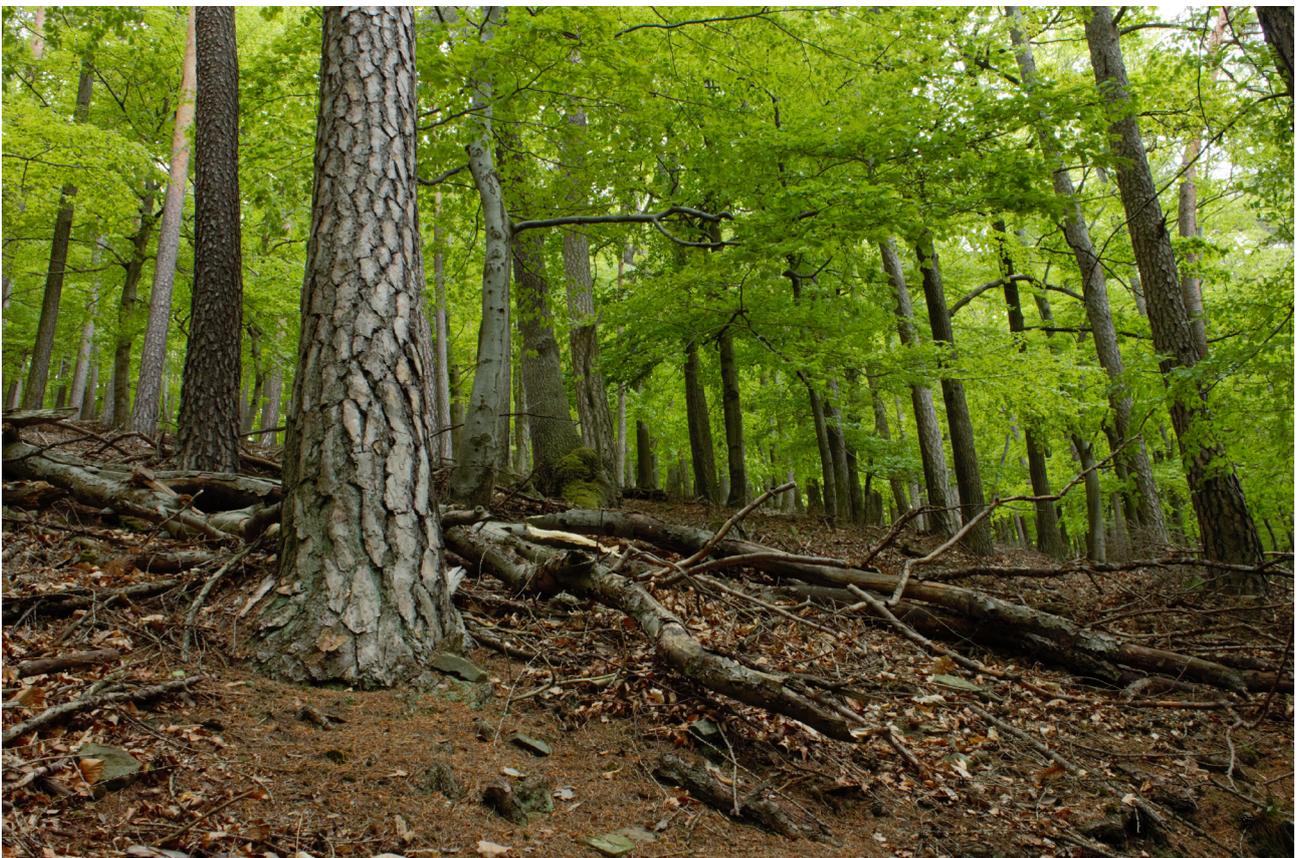


**Peter Gerhardt, Jonas Daldrup
und Ulrike Eppler (Hrsg.)**

Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit

Tagungsdokumentation



Bundesamt für
Naturschutz

BfN-Skripten 629

2022

Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit

Tagungsdokumentation

Herausgegeben von
Peter Gerhardt
Jonas Daldrup
Ulrike Eppler



Bundesamt für
Naturschutz

Titelbild: Mischwald im Nationalpark Kellerwald-Edersee (Jana Otten)

Adresse der Herausgeberin und der Herausgeber:

Peter Gerhardt denkhausbremen e.V.
Jonas Daldrup Am Wall 174, 28195 Bremen
Ulrike Eppler E-Mail: jonas@denkhausbremen.de

Fachbetreuung im BfN:

Ass. iur. Ute Feit Internationale Naturschutzakademie (INA)

Gefördert im Rahmen des Projektes „Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit“ durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (FKZ: 3520 89 0900 SN).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).

BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter <http://www.bfn.de/skripten.html> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
 Konstantinstr. 110
 53179 Bonn
 URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV).

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-390-4

DOI 10.19217/skr629

Bonn 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Autor*innenverzeichnis.....	5
Vorwort	7
Editorial	9
1 Teil 1: Potenziale und Zielkonflikte der Bioökonomie.....	11
1.1 Agrarökosysteme und das Biodiversitäts-Management von Agrarlandschaften.....	11
1.2 Globaler Landnutzungswandel und Zielkonflikte in der Bioökonomie	17
1.3 Ohne Biomasse keine Bioökonomie.....	21
1.4 Hinter dem Rauchvorhang	26
1.5 Literatur Teil 1: Potenziale und Zielkonflikte der Bioökonomie.....	32
2 Teil 2: Best Practice der Bioökonomie	41
2.1 Energiepflanzenanbau und Biodiversität	41
2.2 Paludikultur und Bioökonomie.....	49
2.3 Die Zellstofffabrik als Bioraffinerie – Stand und Entwicklungsperspektiven	56
2.4 Sauber sauber machen im Sinne der Bioökonomie.....	61
2.5 Nachhaltige Verpackungen – Quo Vadis.....	65
2.6 Die Bioökonomie ist nicht allein.....	68
2.7 Literatur Teil 2: Best Practice der Bioökonomie.....	70
3 Teil 3: Rahmenbedingungen und Leitplanken für eine nachhaltige Bioökonomie	75
3.1 Der erste Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie.....	75
3.2 Brasilien – Großmacht der Bioökonomie.....	77
3.3 Sechs Gründe warum Öko-Siegel keine gute Idee für die Bioökonomie sind.....	82
3.4 Bioökonomie und das Recht auf Nahrung.....	85
3.5 Bioökonomie und Ressourcenschutzrecht	91
3.6 Gentechnik und Synthetische Biologie in der Bioökonomie.....	96
3.7 Das deutsche Lieferkettengesetz – eine Möglichkeit zur Regulierung der Bioökonomie?	100
3.8 Die Bioökonomie – (k)ein Beitrag zur sozio-ökologischen Transformation? ...	103
3.9 Systemische Ansätze für eine nachhaltige Bioökonomie.....	109
3.10 Literatur Teil 3: Rahmenbedingungen und Leitplanken für eine nachhaltige Bioökonomie	117

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Konzeptionelle Darstellung der Möglichkeiten, die Artenvielfalt in Agrarlandschaften zu erhöhen.	15
Abbildung 2. Die Renaturierung von Agrarlandschaften.	16
Abbildung 3. Entwicklung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland	22
Abbildung 4. Bioökonomie-Projektionen	30
Abbildung 5. Nachgewiesene Anzahl an Individuen von Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen in verschiedenen Maßnahmen	44
Abbildung 6. Nachgewiesene Anzahl an Arten von Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen in verschiedenen Maßnahmen.....	45
Abbildung 7. Nachgewiesene Anzahl an Tagfalter-Individuen (A) und Tagfalter-Arten (B) in verschiedenen Maßnahmen.....	46
Abbildung 8. Ausgewählte Anwendungen von Paludikultur-Produkten	52
Abbildung 9. Mercer Rosenthal	57
Abbildung 10. Die Wertschöpfungskette der Marktzellstofffabrik	58
Abbildung 11. Derzeitige Nutzung der Holzbestandteile in der Zellstofffabrik	58
Abbildung 12. Nutzungspfade von Lignozellulosen in der Bioraffinerie	59
Abbildung 13. Low-input Pflanzen	66
Abbildung 14. Typisierung der Forschung und Bildung für die Transformation	104
Abbildung 15. Erweiterung der klassischen MLP-Darstellung um Mini- und Meta-Level ..	105
Abbildung 16. Zum Leitbild für eine verantwortungsvolle Bioökonomie.....	114

Autor*innenverzeichnis

Autor*in	Institution	Kontakt
Prof. Dr. Teja Tschardtke	Georg-August-Universität Göttingen	ttschar@gwdg.de
Dr. Louisa Prause	Humboldt-Universität zu Berlin	louisa.prause@hu-berlin.de
Wolfgang Kuhlmann	Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz (ARA) / denkhausbremen	wolfgang.kuhlmann@araonline.de
Dr. Joachim H. Spangenberg	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)	joachim.spangenberg@gmail.com
Michael Stotter	Stiftung Westfälische Kulturlandschaft, Münster	Stotter@Kulturlandschaft.nrw
Christiane Baum	Stiftung Westfälische Kulturlandschaft, Münster	baum@Kulturlandschaft.nrw
Dr. Wendelin Wichtmann	Universität Greifswald, Michael Succow Stiftung	wendelin.wichtmann@uni-greifswald.de
Jan Peters	Michael Succow Stiftung	jan.peters@succow-stiftung.de
Christian Sörgel	Zellstoff und Papierfabrik Rosenthal GmbH	christian.soergel@mercer-int.com
Jürgen Hack	SODASAN Wasch- und Reinigungsmittel GmbH	jh@sodasan.com
Imke Korte	Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften (ITW)	i.korte@uni-bonn.de
Prof. Dr. Judith Kreyenschmidt	Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften (ITW), Hochschule Geisenheim, Institut für Frischeproduktlogistik	Judith.Kreyenschmidt@hs-gm.de
Joana Wensing	Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik (ILR)	
Prof. Dr. Stefanie Bröring	Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik (ILR)	s.broring@ilr.uni-bonn.de
Jan Niklas Frase	Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Pflanzenwissenschaften und Ressourcenschonung (INRES)	n.frase@uni-bonn.de
Apl. Prof. Dr. Ralf Pude	Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Pflanzenwissenschaften und Ressourcenschonung (INRES)	r.pude@uni-bonn.de

Autor*in	Institution	Kontakt
Jessica Rumpf	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften, Institut für Technik, Ressourcen- und Energieeffizienz (TREE)	jessica.rumpf@h-brs.de
Thomas Havelt	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften, Institut für Technik, Ressourcen- und Energieeffizienz (TREE)	thomas.havelt@h-brs.de
Prof. Dr. Michaela Schmitz	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften, Institut für Technik, Ressourcen- und Energieeffizienz (TREE)	michaela.schmitz@h-brs.de
Dr. Margit Schulze	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften, Institut für Technik, Ressourcen- und Energieeffizienz (TREE)	margit.schulze@h-brs.de
Michael Carus	nova-Institut GmbH	michael.carus@nova-institut.de
Prof. Dr. Stefan Bringezu	Center for Environmental Systems Research (CESR) der Universität Kassel	bringezu@uni-kassel.de
Thomas Fatheuer	Forschungs- und Dokumentationszentrums Chile-Lateinamerika (FDCL)	thomas.fatheuer@gmail.com
Peter Gerhardt	Denkhausbremen e.V.	peter@denkhausbremen.de
Stig Tanzmann	Brot für die Welt	stig.tanzmann@brot-fuer-die-welt.de
Dr. Nadja Salzborn	Umweltbundesamt	nadja.salzborn@uba.de
Dr. Kristin Hagen	Bundesamt für Naturschutz	Kristin.Hagen@BfN.de
Lia Polotzek	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)	Lia.Polotzek@bund.net
Vivienne Huwe	NABU (Naturschutzbund Deutschland) e.V.	Vivienne.Huwe@NABU.de
Dr. Steffi Ober	NABU (Naturschutzbund Deutschland) e.V.	Steffi.Ober@NABU.DE
Dr. Jan Siegmeier	Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)	jan.siegmeier@wbgu.de

Vorwort

Wirtschaften auf der Grundlage von nachwachsenden Rohstoffen – das ist der Grundgedanke der Bioökonomie. Mit der Nationalen Bioökonomiestrategie hat die Bundesregierung festgelegt, dass der Ausbau der Bioökonomie innerhalb der planetaren Grenzen erfolgen muss. Doch wie lässt sich diese Wirtschaftsweise so nachhaltig gestalten, dass die biologische Vielfalt keinen Schaden nimmt? Damit hat sich die dreiteilige Tagungsreihe „Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit“ auseinandergesetzt. Die Reihe wurde von der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) initiiert und von denkausbremen e.V. in Zusammenarbeit mit dem Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) durchgeführt.

Aus Sicht des BfN sollte die Bioökonomie-Debatte weit über bloße, mit der Biomasseproduktion verbundene Fragen hinausreichen. Unter dem Leitbild der Nachhaltigkeit sind auch Aspekte des Naturschutzes sowie mögliche gesellschaftliche und wirtschaftliche Folgen zu berücksichtigen und zu integrieren. Daher sollten die Grenzen der Bioökonomie im Rahmen eines gesellschaftlichen Dialoges fortlaufend verdeutlicht und ausgehandelt werden. Dazu hat unsere Tagungsreihe einen relevanten Beitrag geleistet.

Sabine Riewenherm

Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz

Editorial

Der Zustand der natürlichen Ökosysteme ist besorgniserregend. Ein wesentlicher Grund ist der stetig zunehmende Nutzungsdruck auf Naturräume und landwirtschaftliche Flächen. Damit einher geht ein dramatischer Verlust an Biodiversität, der letztendlich auch die Lebensgrundlagen der Menschheit gefährdet. Dementsprechend skeptisch sind die Umwelt- und Entwicklungsverbände, wenn mit der Bioökonomie ausgerechnet eine Wirtschaftsform etabliert werden soll, die einen großen und zusätzlichen Bedarf an biogenen Ressourcen erforderlich macht.

