques MILANJean-Jacques MILAN

Datei:LegoSpritzguss.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LegoSpritzguss.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Knipptang

Datei:LegoSpritzgussDetail.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LegoSpritzgussDetail.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Knipptang

Datei:LegoSpritzguss1.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LegoSpritzguss1.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Knipptang

Datei:LegoSpritzgussDetail1.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LegoSpritzgussDetail1.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Knipptang

Datei:Stärkemehl_800_fach_Polfilter.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stärkemehl_800_fach_Polfilter.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jan Homann

Datei:Amylose3.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Amylose3.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Amylopektin Haworth.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Amylopektin_Haworth.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

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:Macro Biro writing2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Macro_Biro_writing2.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Dschwen

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

Datei:Stärke-Packstoff Pömpel CG.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stärke-Packstoff_Pömpel_CG.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Christian Gahle, nova-Institut GmbH

Datei:AdhesivesForHouseUse006.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:AdhesivesForHouseUse006.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Babi Hijau

File:Stärkepolymere.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stärkepolymere.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Achim Raschka

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

Datei:Weizen-Gerste.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Weizen-Gerste.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Wilhei

Datei:Maisfeld Juli 2009.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Maisfeld_Juli_2009.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:3268zauber

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:Straw hat.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Straw_hat.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Green, Wst

Datei:Making-skep-beehive.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Making-skep-beehive.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Michael Reeve ; User:MykReeve

Datei:Matawa Straw Bale Library IMG 1443.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Matawa_Straw_Bale_Library_IMG_1443.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Williamborg

Datei:Lärmschutzwand aus nachwachsenden Rohstoffen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Lärmschutzwand_aus_nachwachsenden_Rohstoffen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Dr. Eugen Lehle

Bild:Lehmverputztes_Strohballenhaus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Lehmverputztes_Strohballenhaus.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: EwigLernender

File:Substrat_Maissilage.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Substrat_Maissilage.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Datei:Bestimmung der Trockenmasse.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bestimmung_der_Trockenmasse.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Eugen Lehle

Datei:Sorghum_sudanese.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorghum_sudanese.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Datei:InternationalPaper6413.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:InternationalPaper6413.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Pollinator

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

Datei:Nuernberg-unschlitthaus-v-S.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nuernberg-unschlitthaus-v-S.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Keichwa

Datei:Rosin.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rosin.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: User:Pitel

Datei:Koeh-001.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-001.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Abies cone & bits.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_cone_&_bits.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Conny, Denniss, FEXX, MPF, WayneRay, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Tanne2009.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tanne2009.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Nize

Datei:Abies fraseri seeds.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_fraseri_seeds.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Steve Hurst @ USDA-NRCS PLANTS Database

Datei:Abies eurasien.gif *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_eurasien.gif *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: En rouge, MPF, Maksim, Orchi, TeunSpaans

Datei:Abies amerika.gif *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_amerika.gif *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: En rouge, MPF, Maksim, Orchi, TeunSpaans

Datei:Abies koreana cone.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_koreana_cone.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:MPF

Datei:Abies procera cone.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_procera_cone.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:MPF

Datei:Abies_species_Europe.gif *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies_species_Europe.gif *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: En rouge, MPF, Maksim, Orchi

Datei:Abies-mokroskopie-by-RalfR-05.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abies-mokroskopie-by-RalfR-05.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Ralf Roletschek

Datei:mayer abies.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mayer_abies.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: MPF, Maksim

Datei:Furnier_tanne2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnier_tanne2.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:EwinderKahle, Benutzer:MatthiasKabel

Datei:Expo 2000 Dach Holzkonstruktion.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Expo_2000_Dach_Holzkonstruktion.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Erwin Müller

Datei:Wood Abies alba.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wood_Abies_alba.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Achim Raschka

Datei:Furnier tanne2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Furnier_tanne2.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:EwinderKahle, Benutzer:MatthiasKabel

Datei:Corilagin.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Corilagin.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Ayacop

File:Tannin in Plastic container.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tannin_in_Plastic_container.jpeg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:LivingShadow

Bild:Cave Barriques.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cave_Barriques.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: BerndtF at de.wikipedia