Denn das ist das große Versprechen der Bioökonomie: Fossile und mineralische Rohstoffe werden durch nachwachsende ersetzt und speisen in Zukunft eine Wirtschaft, die ein gutes Leben für alle in Aussicht stellt. Vollkommen unklar ist allerdings, woher die notwendigen Ressourcen für eine Bioökonomie kommen sollen. Wie sollte also eine zukünftige Bioökonomie ausgestaltet werden, die sich innerhalb der Tragfähigkeit der Erde und ihrer Ökosysteme bewegt und sozial gerecht ist?

Um einer Antwort zumindest ein Stück näher zu kommen, beauftragte das Bundesamt für Naturschutz (BfN) denkbremens und seinen Projektpartner BUND mit der Durchführung des Forschungsvorhabens "Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit". Im Mittelpunkt stand eine Tagungsreihe zum Thema Bioökonomie und Biodiversität. Darüber hinaus organisierten die Projektbeauftragten einen intensiven Austausch mit dem aktuellen Bioökonomierat. Ein zentrales Anliegen war es, die Perspektive der Kolleg*innen aus den relevanten Umwelt- und Entwicklungsverbänden in dieses Forschungsvorhaben mit einfließen zu lassen.

Im vorliegenden BfN-Skript geben die im Projekt konsultierten Expert*innen Auskunft: Über die Gefahren der Bioökonomie für die biologische Vielfalt und welche Rohstoffpotenziale möglicherweise noch erschlossen werden können. Diese bewegen sich jedenfalls in einer überschaubaren Größenordnung, wenn eine sozial gerechte sowie ökologisch nachhaltige Bewirtschaftung zu Grunde gelegt wird. Darüber hinaus stehen die natürlichen Ökosysteme schon heute unter großem Druck und eine erhöhte Biomasse-Nachfrage könnte dazu führen, dass weitere Naturräume degeneriert oder zerstört werden.

Weiterhin hat das Projekt Beispiele aus der Praxis in den Blick genommen, die möglicherweise positive Ansatzpunkte für einen verantwortungsvollen Einsatz biogener Rohstoffe aufzeigen können. Ist demzufolge ein Kaffeebecher aus Maisstärke tatsächlich ein Vorbote für eine zukunftsfähige Bioökonomie – oder doch nur ein grünes Feigenblatt innerhalb einer Wirtschaftsordnung, die auf Wachstum und Shareholder Value setzt und Umweltauflagen vor allem unter Kosten verbucht?

Letztlich wird es darauf ankommen, wirksame Gesetze und ordnungspolitische Steuerungsinstrumente als Leitplanken für eine nachhaltige Bioökonomie zu definieren.

Allein Marktinstrumente oder freiwillige Zertifizierungsinitiativen sind nicht dazu in der Lage, die Wirtschaft der Zukunft im Rahmen der planetaren Grenzen zu halten. Aus diesem Grund wurden im Zuge des Projekts konkrete Maßnahmen, wie ein Ressourcenschutzgesetz und regionale Wirtschaftsmodelle aus dem globalen Süden, diskutiert.

Bei der konkreten Umsetzung der Bioökonomie kommt auch dem, aus zwanzig Expert*innen zusammengesetzten, Bioökonomierat eine zentrale Rolle zu, der der neuen Bundesregierung nun in seiner dritten Auflage beratend zur Seite steht. Im Rahmen des Projekts wurden daher drei Dialogveranstaltungen für den Austausch zwischen Umwelt- und Entwicklungs-

verbänden und Bioökonomierat initiiert. Wesentliche Verbändeforderungen sind darüber hinaus in verschiedene Positionspapiere eingeflossen, die das Projekt für die konkrete Arbeit des Bioökonomierats zur Verfügung gestellt hat.

Wie die Klimakrise, so duldet auch der dramatische Verlust der Biodiversität keinen Aufschub. Es muss sofort gehandelt werden, auch und vor allem im Hinblick auf eine zukünftige Bioökonomie. Deshalb müssen jetzt die Weichen für eine zukunftsfähige Wirtschaft gestellt werden. Nicht in Sonntagsreden oder wolkigen Grundsatzpapieren – sondern in Form von konkreter Politik. Dabei kommt den Umwelt- und Entwicklungsverbänden eine entscheidende Rolle zu.

Peter Gerhardt, Jonas Daldrup und Ulrike Eppler
denkhausbremen e.V.

1 Teil 1: Potenziale und Zielkonflikte der Bioökonomie

1.1 Agrarökosysteme und das Biodiversitäts-Management von Agrarlandschaften

Teja Tscharntke

Georg-August-Universität Göttingen

1.1.1 Zusammenfassung

Eine Politik für eine nachhaltige und bioökonomisch orientierte Ressourcennutzung mit vielfältigen Agrarökosystemen ist mit bedeutenden Zielkonflikten konfrontiert. Die Weltbevölkerung wächst bis 2050 auf rund 10 Milliarden Menschen und die Nachfrage nach Lebensmitteln verdoppelt sich. Die Globalen Wachstumsgrenzen (Planetary Boundaries) der Ressourcennutzung wurden schon überschritten, und wenn auf der Welt alle so leben wollten wie wir, müssten wir unseren ökologischen Fußabdruck zumindest halbieren. Dazu gehören Maßnahmen gegen den dramatischen Verlust der Biodiversität, der wesentlich auch in der Agrarpolitik seine Ursache hat. Die Landwirtschaft sichert zwar eine gute Nahrungsmittelversorgung, aber mit ökologischen Kollateralschäden an der Artenvielfalt und anderen Allgemeingütern, die keinen Marktpreis haben und deren Verlust oder mögliche Wiederherstellung der Allgemeinheit zur Last fällt. Zu den Maßnahmen gegen weitere Biodiversitätsverluste gehören der Schutz eines Minimums (>20 %) naturnaher Lebensraumreste in Agrarlandschaften, die Reduzierung der Feldgröße (deutlich unter 6 ha) und der Anbau einer großen Kulturarten-Vielfalt. Anreizsysteme für eine vielfältige und kleinteilige Agrarlandschaft stellen eine bisher völlig unterschätzte, sehr effektive Möglichkeit zur Förderung der Artenvielfalt in Agrarlandschaften dar.

1.1.2 Zielkonflikte für eine nachhaltige Wirtschaft

Bei globaler Betrachtung der Landnutzung und des Ressourcenverbrauchs ergeben sich folgende bedeutende Zielkonflikte für eine nachhaltige Wirtschaft:

(1) Die Weltbevölkerung wächst bis 2050 auf rund 10 Milliarden Menschen und die Nachfrage nach Lebensmitteln verdoppelt sich (FAO 2018). Diese Nachfrage ist von der notwendigen Lebensmittelproduktion zu unterscheiden. Denn es gibt viel Verschwendung, da ein Drittel bis zur Hälfte der Lebensmittel verderben, im Globalen Norden bei Händlern und Konsumenten, im Globalen Süden durch Lagerverluste. Dazu kommen ähnlich große Verluste durch übermäßigen Fleischkonsum, der sogar noch zunehmen soll (insbesondere in Indien und China). Momentan leidet einer von neun Menschen in der Welt unter Ernährungsunsicherheit bzw. Hunger (Tscharntke et al., 2012a).

(2) Die Globalen Wachstumsgrenzen (Planetary Boundaries) sind vor allem in zwei Bereichen deutlich überschritten, bei dem Verlust an Biodiversität und genetischen Ressourcen, was wesentlich mit der Zerstörung tropischer Regenwälder zusammenhängt, und der Umweltbelastung mit Nährstoffen (N, P), vor allem durch Überdüngung in der Landwirtschaft (Steffen et al., 2015). Wenn auf der Welt alle so leben wollten wie wir und andere wohlhabende Nationen, müssten wir unseren ökologischen Fußabdruck zumindest halbieren für ein "good life for all" (Hickel, 2019). Der EU kommt dabei eine besondere Verantwortung zu, da sie Importweltmeister ist und Agrargüter importiert, für die eine Anbaufläche so groß wie Deutschland benötigt wird (von Witzke & Noleppa, 2014). Die Import-Waren sind keineswegs zertifiziert nach den "UN Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte", nach denen die Menschenrechte, ein Mindesteinkommen, Umwelt- und Biodiversitätsschutz sowie Wasser-

und Bodenschutz zu berücksichtigen sind. Die Einhaltung solcher Standards wurde bisher nicht überprüft, auch wenn aktuell mit dem Lieferkettengesetz von 2021 ein erster Anfang gemacht wurde. Damit stellt sich die Frage: Sollen Umweltschutz und Menschenrechte nur für EU-Bürger gelten? Sollen wir weiterhin massenhaft Soja aus Brasilien importieren, auch wenn das mit Regenwaldzerstörung und Menschenrechtsverletzungen einhergeht? Wieso ist der Import von Textilien aus Äthiopien erlaubt, obwohl sie mit Hungerlöhnen produziert wurden? Eine umfassende Analyse zeigt, dass der globale Handel ein Drittel aller gefährdeten Arten bedroht (Green et al., 2019). Es ist an der Zeit, unsere Macht als Importeur für die Sicherung von Menschenrechten sowie Umwelt- und Biodiversitätsschutz zu nutzen.

(3) Die dramatischen Verluste der Biodiversität in den vergangenen Jahrzehnten wurden durch die diversen Pläne auf der Ebene der UN, EU und auch der Nationen nicht aufgehalten. Ganz im Gegenteil ist selbst in jüngerer Zeit ein steiler Anstieg bei den Verlusten an Biodiversität, vor allem in der überaus artenreichen Gruppe der Insekten, zu beobachten. Nachdem die UN Dekade der Biodiversität (2011-2020) keinen Erfolg gebracht hat, wurde für 2021-2030 die UN Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen ausgerufen. Die Landwirtschaft sichert zwar eine gute Nahrungsmittelversorgung, aber mit ökologischen Kollateralschäden. Dazu gehören der übermäßige Einsatz der Agrochemikalien, der Anbau in immer größer werdenden Monokulturen und die Zerstörung naturnaher Lebensräume in den traditionellen Kulturlandschaften mit ihrer Biodiversität und den damit verbundenen Ökosystemleistungen. Die Landwirtschaft richtet Schäden an Allgemeingütern an, die keinen Marktpreis haben und deren Verlust und mögliche Beseitigung der Allgemeinheit zur Last fallen.

1.1.3 Agrochemikalien: Dünger und Pestizide

Zu den wichtigsten negativen Externalitäten der Landwirtschaft zählt die Überdüngung. Die Kosten aller N-Verluste in Europa werden auf 70-320 Mrd. € pro Jahr geschätzt – wegen der Wasser-, Luft- und Boden-Verschmutzung sowie den damit verbundenen gesundheitlichen Folgen. Die Kosten dieser Schäden liegen damit auf einem höheren Niveau als die direkten ökonomischen Gewinne aus dem landwirtschaftlichen N-Einsatz (Sutton et al., 2011). Überdüngung verursacht auch starke Biodiversitätsverluste, insbesondere durch die damit verbundene Grünland-Verarmung (Klimek et al., 2008), aber anscheinend kann auch direkt eine höhere Mortalität pflanzenfressender Insekten eine Rolle spielen (Kurze et al., 2018).

Der Pestizideinsatz geht auch mit Verlusten bei der Biodiversität in Agrarlandschaften einher. Dabei haben die Nervengifte aus der Gruppe der Neonikotinoide traurige Berühmtheit erlangt (Hallmann et al., 2014). Sie reduzieren das Heimfindevermögen von Honigbienen, reduzieren die Königinnen-Produktion von Hummeln, reduzieren die Bestäubungsfähigkeit von Bienen und verringern das Überleben von Wildbienen (Klatt et al., 2016) (Whitehorn et al., 2012) (Rundlöf et al., 2015). Diese Bienen-Untersuchungen haben die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dass es bei der Bewertung des Pestizideinsatzes nicht nur um die bei der Bewertung der Giftigkeit üblicherweise zugrunde gelegte letale Dosis gehen kann, sondern dass insbesondere die subletalen Wirkungen einer Exposition gegenüber Pestiziden eine große Rolle spielen können. Denn die Gifte beeinträchtigen Reproduktion, Verhalten, Vitalität, Krankheitsanfälligkeit etc. von Insekten, gerade auch von Nützlingen, und tragen damit zur Mortalität bei (Desneux et al., 2007) (Müller, 2018). Der Einsatz von Glyphosat leistet einen Beitrag zur Vernichtung von Ackerwildkrautarten und deren Insekten, trifft aber auch das Bodenleben (Mikroorganismen, Regenwürmer) sowie Amphibien (Geiger et al., 2010) (Brühl & Zaller, 2019).

1.1.4 Biodiversitätsverluste

Die biologische Vielfalt nimmt auch aktuell immer weiter ab, trotz vieler internationaler Schutzkonventionen, beispielsweise den wenig erfolgreichen Programmen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in der Europäischen Union (Kleijn et al., 2011) (Pe'er et al., 2014) (IP-BES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), 2019). Die Landwirtschaft gilt als Hauptursache für den globalen Biodiversitätsrückgang (Sala et al., 2000) (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019b). So hat sich beispielsweise die Zahl der europäischen Feldvögel in den letzten drei Jahrzehnten mehr als halbiert (Whittingham, 2011) und zwei Drittel aller Ackerwildkrautarten pro Feld sind durch die Intensivierung der Landwirtschaft in Mitteleuropa in den letzten Jahrzehnten verschwunden (Meyer et al., 2013). In den letzten Jahrzehnten verschwanden zudem dramatisch viele Populationen und Arten von Insekten. Insekten stellen mit über 33.000 Arten rund 69 % aller Tierarten in Deutschland und sind integraler und oft dominanter Bestandteil unserer Ökosysteme. Dennoch stehen in Deutschland fast die Hälfte aller Insektenarten auf der Roten Liste, von denen die Hälfte seit 1998 weitere starke Bestandsabnahmen erfahren haben (BfN (Bundesamt für Naturschutz), 2015). Dies bedeutet auch einen starken Rückgang von Ökosystemdienstleistungen, einschließlich der Bestäubung von Nutzpflanzen, der biologischen Schädlingskontrolle (Martin et al., 2019) und der kulturellen Ökosystemdienstleistungen, zu denen die Erholung in biodiversitätsreichen Landschaften zählt (Bratman et al., 2019). Die 2017 veröffentlichte Studie des Entomologischen Vereins Krefeld sorgte für Aufsehen. Die Langzeitstudie konnte über einen Zeitraum zwischen 1989 und 2016 Jahren einen Verlust der Biomasse fliegender Insekten um 76 % feststellen (Hallmann et al., 2017). In den Biodiversitäts-Exploratorien wurde auf 150 Grünlandflächen in drei deutschen Regionen auch ein Rückgang von Insekten- und Spinnenarten um 34 % innerhalb von 10 Jahren (2008-2017) festgestellt – vor allem in Landschaften mit sehr hohem Ackeranteil (Seibold et al., 2019).

Allerdings gab es in letzter Zeit auch den ernstzunehmenden Hinweis, dass es möglicherweise vorschnell ist, von einer weltweiten „Insekten-Apokalypse“ zu sprechen. Crossley et al. (Crossley et al., 2020) fanden keine generellen Verluste bei Insekten-Artenzahlen in nord-amerikanischen Langzeit-Untersuchungen und raten ebenso zur Vorsicht wie Blowes et al. (Blowes et al., 2019) und McGregor et al. (Macgregor et al., 2019). Eine wesentliche Ursache für die gegensätzlichen Befunde mag die in verschiedenen Regionen der Welt andere Intensität der Landnutzung sein. So besteht in den USA eine größere Kontinuität der Flächennutzung, da es sich meist entweder um große Schutzgebiete oder um artenarme Agrarlandschaften mit großräumigen Monokulturen handelt. In Mitteleuropa gibt es dagegen eine kleinräumige Vermischung von naturnahen und genutzten Flächen. Dazu kommen starke regionale Kontraste und eine sich relativ kurzfristig ändernde Politik und Realität der Flächennutzung. Zudem berücksichtigen Monitorings, die über lange Zeit und systematisch erhoben wurden, meist relativ stabile Lebensräume, sodass dramatische Lebensraum-zerstörungen (Abholzen von Wäldern, Trockenlegen von Feuchtgebieten, Umbrechen von Grünland) und ihre Auswirkungen auf den Insektenreichtum fehlen bzw. unterrepräsentiert sind. Nicht zuletzt bleibt bei solchen weltweiten Analysen meist unklar, welche Mechanismen hinter den Veränderungen im Insekten-Artenreichtum stecken mögen – und sie relativieren in keiner Weise die sehr gut belegten Befunde in Deutschland zu den dramatischen Insektenverlusten.

1.1.5 Gestaltung von Kulturlandschaften

Die traditionell durch die Landwirtschaft geprägten Kulturlandschaften wurden in den letzten Jahrzehnten immer monotoner, da naturnahe Landschaftselemente zerstört, die Felder vergrößert, die Anzahl der Feldfrüchte verringert und die Bewirtschaftung intensiviert wurden. Diese Entwicklung gilt als die wichtigste Ursache der Biodiversitätsverluste (Sala et al., 2000) (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019a). Noch Ende des 19. Jahrhunderts stellten die Landschaften ein buntes Lebensraum-Mosaik dar, was spätestens durch die Intensivierung der Landwirtschaft nach dem zweiten Weltkrieg und die Grüne Revolution (für die Norman Borlaugh 1970 den Friedensnobelpreis gewann) ein Ende fand. In den 1960er und 1970er Jahren erfolgte ein zunehmend intensiver Einsatz von Pestiziden (Pflanzenschutzmitteln) und Düngemitteln, später die Flurbereinigung, d.h. eine Zusammenlegung von Feldern und zunehmende Homogenisierung der Landschaften. Aber selbst nach 2008 war noch ein erheblicher Intensivierungsschub zu beobachten, der mit den aktuellen, dramatischen Insektenverlusten in Verbindung gebracht wird. Denn die Flächenstilllegung verschwand und damit auch die Ackerbrachen (Tscharnke et al., 2011), der Flächenbedarf für Bioenergie stieg und die steigende Nachfrage nach Agrarprodukten führte zu höheren Bodenpreisen und damit einer weiter zunehmenden Intensität der Landnutzung.

Der Schutz der Artenvielfalt erfordert eine Erweiterung der Perspektive auf die Struktur der Landschaft, da die lokale Biodiversität in einem Feld oder einer Wiese durch den verfügbaren Pool von Populationen und Arten in der umgebenden Landschaft bestimmt wird (Tscharnke et al., 2012b, 2005b). In strukturarmen, einfach strukturierten Landschaften ist die Biodiversität stark reduziert, so dass auch lokal nur wenige Arten zu erwarten sind – unabhängig von der lokalen Bewirtschaftung. Diese Diskrepanz in der Skala (spatial scale mismatch), d.h. die gängige Konzentration auf das lokale Management bei Nichtbeachtung der Landschaftsstruktur, welche die Artenpools steuert, muss für eine erfolgreiche Gestaltung oder für Anreizsysteme zum Biodiversitätsschutz überwunden werden.

Der momentane Trend zu artenarmen Kulturlandschaften kann nur durch eine konzertierte Anstrengung zur grundlegenden Umgestaltung von Agrarökosystemen und Agrarlandschaften umgekehrt werden (Grass et al., 2019) (Grass et al., 2021) (Haan et al., 2021), wobei drei wichtige Wege zu einer artenreichen Kulturlandschaft im Fokus stehen sollten (Abb. 1). Zum einen zählt dazu traditionell die Erhöhung des Anteils naturnaher Lebensräume und von Schutzgebieten (Tscharnke et al., 2005a) (Garibaldi et al., 2021). Zum anderen kann eine Steigerung des Artenreichtums in Kulturlandschaften aber auch durch kleine Felder und eine Diversifizierung der angebauten Kulturpflanzen geschaffen werden. Überraschenderweise werden solche Maßnahmen zur Erhöhung der Landschaftsvielfalt durch Anbau von mehr Kulturpflanzenarten und durch die deutliche Reduzierung der Schlaggröße in der heutigen Landwirtschaft kaum angewandt, obwohl sie die Biodiversität auf ein viel höheres Niveau heben können als der Ökolandbau und sie auch in der konventionellen Landwirtschaft umsetzbar wären (Kleijn et al., 2019) (Batáry et al., 2017) (Sirami et al., 2019, Tscharnke et al. 2021).

Die Vergrößerung des Anteils naturnaher Flächen oder des Anteils kleiner Felder oder einer höheren Kulturpflanzenvielfalt. Eine Kombination von kleinen Feldern und Kulturartenvielfalt führt zu artenreichen Landschaften allein durch eine Steigerung der Landschafts-Heterogenität im Rahmen der landwirtschaftlich genutzten Flächen, was ohne Ertragsverluste geschehen kann. Das Grün steht für naturnahe Flächen und verschiedene Brauntöne stehen für verschiedene Kulturarten (Hass et al., 2018) (Hass et al., 2019) (Sirami et al., 2019) (Tscharnke et al., 2021).

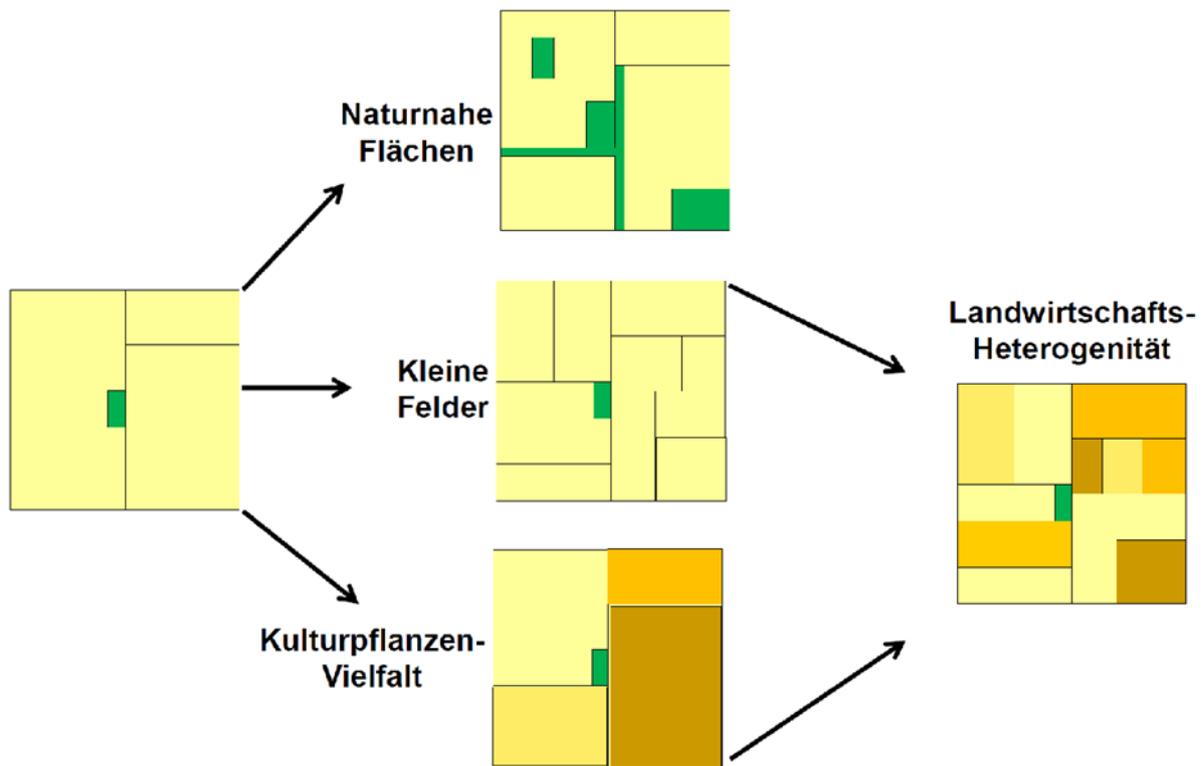


Abbildung 1. Konzeptionelle Darstellung der Möglichkeiten, die Artenvielfalt in Agrarlandschaften zu erhöhen.

In Agrarlandschaften geht es um die Restaurierung von Landschaften durch Erhöhung des Anteils naturnaher Landschaftselemente. Eine höhere Landschaftskomplexität, d.h. die Menge an semi-natürlichem Habitat pro Landschaft, vergrößert den Artenpool erheblich (Gámez-Virués et al., 2015; Kleijn et al., 2011; Tschardt et al., 2012b). Eine Zunahme des naturnahen Lebensraums in der Landschaft kann beispielsweise eine Verdoppelung des Artenreichtums der Wildbienen bewirken (Tschardt et al., 2005b). Komplexe Landschaften verbessern auch die lokale Verfügbarkeit von Prädatoren und Parasitoiden für die Schädlingsbekämpfung (Bianchi et al., 2006; Rusch et al., 2016; Tschumi et al., 2016; Thies & Tschardt, 1999). Die Einwanderung aus dem großen Artenpool in komplexen Landschaften kann ein lokal intensives Management kompensieren (Tschardt et al., 2012b). Offenbar kann ein Schwellenwert von 20 % an naturnahen Lebensräumen in Agrarlandschaften ein Minimum an Biodiversität am Leben erhalten (Garibaldi et al., 2021). In einfachen Landschaften mit <20 % Lebensraum sinkt die biologische Schädlingskontrolle dagegen unter einen kritischen Wert (Tschardt et al., 2002).

Zu den Maßnahmen, welche die Biodiversität bei konventioneller wie ökologischer Landwirtschaft in großem Umfang fördern können, gehören wesentlich auch die Reduzierung der Feldgröße und der Anbau einer großen Kulturarten-Vielfalt in der Landwirtschaft (Grass et al., 2021, Tschardt et al. 2021). Eine vielfältige und kleinteilige Agrarstruktur in der gesamten Landschaft kann den Artenreichtum vervielfachen, ohne dass es zu einer Verringerung der landwirtschaftlich genutzten Fläche oder zu Ertragseinbußen kommen muss (wie es beim ökologischen Landbau der Fall ist). Der Schlüssel zur Wiederherstellung der Biodiversität in großem Maßstab ist ein kleinräumiges Landnutzungsmosaik mit Feldern, deren Größe im Mittel deutlich unter sechs Hektar liegt, und durch eine Erhöhung der Kulturpflanzenvielfalt sowohl zeitlich (durch lange Fruchtfolgen) als auch räumlich (durch Mischkulturen, Streifenanbau etc.) (Batáry et al., 2017, Grass et al., 2021; Sirami et al., 2019).

Eine solche Veränderung in der Struktur der Agrarlandschaften sollte viel stärker die Artenvielfalt fördern als eine großflächige Zertifizierung als Ökolandbau, soweit diese nur mit dem Verzicht auf synthetische Agrochemikalien verbunden ist (Tschardt et al. 2021, Abb. 2).