Datei:Wiesmann Produktion 2 Leather.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wiesmann_Produktion_2_Leather.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Bitplane, Bohème, Frank C. Müller, Stahlkocher

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

Datei:Micelle.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Micelle.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Anderl at de.wikipedia Later versions were uploaded by Roland.chem at de.wikipedia. (Original text :)

Datei:Oberflächenschicht.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oberflächenschicht.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Pfünder. Original uploader was Pfünder at de.wikipedia

Datei:TensidOel.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:TensidOel.png *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Original uploader was Roland.chem at de.wikipedia

Datei:TensidUndFeststoffe.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:TensidUndFeststoffe.png *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Original uploader was Roland.chem at de.wikipedia

Datei:Schaumbläschen.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schaumbläschen.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was Roland.chem at de.wikipedia

Datei:TensideHyrophilHydrophob.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:TensideHyrophilHydrophob.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Roland.chem Original uploader was Roland.chem at de.wikipedia

Datei:(+)-a-Pinen.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:(+)-a-Pinen.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Bild:Thermoholz.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Thermoholz.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Michel Weidner

Bild:Amylose3.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Amylose3.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Bild:Amylopektin Haworth.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Amylopektin_Haworth.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Bild:Źrebak 1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Źrebak_1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Kersti Nebelsiek, Überraschungsbilder, ŁukaszWu, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Topinambur Helianthus tuberosus 2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Topinambur_Helianthus_tuberosus_2.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Darkone, 8. September 2004 Original uploader was Darkone at de.wikipedia

Bild:Sunroot top.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sunroot_top.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:PJF

Bild:Topinambur Helianthus tuberosus 1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Topinambur_Helianthus_tuberosus_1.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Darkone

Bild:Gewaschene-Topinambur-Knollen.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gewaschene-Topinambur-Knollen.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Franz Xaver, Pauk, Pekinensis, Saperaud

Bild:Tobinambur 2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tobinambur_2.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Franz Xaver, Hagen Graebner, 1 anonyme Bearbeitungen

Bild:Tobinambur1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tobinambur1.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Franz Xaver, Hagen Graebner

Bild:Rossler.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rossler.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Schwarzwald

Bild:Air_Pillow_made_of_PLA-Blend_Bio-Flex.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Air_Pillow_made_of_PLA-Blend_Bio-Flex.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Triticale.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Triticale.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Mahlum, MarkusHagenlocher

Datei:Wheat, rye, triticale montage.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wheat,_rye,_triticale_montage.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:BetacommandBot, User:NobbiP

Datei:Flag of Poland.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Poland.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Mareklug, User:Wanted

Bild:Flag of Belarus.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Belarus.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Andrew c, Bender235, Denelson83, Gmaxwell, Homo lupus, Joey-das-WBF, Klemen Kocjancic, Liftarn, Neq00, Nightstallion, Permjak, Pianist, Pumbaa80, Sir Iain, SndrAndrss, Str4nd, Takadraka, Vzb83, Zscout370, 11 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Hungary.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Hungary.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp

Datei:Flag of Sweden.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Sweden.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Hejsa, Herbythyme, J budissin, Jon Harald Søby, Klemen Kocjancic, Lefna, Mattes, Meno25, Odder, Peeperman, Quilbert, Reisio, Sir Iain, Str4nd, Tabasco, Tene, Thomas Blomberg, Thuresson, Wiklas, 31 anonyme Bearbeitungen

Bild:Flag of Lithuania.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_Lithuania.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:SKopp

Bild:Flag of the Czech Republic.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flag_of_the_Czech_Republic.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: special commission (of code): SVG version by cs:-xfi-. Colors according to Appendix No. 3 of czech legal Act 3/1993. cs:Zirland.