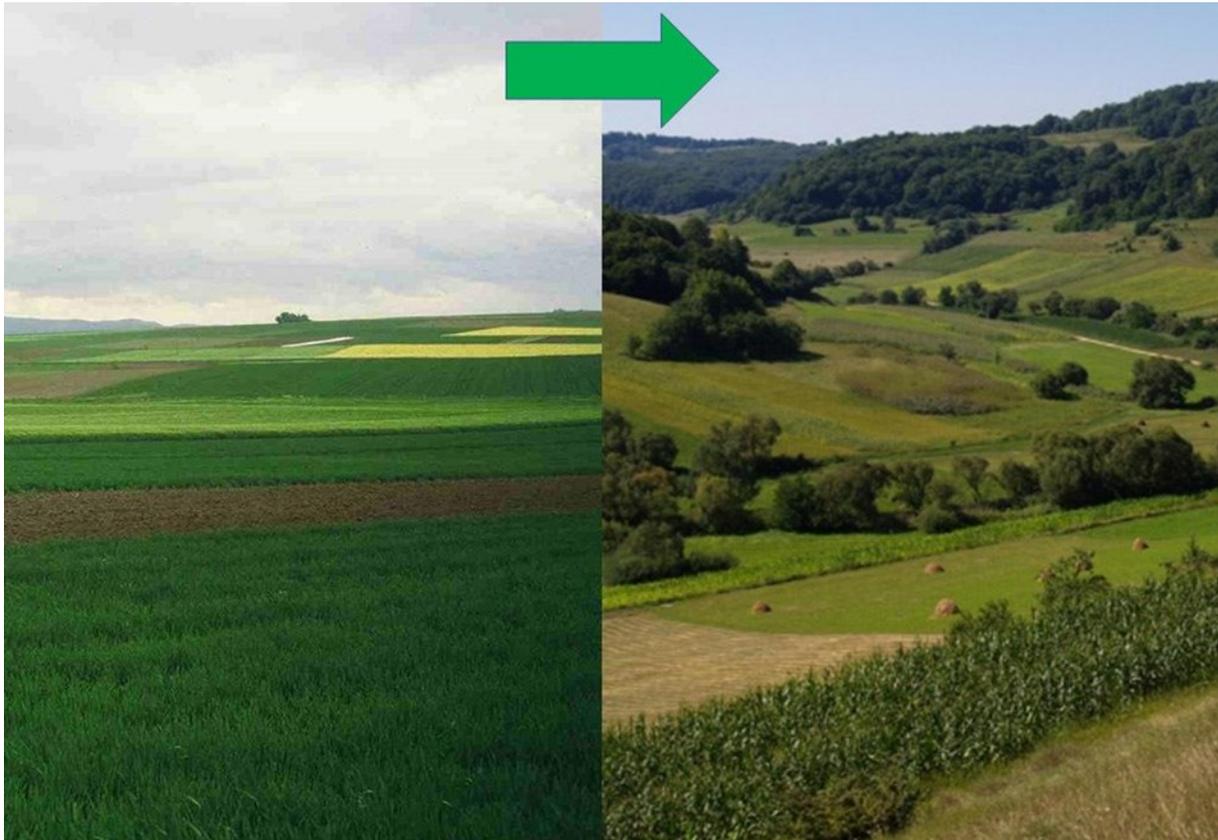


Abbildung 2. Die Renaturierung von Agrarlandschaften für eine erhöhte Verfügbarkeit von Ökosystemleistungen wie der Bestäubung und der biologischen Schädlingskontrolle braucht ein gezieltes Management zur Erhöhung des Struktureichtums. Kleine Felder (deutlich unter 6ha), vielfältige Kulturen und mindestens ein Fünftel naturnaher Flächen wären im Sinne der UN Dekade (2021-2030) zur umfassenden Wiederherstellung von Ökosystemen (Foto: Tschardt, T., 2021, One Earth 4, 1217–1219).

1.1.6 Schlussfolgerungen

Eine Politik für eine nachhaltige bioökonomische Ressourcennutzung muss sich der Frage stellen, wie die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren ist, ohne die planetaren Grenzen des Rohstoffverbrauchs weiter zu überschreiten und ohne weitere dramatische Verluste der Biodiversität zu verursachen. Dafür braucht es einen Paradigmenwechsel in der Agrarpolitik, gleichermaßen für die konventionelle wie die ökologische Landwirtschaft (Tschardt et al, 2021). Die Landwirtschaft sichert zwar eine gute Nahrungsmittelversorgung, aber mit großen ökologischen Kollateralschäden. Es braucht Anreizsysteme für eine vielfältige und kleinteilige Agrarstruktur, verbunden mit dem Schutz eines Minimums von 20 % naturnaher Lebensräume. Solche Maßnahmen passen gut in den Kontext der kommenden UN-Dekade (2021-2030) zur Wiederherstellung von Ökosystemen (UN Decade on Ecosystem Restoration).

1.2 Globaler Landnutzungswandel und Zielkonflikte in der Bioökonomie

Louisa Prause

Humboldt-Universität zu Berlin

Die Bioökonomie ist eine wichtige Transitionsstrategie, mit der die deutsche und europäische Wirtschaft nachhaltiger gestaltet werden sollen. Sie zielt darauf ab, nachwachsende Rohstoffe oder Biomasse verstärkt wirtschaftlich zu nutzen. Die deutsche Bioökonomiestrategie verfolgt hierbei einerseits eine biotechnologiezentrierte Forschungs- und Entwicklungsvision, die auf einer Valorisierung kleinerer Mengen biogener Rohstoffe durch Biotechnologien zur Entwicklung neuer bio-basierter Produkte und Verfahren basiert. Andererseits beruht die deutsche Bioökonomiestrategie auf der Vision, fossile Rohstoffe zu einem Teil durch biogene Rohstoffe zu ersetzen und so einer klimaneutralen Wirtschaft näher zu kommen (BMBF & BMEL 2020). Biomasse ist also die materielle Basis, auf der die Bioökonomie aufbaut.

Biomasse für die Nutzung im Rahmen der Bioökonomie wird aus Pflanzen, die meist im Ackerbau angebaut werden, Bäumen und zum Teil auch aus Algen gewonnen, wobei letztere bislang nur einen sehr geringen Anteil ausmachen. Zudem soll Biomasse verstärkt aus biogenen Rest- und Abfallstoffen gewonnen werden. Neuere Studien zeigen allerdings, dass das Potenzial einer verstärkten Nutzung der Rest- und Abfallstoffe in Deutschland begrenzt ist. Borowski et al. (2019) gehen davon aus, dass lediglich zwischen 16 und 34 Prozent der deutschen Rest- und Abfallstoffe bislang ungenutzt sind. Da andere Beiträge in diesem Sammelband sich verstärkt mit der Waldnutzung beschäftigen, konzentriere ich mich im Folgenden auf die Frage nach den Zielkonflikten, die durch eine verstärkte Nutzung von im Ackerbau gewonnener Biomasse in der Bioökonomie auftreten können.

1.2.1 Woher kommt die Biomasse für die deutsche Bioökonomie?

Die deutsche Bioökonomiestrategie wurde in der Hoffnung verabschiedet, dass die benötigten nachwachsenden Rohstoffe aus eigener Produktion stammen würden. Wie Bundeslandwirtschaftsministerin Julia Klöckner in der Presseerklärung zur neuen Bioökonomiestrategie erklärte: „Denn während wir viele fossile Rohstoffe importieren müssen, wachsen die erneuerbaren bei uns um die Ecke. Auf unseren Wiesen, Äckern und in den Wäldern“ (Bundesregierung, 15.01.2020). Die ersten Berichte aus dem Monitoring der Bioökonomiestrategie zeigen jedoch, dass dies eine allzu optimistische Einschätzung ist. Deutschland und auch die EU bleiben Netto-Importeure von Biomasse (Bruckner et al. 2019; Bringezu et al. 2020). Das bedeutet, dass in anderen Teilen der Welt Landflächen dafür verwendet werden, den Biomassebedarf von Deutschland zu befriedigen. Studien stellen dies im so genannten globalen Agrarfußabdruck dar. Dieser zeigt die gesamten Anbau- und Weideflächen, die für den deutschen Biomassebedarf, also nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche und energetische Nutzung aber auch Lebensmittel, benötigt werden. Hier zeigt sich, dass der Agrarfußabdruck Deutschlands 2015 bei 52 Millionen Hektar lag und damit die inländische Agrarfläche von ca. 17 Millionen Hektar deutlich überschreitet. Das bedeutet, dass Deutschland aufgrund seiner Nachfrage „insbesondere in den 2000er Jahren erheblich zu Flächenumwandlungen von Grünland und Wald in verschiedenen Weltregionen beigetragen“ hat (Bringezu et al. 2020: 9).

1.2.2 Zielkonflikte und Landnutzungswandel in Brasilien und Senegal

Der hohe Flächenbedarf Deutschlands wirft ein kritisches Licht auf die Nachhaltigkeit der Bioökonomie. Wenn Grünland und Wald in Ackerland verwandelt werden, dann kann sich dies negativ auf die Biodiversität und lokale Ökosysteme auswirken (Möller et al. 2020).

Zudem bedrohen sie die Lebensgrundlagen der dort lebenden Menschen, die oft auf die Produkte der Wälder oder kleinbäuerlichen Land- und Weidewirtschaft in diesen Gebieten angewiesen sind. Im Senegal wurden beispielsweise im Jahr 2011 20.000 Hektar Land innerhalb eines Waldschutzgebietes von der Regierung an ein italienisch-senegalesisches Unternehmen verpachtet, das dort Süßkartoffeln für die Bioethanolproduktion anbauen wollte. Zwar wurde das Projekt auch auf Grund anhaltenden Widerstands nie vollständig umgesetzt, nichtsdestotrotz rodete das Unternehmen einen Großteil der Bäume und Büsche in dem Gebiet und zerstörte so ein ohnehin bereits fragiles Ökosystem. Zudem mussten die dort lebenden semi-nomadischen Viehzüchter*innen jahrelang gegen den Verlust ihrer Weideflächen und Wasserstellen und damit ihrer Lebensgrundlage kämpfen (Prause & Billon 2020).

Ein weiterer Aspekt des mit der Bioökonomie verknüpften Landnutzungswandels ist die Frage, ob Ackerflächen, die zuvor für die Nahrungsmittelproduktion verwendet wurden, für den Anbau von Pflanzen umgewandelt werden, die für die energetische und materielle Nutzung bestimmt sind. Es gibt Beispiele für Regierungsprogramme, die Anreize für Kleinbauern und -bäuerinnen schaffen, um von einer Landwirtschaft, die stärker auf Subsistenz und vielseitige Nahrungsmittelproduktion ausgelegt ist, auf die Produktion von für die Bioökonomie wichtigen Exportgütern wie Palmöl umzusteigen (Backhouse & Lehmann 2019). Im Jahr 2010 führte beispielsweise Brasilien ein staatliches Programm zur Förderung 'nachhaltiger Palmölproduktion' ein. Ziel des Programms war die Diversifizierung der Ölsaaten für Biodiesel und die Entwicklung der armen ländlichen Gebiete in Amazonien. Hierfür wurden insgesamt 6 Millionen Hektar Land in 44 Gemeinden ausgewählt. Obwohl das staatliche Programm vorsah, dass für die Palmölproduktion keine Waldflächen gerodet werden sollen, berichten Gemeindevertreter*innen von Waldrodungen für die Palmölplantagen. Sie beklagten außerdem eine Zunahme der Nutzung von Pestiziden und der damit einhergehenden Verschmutzung von Wasserläufen und des Grundwassers (Backhouse & Lehmann 2019).

Regierungen und Unternehmen legitimieren Programme wie in Brasilien oder Großinvestitionen in Ländern wie im Senegal häufig damit, dass sie vermeintlich degradierte Böden aufwerten und die angeblich rückständigen landwirtschaftlichen Praktiken von Kleinbauern und -bäuerinnen modernisieren würden. Daten aus der Land Matrix, einer Datenbank zu großen Landumwandlungen durch Unternehmen, zeigen jedoch, dass große Investitionen in Land durch Agrarunternehmen, wie die im Senegal, in den vergangenen zehn Jahren in erster Linie in Gebieten getätigt wurden, die gut für die Landwirtschaft geeignet sind, also über einfachen Zugang zu Wasser, gute Infrastruktur und Bodenqualität verfügen (Nolte et al. 2016).

Laut Regierungen und Unternehmen sollen Projekte wie im Senegal oder Brasilien zudem einen Beitrag für die Entwicklung armer ländlicher Regionen, zur Senkung des CO₂-Ausstoßes und damit zum Schutz des Klimas leisten. Diese Narrative finden wir in vielen Fällen von Landumnutzungen für den industriellen Anbau von Pflanzen für die energetische oder materielle Nutzung wieder. Tatsache ist jedoch, dass agrarindustrielle Produktionsweisen häufig große Schäden in lokalen Ökosystemen verursachen und große Landinvestitionen oft mit einer Verdrängung der lokalen Landnutzer*innen einhergehen.

Die ‚grünen‘ Legitimationsstrategien für solche Projekte erschweren es jedoch sozialen Bewegungen, gerade Umweltbewegungen im Global Süden, solche Landumwandlungen zu kritisieren und damit national und international auch in Bezug auf Debatten um die Bioökonomie Gehör zu finden.

Wer die Diskussionen um die globale Landnutzung in den letzten zehn Jahren verfolgt hat, fühlt sich bei den oben genannten Beispielen vielleicht an die ‚Tank versus Teller‘-Debatte erinnert. Mit der zunehmenden Förderung von Agrarrohstoffen ging eine breit geführte Debatte einher, ob dies zu einer Gefährdung der Nahrungsmittelsicherheit in Teilen der Welt führe. In der Tat stellt sich im Rahmen der Bioökonomie die Frage, ob wir es nun mit Tank versus Teller versus Bioplastik (oder einer anderen materiellen Nutzung von Biomasse) zu tun haben.

1.2.3 Digitalisierung und Biotechnologie als Allheilmittel?

Diese Problematiken werden in der deutschen Bioökonomiestrategie durchaus an einigen Stellen anerkannt (BMBF & BMEL 2020). Eine Lösung sieht die Strategie in einer Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Produktion durch Digitalisierung und Biotechnologie. Diese Technologien sollen es ermöglichen, die landwirtschaftliche Produktion zu steigern, ohne den Flächenbedarf auszuweiten und ohne die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf Umwelt und Klima zu verstärken. Digitalisierung oder neue gentechnische Verfahren sind jedoch kein Allheilmittel für die Probleme, die eine verstärkte Nutzung von Biomasse für die energetische und materielle Nutzung innerhalb der Bioökonomie verursachen könnte. Einerseits ist umstritten, ob digitale Technologien und neue Gentechnikverfahren die negativen ökologischen Auswirkungen einer industrialisierten Landwirtschaft wirklich eindämmen können (Clapp & Ruder 2020). Auch wenn Präzisionstechnologien den Einsatz von chemischen Inputs verringern können, werden diese Inputs trotzdem weiterhin für die Landwirtschaft benötigt. Viele der digitalen Entwicklungen sind zudem auch weiterhin auf große, schwere Landmaschinen ausgerichtet, deren Nutzung zu Bodenverdichtung und -degradation führt. Andererseits ist fraglich, inwieweit solche Technologien für eine kleinbäuerliche Landwirtschaft überhaupt nutzbar gemacht werden können. Viele der neuen digitalen Technologien zielen insbesondere auf den Einsatz auf großen homogenen Feldern ab und sind nicht zwangsläufig auf kleinteilige und vielfältige Anbausysteme zu übertragen – von den hohen Kosten, die viele Bauern und Bäuerinnen im globalen Süden nicht bezahlen können, einmal abgesehen.

1.2.4 Fazit

Der Ausbau der Biomasse-Nutzung für energetische und materielle Zwecke im Rahmen der Bioökonomie bringt aus globaler Perspektive also Risiken für eine sozial und ökologisch nachhaltige Landnutzung mit sich. Deutschland ist Netto-Importeur von Biomasse und leistet damit einen Beitrag dazu, dass in anderen Teilen der Welt Weide- und Waldflächen sowie kleinbäuerliche Landwirtschaft für den industriellen Ackerbau umgenutzt wird. Damit einher gehen Zielkonflikte der Bioökonomie hinsichtlich des Schutzes der Umwelt, insbesondere lokaler Ökosysteme und der Biodiversität sowie hinsichtlich der Nutzung von landwirtschaftlicher Fläche für die (lokale) Nahrungsmittelproduktion und -versorgung. Umnutzungen von Land für eine agrarindustrielle Produktion von Energiepflanzen oder Pflanzen für die materielle Nutzung gehen zudem häufig mit einer Verdrängung von Kleinbauern und -bäuerinnen einher - haben also negative soziale Auswirkungen und führen häufig zu Konflikten.

Digitalisierung und Biotechnologien bieten hierfür nicht unbedingt eine Lösung, da ihre ökologische Nachhaltigkeit umstritten ist. Zur Vermeidung solcher Zielkonflikte wäre es sinnvoll,

Ansätze der Suffizienz und einer Verringerung des Ressourcenverbrauchs (fossil und biogen) in Deutschland allgemein zu stärken. Die Versorgung der Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln muss zudem unbedingt Vorrang vor einer energetischen und materiellen Nutzung von Biomasse haben. Ansatzpunkte für eine Verbesserung der Nahrungsmittelversorgung bietet beispielsweise das Konzept der Ernährungssouveränität, das unter anderem kleinbäuerliche und agrar-ökologische landwirtschaftliche Praxen stärkt und lokale Versorgungskreisläufe für Lebensmittel etabliert (Prause im Erscheinen). Zudem ließe sich durch eine Verringerung des Konsums von Fleisch und anderen tierischen Produkten der Druck auf die globalen landwirtschaftlich nutzbaren Flächen reduzieren und der CO₂-Ausstoß senken (siehe auch Möller et al. 2020). Schätzungen zufolge werden derzeit etwa 33 Prozent der weltweiten Ackerflächen für die Produktion von Viehfutter verwendet (Chemnitz & Weigelt 2015). Studien gehen davon aus, dass in der Europäischen Union sogar auf 63 Prozent des Ackerlandes Pflanzen angebaut werden, die für die Herstellung von Viehfutter verwendet werden (Greenpeace 2019). Ein geringerer Fleischkonsum könnte dazu beitragen, die Erträge dieser Flächen für andere Zwecke zu nutzen, entweder für die Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel oder für die energetische oder materielle Nutzung im Rahmen der Bioökonomie.

1.3 Ohne Biomasse keine Bioökonomie

Wolfgang Kuhlmann

Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz (ARA) / denkhausbremer

„Grundpfeiler einer nachhaltigen Bioökonomie ist ... die verantwortungsvolle Erzeugung, Erschließung und Nutzung biogener Roh- und Reststoffe. Dabei hat die Sicherung der weltweiten Ernährung stets Vorrang, und es müssen ethische Prinzipien und gesellschaftlich anerkannte Ziele wie Umwelt-, Landschafts- und Tierschutz berücksichtigt werden“ heißt es in der Nationalen Bioökonomiestrategie (BMBF, BMEL 2020). Wie diese Ziele gegen-einander abgewogen werden sollen, wird allerdings ebenso wenig erläutert wie die Frage, wo der zusätzliche Bedarf an Biomasse für eine Dekarbonisierung der Wirtschaft an seine Grenzen stößt.

Da verwundert es nicht, wenn Industrie und Politik versuchen, vor allem die Nutzung von Rest- und Abfallstoffen in den Mittelpunkt einer „nachhaltigen Bioökonomie“ zu stellen. Das ist sicherlich ein lobenswerter Ansatz, doch die hierfür zur Verfügung stehenden Ausgangsstoffe erweisen sich bei näherem Hinsehen als recht begrenzt. Eine umfangreiche Untersuchung der verschiedenen Stoffströme kommt zu dem ernüchternden Ergebnis, dass unter Berücksichtigung ökologischer Restriktionen und bestehender stofflicher Nutzung pro Jahr maximal rund 210 Mio. t biogener Rest- und Abfallstoffe mit einem Energiegehalt von rund 920 Petajoule (PJ) zur Verfügung stehen (Fehrenbach et al. 2018). Holz (inklusive Schwarzlauge) stellt mit rund 400 PJ den größten Anteil, gefolgt von Stroh (187 PJ) sowie Gülle und Festmist (rund 110 PJ).

Nach Angaben des Umweltbundesamtes lag der Primärenergieverbrauch in Deutschland 2020 bei 11.691 Petajoule (PJ).¹ Würde man alle Rest- und Abfallstoffe vollständig energetisch nutzen, könnten knapp 8 % des deutschen Primärenergiebedarfes gedeckt werden. Gleichzeitig ist zu beachten, dass einige der betrachteten Ausgangsstoffe bereits jetzt energetisch genutzt werden, es sich also nur zum Teil um zusätzliche Potenziale handelt.

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass es bei den von der Bioökonomie genutzten Rohstoffen in erster Linie um Holz sowie um landwirtschaftliche Anbauprodukte handelt. 2020 wurden auf rund 16 % der Anbaufläche Deutschlands nachwachsende Rohstoffe angebaut. Über 90 % davon sind Energiepflanzen, die in erster Linie zur Herstellung von Biokraftstoffen und Biogas genutzt werden (siehe Abbildung 1). Industriepflanzen, die stofflich verwertet werden, wachsen nur auf rund 0,2 Mio. ha oder 1,4 % der landwirtschaftlichen Fläche (FNR 2021).

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#primaerenergieverbrauch-nach-energetragern>

Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland

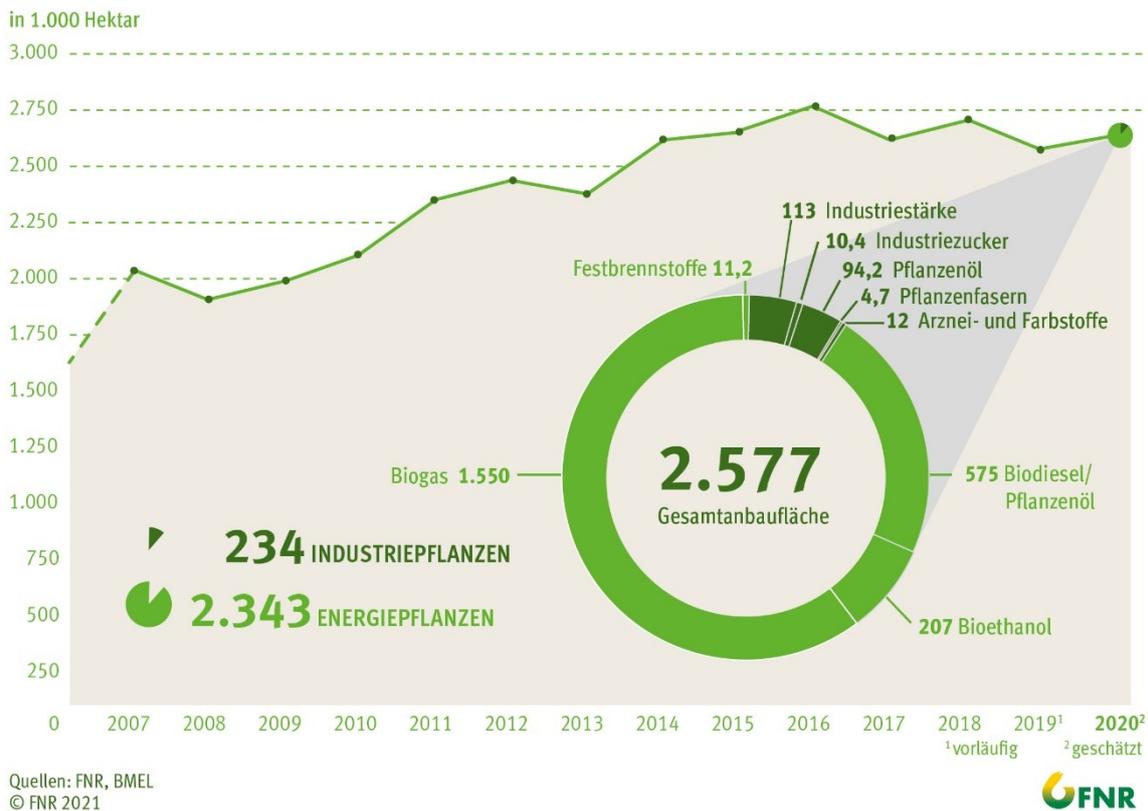


Abbildung 3. Entwicklung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Grüner Sprit

Ein Blick auf den Sektor der Agrarkraftstoffe zeigt nicht nur die von verfügbaren Flächen gesetzten Grenzen, sondern offenbart auch, dass die vollmundig propagierte Nutzung von Reststoffen bislang noch in den Kinderschuhen steckt.

Bei dem überwiegenden Teil des in Deutschland hergestellten Biodiesels oder -ethanols handelt es sich um Agrarkraftstoffe der 1. Generation, die aus Anbauprodukten hergestellt werden. Als Rohstoff für Biodiesel dienen Pflanzenöle (Raps-, Soja- und Palmöl), die chemisch umgewandelt werden. Der Ausgangsstoff für Bioethanol ist der in Pflanzen enthaltene Zucker, der mit Hilfe von Hefen und Enzymen zu Alkohol vergoren wird. Bei stärkehaltigen Pflanzen wie Getreide wird die Stärke zuerst enzymatisch in Zucker umgewandelt.

Wollte man die gesamte Menge des in Deutschland verbrauchten Diesels durch Biodiesel ersetzen, müsste dies zum weitaus überwiegenden Teil auf der Basis von Raps geschehen, da die zusätzlich verfügbaren Mengen an Altspeseölen als gering eingeschätzt werden (DBFZ 2015). Bei einem Ertrag von 3,5 t Rapssaar pro Hektar, aus denen 1.500 l oder 1,32 t Biodiesel entstehen, würde hierfür eine Anbaufläche von 26,7 Mio. ha benötigt. Das ist das 1,6-fache der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands.

Bei Agrarkraftstoffen der 2. Generation sollen landwirtschaftliche und organische Reststoffe zum Einsatz kommen oder Energiepflanzen, die auf Flächen angebaut werden können, die für die herkömmliche Landwirtschaft unbrauchbar sind. Bei Biodiesel gelingt dies zum Teil durch den Einsatz von Altspeseölen. Für die Herstellung von Bioethanol sollen in Zukunft

verstärkt die zellulosehaltigen Teile der Pflanzen genutzt werden (Stroh, Holzreste oder Energiepflanzen wie Miscanthus).

Viele der Probleme, die mit der Herstellung von Kraftstoffen aus verholzten Pflanzenteilen verbunden sind, konnten noch nicht gelöst werden. Nach einer Studie des Joint Research Center der Europäischen Kommission sind von 20 Anlagen, die im industriellen Maßstab Bioethanol aus Lignozellulose herstellen wollen, derzeit nur vier in Betrieb (Padella et al. 2019). Drei davon (Raízen und Gran Bio in Brasilien sowie POET-DSM in den USA) produzieren weit weniger als die angegebene Kapazität (Ernsting et al. 2018). Bei der vierten Anlage (Borregaard AS) handelt es sich um eine norwegische Bioraffinerie, in der Bioethanol als Nebenprodukt hergestellt wird (pro 1.000 kg Fichtenholz sind es 50 kg Ethanol) (European Biofuels undatiert).

In Deutschland ist bisher eine Demonstrationsanlage in Betrieb, in der jährlich bis zu 1000 t Zellulose-Ethanol aus rund 4.500 t Agrarreststoffen produziert werden (Sachverständigenrat Bioökonomie Bayern 2017). Im rumänischen Podari baut die Firma Clariant derzeit eine Großanlage zur Produktion von Zellulose-Ethanol. Wenn sie den Betrieb aufnimmt, sollen dort pro Jahr 250.000 t Getreidestroh zu 50.000 t Bioethanol verarbeitet werden.² Bei einem durchschnittlichen Ertrag von 5 t Stroh pro Hektar würde dazu eine Anbaufläche von 50.000 ha benötigt (d.h. 1 ha pro Tonne Bioethanol). Wenn zum Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und Humusbilanz das Stroh nur jedes dritte Jahr abgefahren wird, erhöht sich die Fläche auf 150.000 ha.³

Daraus ergeben sich nicht nur lange Transportwege, sondern auch hohe Anforderungen an die Lagerlogistik. Denn die Verarbeitung des saisonal verfügbaren Rohstoffs muss auf das ganze Jahr verteilt werden, um eine gleichmäßige Auslastung der Produktionsanlagen zu gewährleisten.