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:Veresterung_1.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Veresterung_1.svg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Roland Mattern. Original uploader was Roland1952 at de.wikipedia

Datei:Transesterification (Principle).png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Transesterification_(Principle).png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jü

Datei:Transesterification 2 (Principle).png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Transesterification_2_(Principle).png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Jü

Bild:Henningsleben Biodiesel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Henningsleben_Biodiesel.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: www.agrar.hu-berlin.de

Datei:Kohlenstofffasermatte.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kohlenstofffasermatte.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Saperaud

Datei:Cfaser haarrp.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cfaser_haarrp.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Anton, Saperaud

Bild:Fliehkraftabscheider BMK.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Fliehkraftabscheider_BMK.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Original uploader was BMK at de.wikipedia

Datei:Absorption_heat_pump.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Absorption_heat_pump.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Reinraum

Bild:BASF1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:BASF1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Gerd W. Zinke

Bild:Faulturm Oberzell.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Faulturm_Oberzell.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: User:Factory X

File:Jninternational4.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Jninternational4.jpg *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: User:Peter grotzinger

Bild:Ferrofluid_large_spikes.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ferrofluid_large_spikes.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gmaxwell

Datei:Winkler-Wirbelschicht-Vergaser.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Winkler-Wirbelschicht-Vergaser.png *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: Roland Mattern

Datei:Viscose sponge dm.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Viscose_sponge_dm.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Florian Gerlach (Nawaro)

Datei:Montana 10 bg 061905.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Montana_10_bg_061905.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Original uploader was Y6y6y6 at en.wikipedia

Datei:Abdampfschale mit geschmolzenem Carnaubawachs.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Abdampfschale_mit_geschmolzenem_Carnaubawachs.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:LivingShadow

Bild:Beeswax.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Beeswax.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Dirk Hünniger, Durova, Gene.arboit, Ies, MikePhobos, Quadell

File:Rubens, Peter Paul - The Fall of Icarus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rubens,_Peter_Paul_-_The_Fall_of_Icarus.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Mattes, 1 anonyme Bearbeitungen

Bild:Schlagabraum.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schlagabraum.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Gerhard Elsner

Datei:LinuxWasch3.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LinuxWasch3.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: StromBer. Original uploader was StromBer at de.wikipedia

Datei:Sapindus marginatus.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sapindus_marginatus.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: MPF, Manchot

Datei:Waschnuesse.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Waschnuesse.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rasbak

Datei:Reformierungsverfahren.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Reformierungsverfahren.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Jmsanta

Datei:Weizenfeld.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Weizenfeld.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Benutzer:burgkirsch 2003 Original uploader was Burgkirsch at de.wikipedia

Datei:Grasbluete.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Grasbluete.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Zirpe

File:Tarweaar.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tarweaar.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Rasbak

File:Triticum aestivum-grajnoj.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Triticum_aestivum-grajnoj.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: User:Mikrolit'

Datei:Illustration_Salix_caprea0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Salix_caprea0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Guérin Nicolas, Rtc

Bild:Willow catkin 1 aka.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Willow_catkin_1_aka.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: user:Aka

Bild:Salix cinerea flowers-2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_cinerea_flowers-2.jpg *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: User:BCB

File:Salix cinerea flowers-1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_cinerea_flowers-1.jpg *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: User:BCB

Bild:Willow Catkin 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Willow_Catkin_01.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Kuebi

Bild:Weidefrucht1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Weidefrucht1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Ayacop, Hagen Graebner

Bild:WeidenFrucht01.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:WeidenFrucht01.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Böhringer

File:Salix cinerea young plants-1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_cinerea_young_plants-1.jpg *Lizenz*: Free Art License *Bearbeiter*: User:BCB

Bild:Salix viminalis young plants on new soil.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_viminalis_young_plants_on_new_soil.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:BCB

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:Salix x sepulcralis (aka).jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_x_sepulcralis_(aka).jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: user:Aka

Bild:Salix hastata2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_hastata2.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Guérin Nicolas

Bild:Salix waldsteiniana1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_waldsteiniana1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Guérin Nicolas

Bild:Salix lapponum L.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_lapponum_L.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Momo

Datei:Salix integra a1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Salix_integra_a1.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.5 *Bearbeiter*: Opioła Jerzy (Poland)

Datei:Letokruhy_1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Letokruhy_1.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Karelj

File:Cricket bat.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cricket_bat.jpg *Lizenz*: Trademarked *Bearbeiter*: ALE!, LimoWreck, Responsible?, THUGCHILDz

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:Ethanol plant.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ethanol_plant.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Mariordo, PDH

Bild:Riboflavin structure.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Riboflavin_structure.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