Trotzdem sieht der Branchenverband der Biotechnologie-Industrie Deutschlands darin einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors (BioDeutschland 2020). Wenn es gelänge, in Deutschland aus 10 Mio. t Stroh rund 2 Mio. t Zellulose-Ethanol herzustellen, könnte damit rund 1,3 Mio. t Benzin ersetzt werden.⁴ Das wäre weniger als 8 % der 2019 in Deutschland verbrauchten 16,8 Mio. t Benzin.

Stoffliche Nutzung

Bei den landwirtschaftlich produzierten nachwachsenden Rohstoffen überwiegt die energetische Nutzung bislang bei weitem die stoffliche Nutzung. In der chemischen Industrie wurden 2019 2,6 Mio. t nachwachsende Rohstoffe genutzt, denen 17 Mio. t fossiler Rohstoffe gegenüber standen. 65 % der eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe wurden importiert (FCI 2021).

Die organische Chemie basiert auf Kohlenstoff, der sowohl aus fossilen wie aus nachwachsenden Rohstoffen bereitgestellt werden kann. Aus ökonomischen Gründen fällt die Wahl dabei überwiegend auf fossile Rohstoffe. Preislich kann allenfalls Glycerin konkurrieren, das als Nebenprodukt bei der Herstellung von Biodiesel anfällt.

² Großanlage zur Produktion von Zellulose-Ethanol der Firma Clariant: <https://www.clariant.com/de/Corporate/News/2020/12/Construction-of-Clariants-sunliquid-plant-in-Romania-on-track-for-completion-by-the-end-of-2021>

³ Zum Erhalt von Bodenfruchtbarkeit: <https://www.topagrar.com/energie/news/ethanol-aus-stroh-fragliche-wirtschaftlichkeit-9835482.html>

⁴ 1 t Bioethanol ersetzt 0,63 t Benzin

Aus Sicht der chemischen Industrie werden politische Vorgaben für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe von den meisten Akteuren abgelehnt. Staatliches Handeln sollte sich neben der Förderung von Forschung und Entwicklung auf den Abbau von Handelshemmnissen konzentrieren, „um nachwachsende Rohstoffe zu wettbewerbsfähigen Weltmarktpreisen bekommen zu können“ (IZT 2018).

Welche Auswirkungen eine möglichst vollständige Umstellung auf nachwachsende Rohstoffe hätte, lässt sich wegen der Vielzahl unterschiedlicher Verfahren und Endprodukte pauschal nicht sagen. Die folgenden Beispiele sollen das verdeutlichen.

Tenside

Tenside machen rund ein Drittel der Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln aus. Allein für die in Deutschland genutzten Produkte waren das 2015 rund 184.000 t. 7 % davon wurden ausschließlich aus organischen Rohstoffen hergestellt, 50 % ausschließlich aus petrochemischen Rohstoffen und der Rest aus einer Mischung aus beiden.⁵

Für die Produktion von Tensiden kann allerdings nicht jedes Pflanzenöl eingesetzt werden. Wegen ihres hohen Anteils an Laurinsäure eignen sich Kokos- und Palmkernöle am besten. Eine heimische Alternative könnte gentechnisch veränderter Raps sein, der aber bisher gegenüber den tropischen Ölen nicht wettbewerbsfähig ist (FNR 2014).

Dabei erscheint weder der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen in Deutschland wünschenswert, noch der Import von Ölen, bei denen sich nicht ausschließen lässt, dass ihre Produktion für den Verlust von Tropenwäldern verantwortlich ist.

Schmierstoffe

Der Markt für Schmierstoffe ist in Deutschland seit vielen Jahren gleichbleibend und liegt bei rund einer 1 Mio. t. Der Anteil der organischen Rohstoffe hat sich von 2011 bis 2016 auf rund 5 % verdoppelt. „Vom technischen Standpunkt aus könnten mehr als 90 % aller Schmierstoffe auf biogener Basis sein. Das Hauptproblem beim breiten Einsatz der marktreifen Bioschmierstoffe ist der höhere Preis gegenüber den etablierten Produkten auf Basis von Mineralöl. Dass dieser Nachteil sowohl durch technische Vorteile als auch durch ein gutes Ölmanagement weitestgehend ausgeglichen werden kann, ist immer noch zu wenig bekannt“ (Busch 2018).

Wollte man dieses Ziel ausschließlich auf der Basis von Rapsöl erreichen, würden dafür zusätzliche 850.000 t benötigt. Dafür müssten 770.000 Hektar Land oder 4,6 % der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands bereitgestellt werden.

Autoreifen

Naturkautschuk ist ein sehr elastisches Biopolymer, dessen exzellente technische Eigenschaften bislang von erdölbasierten Synthetikautschuken nicht erreicht werden. Die weltweite Produktion lag 2019 bei rund 14 Mio. t.⁶

Die wichtigste Quelle hierfür ist der Kautschukbaum *Hevea brasiliensis* mit Erträgen von 500 bis 1.500 kg pro Hektar. Der Baum wächst nur in Regionen mit hohen Niederschlagsmengen

⁵ Daten der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe: <https://basisdaten.fnr.de/biobasierte-produkte/waschmittel-und-kosmetika/>

⁶ Daten zur weltweite Kautschukproduktion: <https://www.tirebusiness.com/news/world-nr-production-demand-fell-2019>

und hohen Temperaturen. Allein die bis 2024 zusätzlich benötigten Anbauflächen werden auf 8,5 Mio. ha geschätzt. Hierfür gehen in der Regel Regenwaldflächen verloren.⁷

Eine Alternative könnte die Wurzel des Kaukasischen Löwenzahns (*Taraxacum koksaghyz*) sein, die Erträge bis zu 150 kg Latex pro Hektar liefern soll. Der Reifenhersteller Continental arbeitet gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie an einer kommerziellen Nutzung.⁸

Für die Reifenherstellung in Deutschland wurden 2018 160.000 t Naturkautschuk sowie 185.000 t Synthetikautschuk eingesetzt (wdk 2020). Wollte man den Naturkautschuk durch Latex aus Löwenzahn ersetzen, wäre eine Anbaufläche von 1,1 Mio. ha notwendig – oder fast 7 % der landwirtschaftlichen Anbaufläche in Deutschland. Nach Angaben der Entwickler sei der Anbau auch auf marginalen Böden möglich. Das soll wahrscheinlich heißen, dass Flächen in Deutschland hierfür nicht vorgesehen sind. Auch wenn der durchschnittliche Weltmarktpreis Ende 2020 auf über zwei Euro pro Kilogramm Naturkautschuk gestiegen ist, scheint dies immer noch wenig lukrativ.⁹

Auch Synthetikautschuk kann auf der Basis von Agrarkraftstoffen hergestellt werden, etwa auf der Basis von Zuckerrohr.¹⁰ Angesichts sinkender Rohölpreise konnte sich dieses Produkt bislang aber nicht durchsetzen (wdk 2020).

Fazit

Die in der Landwirtschaft produzierten nachwachsenden Rohstoffe werden bisher in erster Linie energetisch genutzt. Eine hochwertige stoffliche Verwendung von Agrarrohstoffen findet dagegen kaum statt. Sollten bei industriellen Verfahren biogene Rohstoffe im großen Maßstab zum Einsatz kommen, dann ist das inländische Produktionspotenzial schnell ausgeschöpft und die Bio-Wirtschaft auf Importe genauso angewiesen wie heute bei Erdöl und Erdgas.

Eine verantwortungsvolle Bioökonomie sollte daher Obergrenzen-Korridore für die Biomasseproduktion definieren, die mit der Leistungsfähigkeit der heimischen Land- und Forstwirtschaft unter Berücksichtigung des Naturschutzes rückgekoppelt sind.

⁷ Daten der Fachagentur f. Nachwachsende Rohstoffe: <https://biowerkstoffe.fnr.de/biokunststoffe/rohstoffe-biopolymere/kautschuk-und-latex-aus-russischem-loewenzahn/>

⁸ Daten zur kommerziellen Nutzung von Löwenzahn: [https://www.ime.fraunhofer.de/de/wissensjahre-2020-biooekonomie/loewenzahn-die-neue-kautschukquelle.html](https://www.ime.fraunhofer.de/de/wissensjahre/2020-biooekonomie/loewenzahn-die-neue-kautschukquelle.html)

⁹ Preise Naturkautschuk: <https://www.weber-schaer.com/deutsch/produkte/naturkautschuk-und-latex/preischart.html>

¹⁰ Informationen zu Synthetikautschuk: <https://www.cleantinking.de/lanxess-produziert-ersten-epdm-kautschuk-auf-biologischer-basis/>

1.4 Hinter dem Rauchvorhang

Joachim H. Spangenberg

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)

Bioökonomie umfasst Vieles, verspricht noch mehr und ignoriert ihre Umwelt

Das Sonderheft der Zeitschrift ‚Bild der Wissenschaft‘ vom Sommer 2021 wurde in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer Instituten für Produktionstechnik und Automatisierung und für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik erstellt und trägt den vielversprechenden Titel „Spezial Biointelligenz“. In vier Teilen werden hoffnungsvolle Perspektiven beschrieben – in der Medizin z.B. neue Medikamente, Diagnostika und Verfahren und in der Technik neue Baustoffe, riechende Roboter und atmende Wände. Die Bioökonomie wird vorgestellt als „ein nachhaltiges Wirtschaftssystem, das nicht nur erneuerbare Rohstoffe für die Herstellung von Produkten unseres täglichen Lebens verwendet, sondern auch die Möglichkeiten der Biologie als Instrumentarium einer nachhaltigen Produktion nutzt (Krieg, Vorbeck 2021: 47). Auch für die Bundesregierung ist die Bioökonomie Teil eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems (BMBF 2020).

Was aber heißt das? Eine Diskursanalyse für das Umweltbundesamt zeigte, dass alle beteiligten Interessengruppen ihre jeweilige Version einer zukünftigen Bioökonomie in das Narrativ von einer nachhaltigen, grünen, sauberen und sozial inklusiven Entwicklung einbetteten, zu der die Bioökonomie beitragen werde (Kiresiewa et al. 2019).

Dahinter verbergen sich drei distinkte, aber überlappende Diskurse:

- Ein affirmativer (BÖ durchsetzen),
- ein pragmatischer (BÖ gestalten) und
- ein kritischer (BÖ Grenzen setzen).

Alle drei berufen sich auf die Nachhaltigkeit, erklären das Primat der Nahrungsmittelproduktion und propagieren Einhaltung der planetaren Grenzen – ohne jedoch Mittel und Wege zu benennen, wie sich diese Prioritäten umsetzen lassen (Spangenberg 2020). Wo doch Mittel und Wege genannt werden, wird es schnell absurd: Krieg und Vorbeck (2021) versprechen eine vollständig zirkuläre Wirtschaft, die mit nachwachsenden Rohstoffen abfallfrei in geschlossenen Kreisläufen arbeitet und deshalb nicht mehr Ressourcen verbraucht, als die Natur wiederherstellen kann. Das spricht den Gesetzen der Thermodynamik Hohn, und wenn dann für dieses Perpetuum mobile die „abfallfreie“ Natur als Vorbild bemüht wird, ist offenbar unbekannt, dass Kohle, Öl und Gas, Kalkstein und andere Mineralien Abfallprodukte der Natur sind. Es kann bezweifelt werden, ob dieses Niveau an biologischem Verständnis ausreicht, um erfolgreich eine Bioökonomie aufzubauen. Die benötigte gesellschaftliche Akzeptanz wird sich durch solch faktenfreie Propaganda jedenfalls kaum gewinnen lassen.

Die Vertreter des Forschungszentrum Jülich, das die Umwandlung des rheinischen Braunkohlereviere in ein „BioökonomieRevier“ vorantreibt, sind da vorsichtiger: Sicher sei nicht jede Form von Bioökonomie nachhaltig konzedieren sie (ein Wandel im Bioökonomie-Diskurs, der in weiten Teilen von Wissenschaft und Wirtschaft seit Ende 2019 zu beobachten ist, aber in der Politik und Medien noch nicht angekommen zu sein scheint), aber für die von ihnen verfochtenen Ansätze gelte das durchaus – das sei alles nachhaltige Bioökonomie. Aber auch hier ist zu fragen „was ist nachhaltige Bioökonomie?“ Dafür gibt es nicht eine allgemein anerkannte Definition, sondern unterschiedliche Sichtweisen verschiedener Akteure, basieren auf unterschiedlichen Weltbildern und Theorieansätzen (Giampietro 2019).

So sind z.B. Gentechnik und Ökolandbau beides Bioökonomie-Verfahren, die jedoch bezüglich ihrer Nachhaltigkeit von Industrie und Genforschern auf der einen und Umweltverbänden und Ökologen auf der anderen Seite sehr unterschiedlich bewertet werden. Unter diesen Umständen ist es sinnvoll, zunächst eine Systematisierung der verschiedenen unter dem Begriff Bioökonomie zusammengefassten Anwendungsfelder mitsamt ihren Akteuren und Motivationen zu erstellen, die dann differenziert betrachtet werden müssen.

Mehrere solcher Strukturierungen sind vorgeschlagen worden (Hausknost et al. 2019; Kirsiewa et al. 2019; Zeug et al. 2019). Wir folgen hier dem Konzept von Zeug et al. (2019) und unterscheiden eine Biotechnologie-, eine Bioressourcen- und eine Bioökologie-Vision. Dazu nennen wir jeweils die Leitbilder, Motivationen und Akteure, aber auch einige der Einwände und offenen Fragen. Um diese eher abstrakte Diskussion anschaulicher zu machen greifen wir auf die – meist unter Beteiligung des Forschungszentrums Jülich – bereits im „BioökonomieRevier“ angelaufenen Pilotprojekte zurück. Danach Selbsteinschätzung nachhaltig, bieten sie eine geeignete Vergleichsbasis, wobei die Zuordnung der Pilotprojekte zu den Bioökonomie-Typen keine Selbstklassifizierung, sondern vom Autor vorgenommen ist. Unter ihren unten in Klammern aufgeführten Akronymen sind die Projekte auf der Homepage des BioökonomieReviers leicht zu finden.