File:Insulin pen.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Insulin_pen.JPG *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: El., J o, PerPlex, Toto-tarou

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

Bild:Drev och drevjärn samt träklubba 004.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Drev_och_drevjärn_samt_träklubba_004.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Svenboatbuilder

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

Datei:Wool.www.usda.gov.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wool.www.usda.gov.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Photo by Ken Hammond

Datei:Sheep shearing by Magic Foundry.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sheep_shearing_by_Magic_Foundry.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 2.0 *Bearbeiter*: Paul

Datei:Schafschur.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schafschur.JPG *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Denniss, Jodo, Peng, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:Wolle150microns.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wolle150microns.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Teslar

Datei:Wood plastic composite.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wood_plastic_composite.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was VarunRajendran at en.wikipedia

Datei:Little Dish made from reinforced PLA.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Little_Dish_made_from_reinforced_PLA.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Wood plastic composite 2.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wood_plastic_composite_2.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Original uploader was VarunRajendran at en.wikipedia

Datei:Knife Handle made from reinforced PLA.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Knife_Handle_made_from_reinforced_PLA.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: F. Kesselring, FKuR Willich

Datei:Ricinus frucht 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ricinus_frucht_01.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ayacop, Ies, Maksim, Quadell, Überraschungsbilder

Bild:Koeh-257.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-257.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Bild:Rizinus blatt 01.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rizinus_blatt_01.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:Robodoc

Bild:CastorBean Leaves Flowers and YoungFruit.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:CastorBean_Leaves_Flowers_and_YoungFruit.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Rickjpelleg

Bild:Ricinus communis1.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ricinus_communis1.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Ies, Quadell, Sfan00 IMG

Bild:Castor beans.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Castor_beans.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ayacop, Franz Xaver, Ies, Mayhem, Quadell, Slinger, WayneRay

Bild:Ricinus communis5.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ricinus_communis5.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Michael w

Datei:Zellstoff_200_fach_Polfilter.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zellstoff_200_fach_Polfilter.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jan Homann

Datei:Cellulose Sessel.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cellulose_Sessel.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

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:Schildkroett_Puppe_Inge_1950.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Schildkroett_Puppe_Inge_1950.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Holger.Ellgaard

Bild:Biodegradable.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Biodegradable.svg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Leyo, Benutzer:Yellowcard

Bild:Forest Stewardship Council Logo.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Forest_Stewardship_Council_Logo.svg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Afrank99

Bild:PEFC Logo.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PEFC_Logo.svg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Benutzer:Carport

File:Cuboid sugar.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cuboid_sugar.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Carioca, CarolSpears

Datei:Zucker 150 fach Polfilter.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zucker_150_fach_Polfilter.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Jan Homann

Datei:SugarBeet.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SugarBeet.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: MarkusHagenlocher, Ronaldino

Datei:Cut sugarcane.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cut_sugarcane.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: Rufino Uribe

Datei:Sugar closeup.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sugar_closeup.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Thomas Wydra. Original uploader was Mr.checker at de.wikipedia

Datei:sugar factory.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sugar_factory.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Sherpa

Datei:Sucre blanc cassonade complet rapadura.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sucre_blanc_cassonade_complet_rapadura.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Romain Behar

Datei:Zucker und Espresso.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zucker_und_Espresso.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Germany *Bearbeiter*: Morpheus2309. Original uploader was Morpheus2309 at de.wikipedia

Datei:450px-Brühl ZuckerM.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:450px-Brühl_ZuckerM.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Alex1011, Man vyi, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:Zucker-Kurse.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zucker-Kurse.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Rhododendronbusch

Datei:Saccharum-officinarum-harvest.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Saccharum-officinarum-harvest.JPG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Eugene van der Pijll, Farbenfreude, Frank C. Müller, Man vyi, Quadell, Raphael.lorenzeto, Siebrand, Sten, Thierry Caro, Yann

File:Glucose Haworth.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Glucose_Haworth.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: BorisTM, Conscious, Edgar181, K!roman, PatríciaR, 1 anonyme Bearbeitungen

File:D-glucose.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:D-glucose.png *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: User:Rob Hooft