Typ 1a. Biotechnologie-Vision „Rohstoffe für die chemisch-pharmazeutische Industrie“

Leitbild und Motivation: Wertschöpfung durch Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen

Akteure: Forschung, Politik, wenig Wirtschaft

Einwand: Die Chemie importiert schon heute große Mengen Biomasse, vor allem aus China, USA und Indonesien. Mit deren Weltmarktpreisen ist in der lokalen Landwirtschaft schwer zu konkurrieren.

Grenzen: Kleinproduktion in teilautomatisierten Anlagen bringt wenig Wertschöpfung und Arbeit; Verarbeitung im großen Maßstab erfolgt wohl eher in bestehenden und im Ausbau befindlichen Anlagen der benachbarten Chemie- und Pharmaindustrie als vor Ort im ländlichen Raum, auch weil die Industrie Koppelprodukte nutzt.

Pilotprojekte in dieser Kategorie zielen auf die mikrobielle Produktion pharmazeutischer Peptide (SensUp Prot), dezentralisierte modulare Bioraffinerie-Container (DeMoBio) und die Etablierung der Kette vom Anbau bis zum Wirkstoff - Regionale Wertschöpfung mit Heil- und Medizinalpflanzen am Beispiel von Arnika (AZUR). Ebenfalls in die Klasse gehört die Entwicklung von Prozesstechniken wie Automatisierungstechnologien zur Entwicklung industrieller Bioprozesse für hochwertige Produkte (AutoBioTech) und die Entwicklung elektrohybrider Trennverfahren für eine emissionsarme Bioökonomie (E-HyBio), aber auch anwendungsbezogene Projekte wie das Mikro-Plastik-Management für eine zirkuläre Bioökonomie und mikroplastikfreie Lebensmittel (PlastiQuant) und die Entwicklung maßgeschneiderter Proteinprodukte und -systeme für die Pflanzengesundheit und digitale Landwirtschaft (ProtLab).

1b. Biotechnologie-Vision „Wissensbasierte Bioökonomie“

Leitbild und Motivation: Wertschöpfung durch Digitalisierung der Landwirtschaft, Steigerung der Produktivität, Reduzierung von Pestizideinsatz und Arbeitskräftebedarf

Akteure: Forschung, Politik, Chemie/Saatgut und IT-Industrien (die in diesem Anwendungsbereich zusammenwachsen)

Einwand: Wer kann sich diese Investitionen leisten? Was wird aus den kleineren Höfen? Welche Agrar-, welche Sozialstruktur wird so im ländlichen Raum vorangetrieben? Wem gehören die Daten der Bauern, die über ihre vollautomatisierten bzw. KI-gesteuerten Maschinen an die Serviceprovider fließen und von diesen entweder weiterverkauft werden oder als Grundlage neuer Managementsysteme dienen, die hinterher wieder denselben Bauern verkauft werden?

Grenzen: Nachhaltigkeit erfordert die Einhaltung von Naturschutzkriterien, wie Nutzung mehrjähriger Pflanzen (auch in Kurzumtriebsplantagen), Zwischenfrucht mit zeitversetzten Ernten, Schutz von Agrarflächen mit hohem Naturwert, aber auch Sichtachsen oder weite Felder, die für manche Brutvogelarten unverzichtbar sind (Spangenberg, Kuhlmann 2020). Solche Einschränkungen können die Biomasseproduktivität und damit die Rentabilität der Bioökonomie verringern – wie soll bei privatem Grundbesitz ein adäquates Schutzniveau durchgesetzt werden?

Pilotprojekte in diesem Bereich sollen wie das Digitale Geosystem Rheinisches Revier (DG-RR) die Voraussetzungen für die Nutzung von autonomen Agrarrobotern und künstlicher Intelligenz schaffen oder diese entwickeln wie Agrar-Robotik am Brainergy Park (BrainergyFieldLab) und das Schnittstellenlabor „Bioökonomie – Digitalisierung“ (BioDig). Weitere Projekte zielen auf eine automatisierte, hochwertige Verwertung von Agrarprodukten durch maßgeschneiderte Proteinprodukte und -systeme für die Pflanzengesundheit und digitale Landwirtschaft (ProtLab) und dezentralisierte modulare Bioraffinerie-Container (DeMoBio). Was im BioökonomieRevier nicht vorgestellt wird, sind die bereits von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt öffentlich demonstrierten Verfahren, IT/KI-Systeme zur Unkrautbekämpfung ohne Chemie zu nutzen, die durch intelligente Pflanzen-Erkennung Zielpflanzen von anderen Bewuchs unterscheiden und auch die Wachstumsphasen erkennen. Das ermöglicht es dann durch Unkrauteliminierung per Laser chemiefrei und zu wettbewerbsfähigen Preisen zu produzieren – ein Qualitätsmerkmal nicht nur in der Lebensmittelproduktion, und eine wichtige Entlastung der Wasserkörper.

2. Bioressourcen-Vision

Leitbild und Motivation: Wertschöpfung durch effiziente Nutzung von Naturressourcen und Reststoffen, neue Produkte

Akteure: Forschung, Planer, regionale Politik

Einwand: Die umfassende Nutzung von Reststoffen, vulgo Abfällen, erfordert eine systematische Integration – jeder Produzent muss darauf achten, „Qualitätsabfälle“ zu produzieren, die nicht durch Zuschlagstoffe so belastet sind, dass sie für nachfolgende Nutzer*innen unbrauchbar werden. Es geht also bei der sogenannten Kaskadennutzung darum, eine Optimierung des Gesamtsystems zu erreichen, die durchaus Abstriche an der einzelwirtschaftlichen Produktoptimierung bedeuten können. Die bisherigen Konzepte einer „Industriellen Symbiose“ leisten das (noch) nicht und sind in einer wettbewerbsorientierten Marktwirtschaft mit dem Verbot von Kartellen und ähnlichen Absprachen auch nicht einfach umzusetzen.

Grenzen: Die Verwertung von Reststoffen ist nicht immer sinnvoll. So sollten zum Beispiel bei der Entnahme von Waldbäumen die aus Rinden und Ästen bestehenden Reste im Wald verbleiben, denn sie enthalten den Großteil der Mineralien, die in den Bäumen gebunden sind und die der Boden braucht, um fruchtbar zu bleiben (Kölling et al. 2007). Bei der Beurteilung der potenziellen Verfügbarkeit von Stroh ergeben sich ähnliche Begrenzungen; nach unterschiedlichen Berechnungen müssen 20 % bis 43 % des Strohaufkommens auf dem Acker verbleiben (Zeller et al. 2012).

Wenn es nicht nur um Reststoffe geht, sondern um Biomasseanbau, dann haben die lokalen Produzenten ein Problem mit den kostengünstigeren Importen – zumindest zunächst, denn die stoffliche wie die energetische Biomassenutzung stößt weltweit an Grenzen der Flächenverfügbarkeit (Kalt et al. 2020). Das hat auch zur Folge, dass die verschiedenen vorgeschlagenen Bioressourcen-Nutzungen miteinander um Flächen konkurrieren und nicht gleichzeitig umgesetzt werden können – es sei denn zu Lasten der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Diese Flächenkonkurrenz wird auch das Gesicht einer zukünftigen Bioökonomie prägen (Scarlat et al. 2015).

Die Pilotprojekte decken beide Aspekte ab; das Projekt Upcycling regionaler Reststoffe zur Produktion von Plattformchemikalien (UpRePP) und zum Teil das Feldlabor für landwirtschaftliche Produktionssysteme auf marginalen Standorten (MFL) widmen sich der Reststoffverwertung, während die dezentralisierten modulare Bioraffinerie-Container (DeMoBio) ebenso auf die Produktion von Biomasse spezifischer Qualität setzen, wie das Pilotprojekt "Vom Anbau bis zum Wirkstoff - Regionale Wertschöpfung mit Heil- und Medizinalpflanzen am Beispiel von Arnika (AZUR)".

3. Bioökologie-Vision

Leitbild und Motivation: Agrarökologie, Ethik, Naturschutz, Integration sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte. Wertschöpfung durch effiziente Nutzung von Naturressourcen und Reststoffen sowie durch ökologisch verträgliche Produktion hoher Qualität

Akteure: Zivilgesellschaft, ökologische Forschung, lokale Bevölkerung, z.T. lokale Politik und Verwaltung

Einwand: Der Konsultationsprozess der Bürgerjury, der im "BioRevier" durchgeführt wurde, ergab über 90% Zustimmung für eine Zukunftsvision, bei der Naturschutz, Artenvielfalt und Umwelt im Zentrum stehen. So sehr solche Wünsche, ethische Bedenken und Gesundheitssorgen Motive zu einer sozial-ökologischen Umgestaltung der Landwirtschaft bieten - sie reichen nicht aus um einen Wandel herbeizuführen. Die Preisstrukturen, die Rolle des Handels und der Agrarsubventionen erlauben vielerorts eine derartige Umstellung nicht, solange nicht die Rahmenbedingungen geändert wurden, unter denen Bäuer*innen ihren Lebensunterhalt erwirtschaften (müssen).

Grenzen: Die Umsetzung einer Bioökologie-Vision erfordert nicht Einzelprojekte, sondern eine Weiterentwicklung der Landwirtschaft insgesamt in Richtung naturverträgliches Wirtschaften/Agrarökologie (noch über die Ablösung der EU-Agrarpolitik durch den European Green Deal hinaus). Insbesondere ein Vorrang für den Schutz biologisch hochwertiger Agrarflächen und die Bereitstellung von Flächen für die Vernetzung von Naturräumen sind Herausforderungen, die politisch gelöst werden müssen und bei denen technische Entwicklungen der Bioökonomie keine wesentliche Rolle spielen.

Die Entwicklung und der Bau zweier Demonstratoren zur Nährstoff-Rezyklierung aus Abwässern (Algae_solar_boxes) gehört ebenso wie die Zweifach-Flächennutzung durch Agrar-Photovoltaik (APV2.0) voll in diese Kategorien, und das Feldlabor für landwirtschaftliche Produktionssysteme auf marginalen Standorten (MFL) zumindest teilweise.

Fazit

Der Begriff Bioökonomie ist ein Rauchvorhang, hinter dem sich unterschiedliche Technologien, Anwendungsgebiete, Branchen und Probleme verbergen. Das Anliegen, die Rohstoffbasis der Wirtschaft von fossilen auf biogene Stoffe umzustellen, ist dagegen nicht neu – schon vor 35 Jahren erklärte die Bundesregierung landwirtschaftliche Rohstoffe zur Zukunft der chemischen Industrie, mit weitgehend denselben Anwendungsbereichen wie heute (BMFT 1986). Neu sind spezielle Werkstoffe, die Möglichkeiten der Steuerung und Optimierung durch IT und KI sowie manche Anwendungen der Gentechnik. Ebenso alt sind die Diskussionen, ob und wenn ja wie eine Umstellung der Rohstoffbasis auf eben die Ressourcenquellen möglich ist, die vor der industriellen Revolution genutzt wurden: Sonne, Wind und Biomasse.

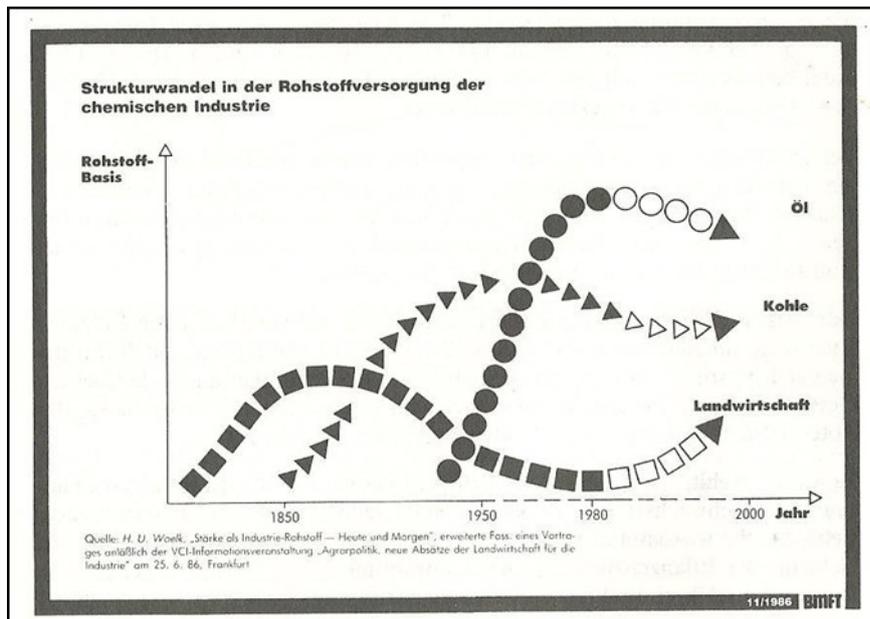


Abbildung 4. Bioökonomie-Projektionen (avant la lettre), BMFT 1986

„Die“ nachhaltige Bioökonomie kann und wird es nicht geben, denn die unterschiedlichen Ausformungen müssen jeweils für sich bewertet werden, da sie unterschiedliche Folgen für den lebenszyklusweiten Verbrauch an Energie, Material und Fläche haben. Ob Biomasse vom Feld oder aus dem Bioreaktor kommt, ob der Bioreaktor mit Sonnenlicht oder mit LEDs bestrahlt wird, ist nicht dasselbe. Einen Unterschied machen auch die unterschiedlichen Landnutzungsformen (Öko- oder Intensivanbau, große Felder für bessere Wirtschaftlichkeit oder kleine Schläge zum Nutzen der biologischen Vielfalt) und die in Ort, Anzahl und Qualität verschiedenen Arbeitsplätze (Laborant*in oder Landarbeiter*in, KI-Steuerungsexpert*in, Marketingexpert*in oder Bäuer*in,...), die die verschiedenen Versionen und Visionen einer nachhaltigen Bioökonomie bieten.