Datei:Hydroxymethylfurfural.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hydroxymethylfurfural.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: kuhnmic

Datei:D-Gluconsäure Fischer.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:D-Gluconsäure_Fischer.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:D-Sorbitol.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:D-Sorbitol.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:PMMA repeating unit.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PMMA_repeating_unit.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:DrTorstenHenning

File:Zuckerrohr.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrohr.jpeg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Esskay at de.wikipedia

File:Zuckerrübe.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrübe.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Datei:Alkylpolyglucosides.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Alkylpolyglucosides.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

Datei:Saccharose2.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Saccharose2.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:NEUROtiker

Datei:Zuckerrübe.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrübe.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Datei:Zuckerrohr.jpeg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrohr.jpeg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Esskay at de.wikipedia

File:Klein-wanzleben-sugar-factory-2.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Klein-wanzleben-sugar-factory-2.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Elmschrat

Datei:Koeh-125.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Koeh-125.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

Datei:Bagasse dsc08999.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bagasse_dsc08999.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Bearbeiter*: User:David.Monniaux

Datei:Ziege mit Zuckerrohr.JPG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ziege_mit_Zuckerrohr.JPG *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: Der Kolonist, Kilom691

Datei:Cuba canna da zucchero.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cuba_canna_da_zucchero.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Madaki, Pieter Kuiper

Datei:Sugar_cane_madeira_hg.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sugar_cane_madeira_hg.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Hgrobe

Datei:Zuckerrohr zum Abtransport.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrohr_zum_Abtransport.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:Eugen Lehle

Datei:Cane-sugar.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cane-sugar.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Bearbeiter*: User:Sten

Datei:Zuckerrohrkauf_Sanya_20090107.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrohrkauf_Sanya_20090107.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution 3.0 *Bearbeiter*: User:Mätes II.

Bild:Illustration Beta vulgaris var. rapacea0.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Illustration_Beta_vulgaris_var._rapacea0.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Franz Xaver, Ies, Quadell, Rasbak, Tmizuk, Umehlig, Wst, 1 anonyme Bearbeitungen

Bild:SugarBeet.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SugarBeet.jpg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: MarkusHagenlocher, Ronaldino

Bild:Zuckerrübengebiete-D.PNG *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrübengebiete-D.PNG *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Chaddy, Denniss, Niteshift, Rauenstein, Umweltschützen, 1 anonyme Bearbeitungen

Image:Zuckerrübeneinzelkornsägerät.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrübeneinzelkornsägerät.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Bild:Bundesarchiv Bild 183-19204-0238, Sachsen-Anhalt, Ernte von Zuckerrüben.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bundesarchiv_Bild_183-19204-0238,_Sachsen-Anhalt,_Ernte_von_Zuckerrüben.jpg *Lizenz*: unbekannt *Bearbeiter*: Frank C. Müller, Sicherlich

Bild:Rübengabel.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rübengabel.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:MarkusHagenlocher

Bild:Rübenheber.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rübenheber.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Factumquintus, MarkusHagenlocher, Rasbak

Bild:Rübenvollernter.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rübenvollernter.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Bild:Rübenaufsammler.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rübenaufsammler.jpg *Lizenz*: GNU Free Documentation License *Bearbeiter*: Benutzer:MarkusHagenlocher

Bild:Zuckerrübenberg.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrübenberg.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Image:Zuckerrübenberg.jpg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zuckerrübenberg.jpg *Lizenz*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter*: User:MarkusHagenlocher

Datei:Dodecyl-beta-D-glucoside colored.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Dodecyl-beta-D-glucoside_colored.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

Datei:2-methyl-6-O-dodecanoyl-beta-D-glucoside.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:2-methyl-6-O-dodecanoyl-beta-D-glucoside.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

Bild:Sorbitan monostearate.png *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sorbitan_monostearate.png *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Edgar181

Datei:Decanoyl-N-methylglucamide.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Decanoyl-N-methylglucamide.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: User:Yikrazuul

Bild:Sucrose_monostearate.svg *Quelle*: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sucrose_monostearate.svg *Lizenz*: Public Domain *Bearbeiter*: Ayacop, Benjah-bmm27, Edgar181, Yikrazuul

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.