Dennoch können einige allgemeine Bewertungskriterien formuliert werden. Ein Schwerpunkt auf die Verwertung von überschüssigen Reststoffen ist begrüßenswert, denn er macht Biomasse verfügbar, die sonst die Umwelt belastet hätte. Das gleiche gilt für die Ressourceneinsparung insgesamt, die Kaskadennutzung wenn geeignete wirtschaftspolitische Konzepte vorliegen und die Maßnahmen zur Stärkung einer ökologischen Landbewirtschaftung (Agrarökologie, ökologischer Landbau).

Intensive Biomasseproduktion in modernen Agrarsystemen erfordert den Einsatz von Dünger und Pestiziden, die ihrerseits zu einer nur mäßig überzeugenden Energiebilanz führen. Dieses Dilemma setzt sich fort, wenn durch ressourcen- und energieintensive Automatisierungsverfahren sowohl Input wie Output gesteigert werden – hier ist im Einzelfall die ökologische Sinnhaftigkeit des Einsatzes neuer Technologien zu prüfen. Auch die Wasserbilanz ist in Zeiten der Klimakrise ein kritischer Faktor.

Bezüglich der Flächennutzung ist es notwendig, die kommerziellen Interessen an großflächig-homogenen Pflanzungen dem Erhalt der biologischen Vielfalt unterzuordnen, die eine vielfältige Landschaftsgestaltung erfordert. Schließlich muss verhindert werden, dass der Konflikt von „Tank oder Teller“ durch die Zunahme des Industriepflanzenanbaus wiederbelebt wird. Im Gegenteil, es sollten von vornherein die begrenzten Rohstoffpotenziale im Auge behalten werden, die eine 1:1 Ersetzung fossiler durch nachwachsende Rohstoffe unmöglich machen. Deshalb sollte zum Schutz der biologischen Vielfalt eine Größenbegrenzung des Biomasseverbrauchs und damit der Bioökonomie insgesamt zügig und rechtssicher verankert werden.

Blicken wir zurück auf die genannten Typen von Bioökonomie, so erscheinen die Ansätze der Bioökologie-Vision am ehesten zukunftsfähig und die der Bioressourcen-Vision oft in dieser Hinsicht gestaltungsbedürftig. Am wenigsten auf die Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen orientiert und damit wenig transformativ erscheint die Mehrheit der Vorhaben aus der Biotechnologie-Vision.

Bedauerlich ist, dass die Anzahl der Projekte und die Volumina der Fördersummen genau die gegenteilige Hierarchie aufweisen wie die Erfordernisse der Nachhaltigkeit. Soll Bioökonomie keine Lösung auf der Suche nach geeigneten Problemen bleiben, sondern dazu beitragen, durch eine sozial-ökologische Transformation Nachhaltigkeitsprobleme zu lösen, dann müssen Forscher*innen und Förderer*innen ihre Prioritätenlisten umkehren.

1.5 Literatur Teil 1: Potenziale und Zielkonflikte der Bioökonomie

Backhouse, Maria, and Rosa Lehmann. 2019. New 'renewable' frontiers: contested palm oil plantations and wind energy projects in Brazil and Mexico. *Journal of Land Use Science*:1-16. doi:10.1080/1747423x.2019.1648577.

Batáry, P., Gallé, R., Riesch, F., Fischer, C., Dormann, C.F., Mußhoff, O., Császár, P., Fusaro, S., Gayer, C., Happe, A.-K., Kurucz, K., Molnár, D., Rösch, V., Wietzke, A., Tschardtke, T., 2017. The former Iron Curtain still drives biodiversity-profit trade-offs in German agriculture. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 1279–1284. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017->

BfN (Bundesamt für Naturschutz), 2015. Artenschutz-Report 64 pp.

Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tschardtke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. Biol. Sci.* 273, 1715–1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>

BioDeutschland 2020. Positionspapier der BIO Deutschland – Industrielle Bioökonomie verwirklichen, Berlin, 7.10.2020, <https://www.biodeutschland.org/de/positionspapiere/positionspapier-der-bio-deutschland-industrielle-biooekonomie-verwirklichen.html>

Blowes, S.A., Supp, S.R., Antão, L.H., Bates, A., Bruelheide, H., Chase, J.M., Moyes, F., Magurran, A., McGill, B., Myers-Smith, I.H., Winter, M., Bjorkman, A.D., Bowler, D.E., Byrnes, J.E.K., Gonzalez, A., Hines, J., Isbell, F., Jones, H.P., Navarro, L.M., Thompson, P.L., Vellend, M., Waldock, C., Dornelas, M., 2019. The geography of biodiversity change in marine and terrestrial assemblages. *Science* 366, 339–345. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1620>

Bratman, G.N., Anderson, C.B., Berman, M.G., Cochran, B., de Vries, S., Flanders, J., Folke, C., Frumkin, H., Gross, J.J., Hartig, T., Kahn, P.H., Kuo, M., Lawler, J.J., Levin, P.S., Lindahl, T., Meyer-Lindenberg, A., Mitchell, R., Ouyang, Z., Roe, J., Scarlett, L., Smith, J.R., van den Bosch, M., Wheeler, B.W., White, M.P., Zheng, H., Daily, G.C., 2019. Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Sci. Adv.* 5, eaax0903. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903>

Bringezu, S., Banse, M., Ahmann, L., Bezama, N. A., Billig, E., Bischof, R., Blanke, C. et al. 2020. Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Kassel: Center for Environmental Systems Research (CESR).

Brosowski, André, Tim Krause, Udo Mantau, Bernd Mahro, Anja Noke, Felix Richter, Thomas Raussen et al. 2019. How to measure the impact of biogenic residues, wastes and by-products: Development of a national resource monitoring based on the example of Germany. *Biomass and Bioenergy* 127:105275. doi:10.1016/j.biombioe.2019.105275.

Bruckner, Martin, Tiina Häyhä, Stefan Giljum, Victor Maus, Günther Fischer, Sylvia Tramberend, and Jan Börner. 2019. Quantifying the global cropland footprint of the European Union's non-food bioeconomy. *Environmental Research Letters* 14 (045011). doi:10.1088/1748-9326/ab07f5.

Brühl, C.A., Zaller, J.G., 2019. Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides. *Front. Environ. Sci.* 7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00177>

Bundesministerium für Bildung und Forschung, (BMBF) & Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2020. Nationale Bioökonomiestrategie. Kabinettversion, 15.01.2020. Berlin.

Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF. 2020. Nationale Bioökonomiestrategie, Kabinettsversion, 15.01.2020. Abrufbar unter www.bmbf.de/de/nationale-biooekonomiestrategie-fuer-eine-nachhaltige-kreislauforientierte-und-starke-10654.html.

Bundesministerium für Forschung und Technologie BMFT. 1986. Nachwachsende Rohstoffe. BMFT, Bonn.

Bundesregierung. 15.01.2020. Bundesregierung setzt auf Bioökonomie. Presseerklärung. <https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/bundesregierung-setzt-auf-biooekonomie>. Accessed 23.07.2021.

Busch, R. 2018. Sektorstudie zum Aufkommen und zur stofflichen und energetischen Verwertung von Ölen und Fetten in Deutschland, <https://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf>

Chemnitz, Christine, and Jes Weigelt. 2015. Bodenatlas 2015. Daten und Fakten über Acker, Land und Erde. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung, IASS Potsdam, BUND, Le Monde Diplomatique.

Clapp, Jennifer, and Sarah-Louise Ruder. 2020. Precision Technologies for Agriculture: Digital Farming, Gene-Edited Crops, and the Politics of Sustainability. *Global Environmental Politics* 20 (3):49-69. doi:10.1162/glep_a_00566.

Crossley, M.S., Meier, A.R., Baldwin, E.M., Berry, L.L., Crenshaw, L.C., Hartman, G.L., Lagos-Kutz, D., Nichols, D.H., Patel, K., Varriano, S., Snyder, W.E., Moran, M.D., 2020. No net insect abundance and diversity declines across US Long Term Ecological Research sites. *Nat. Ecol. Evol.* 4, 1368–1376. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1269-4>

DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum) 2015. Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen, Status quo in Deutschland, <https://mediathek.fnr.de/band-36-biomassepotenziale-von-rest-und-abfallstoffen.html>

Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.-M., 2007. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52, 81–106.

Ernsting, A. und Smolker, R. 2018. Dead End Road - The false promise of cellulosic biofuels, Biofuelwatch Report, <https://www.biofuelwatch.org.uk/2018/dead-end-road/>

European Biofuels undatiert: Biofuel Fact Sheet Borregaard – commercial plant in Sapsborg, Norway, https://www.etipbioenergy.eu/images/Factsheet_Borregaard_final.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2018). The future of food and agriculture. Alternative pathways to 2050. Rome. 60 pp., Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FCI (Fonds der Chemischen Industrie) 2021. Informationsserie Nachwachsende Rohstoffe, Unterrichtsmaterial 128 S., <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/nachwachsende-rohstoffe/textheft-inkl-arbeitsblaetter-und-experimente.pdf>

Fehrenbach, H. et al. 2018. BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem, Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biorest-verfuegbarkeit-nutzungsoptionen-biogener>

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) 2014. Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, <https://fnr.de/marktanalyse/marktanalyse.pdf>

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) 2021. Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland, <https://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf>

Gámez-Virués, S., Perović, D.J., Gossner, M.M., Börschig, C., Blüthgen, N., de Jong, H., Simons, N.K., Klein, A.-M., Krauss, J., Maier, G., Scherber, C., Steckel, J., Rothenwöhrer, C., Steffan-Dewenter, I., Weiner, C.N., Weisser, W., Werner, M., Tschardtke, T., Westphal, C., 2015. Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. *Nat. Commun.* 6, 1–8. <https://doi.org/10.1038/ncomms9568>

Garibaldi, L.A., Oddi, F.J., Miguez, F.E., Bartomeus, I., Orr, M.C., Jobbágy, E.G., Kremen, C., Schulte, L.A., Hughes, A.C., Bagnato, C., Abramson, G., Bridgewater, P., Carella, D.G., Díaz, S., Dicks, L.V., Ellis, E.C., Goldenberg, M., Huaylla, C.A., Kuperman, M., Locke, H., Mehrabi, Z., Santibañez, F., Zhu, C.-D., 2021. Working landscapes need at least 20% native habitat. *Conserv. Lett.* e12773. <https://doi.org/10.1111/conl.12773>

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschardtke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart, P.W., Inchausti, P., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl. Ecol.* 11, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

Giampietro, M. 2019. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. *Ecological Economics* 162: 143-156.

Grass, I., Bátor, P., Tschardtke, Teja, 2021. Combining land-sparing and land-sharing in European landscapes. *Adv. Ecol. Res.* 64, 6, 251–303. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2020.09.002>

Grass, I., Loos, J., Baensch, S., Bátor, P., Librán-Embíd, F., Ficiciyan, A., Klaus, F., Riechers, M., Rosa, J., Tiede, J., Udy, K., Westphal, C., Wurz, A., Tschardtke, T., 2019. Land-sharing/-sparing connectivity landscapes for ecosystem services and biodiversity conservation. *People Nat.* 1, 262–272. <https://doi.org/10.1002/pan3.21>

Greenpeace. 2019. Feeding the Problem. The dangerous intensification of animal farming in Europe. Brüssel, Greenpeace European Unit.

Green, J.M.H., Croft, S.A., Durán, A.P., Balmford, A.P., Burgess, N.D., Fick, S., Gardner, T.A., Godar, J., Suavet, C., Virah-Sawmy, M., Young, L.E., West, C.D., 2019. Linking global drivers of agricultural trade to on-the-ground impacts on biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 116, 23202–23208. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905618116>

Haan, N.L., Iuliano, B.G., Gratton, C., Landis, D.A., 2021. Designing agricultural landscapes for arthropod-based ecosystem services in North America. *Adv. Ecol. Res.*

Hallmann, C.A., Foppen, R.P.B., van Turnhout, C.A.M., de Kroon, H., Jongejans, E., 2014. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* 511, 341–343. <https://doi.org/10.1038/nature13531>

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., de Kroon, H., 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12, e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

- Hass, A.L., Brachmann, L., Batáry, P., Clough, Y., Behling, H., Tschardtke, T., 2019. Maize-dominated landscapes reduce bumblebee colony growth through pollen diversity loss. *J. Appl. Ecol.* 56, 294–304. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13296>
- Hass, A.L., Kormann, U.G., Tschardtke, T., Clough, Y., Baillod, A.B., Sirami, C., Fahrig, L., Martin, J.-L., Baudry, J., Bertrand, C., Bosch, J., Brotons, L., Burel, F., Georges, R., Giralt, D., Marcos-García, M.Á., Ricarte, A., Siriwardena, G., Batáry, P., 2018. Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 285, 20172242. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2242>
- Hausknot, D., Schriefl, E., Lauk, C., Kalt, G. 2017. A Transition to Which Bioeconomy? An Exploration of Diverging Techno-Political Choices. *Sustainability* 9(4).
- Hickel, J., 2019. Is it possible to achieve a good life for all within planetary boundaries? *Third World Q.* 40, 18–35.
- IPBS (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), I., 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IZT (Institut für Zukunftsstudie und Technologiebewertung) 2018. Feedstock Change in der Chemieindustrie, IZT-Text 3-2018, https://www.izt.de/fileadmin/publikationen/IZT_Text_3-2018_Feedstock.pdf
- Kalt, G., Lauk, C., Mayer, A., Theurl, M. C., Kaltenecker, K., Winiwarter, W., Erb, K.-H., Matej, S., Haberl, H. 2020. Greenhouse gas implications of mobilizing agricultural biomass for energy: a reassessment of global potentials in 2050 under different food-system pathways. *Environmental Research Letters* 15(3): 034066.
- Kiresiwa, Z., Hasenheit, M., Wolff, F., Möller, M., Gesang, B., Schröder, P. (2019): Bioökonomiekonzepte und Diskursanalyse. UBA Texte 78/2019. Umweltbundesamt. Berlin
- Klatt, B.K., Rundlöf, M., Smith, H.G., 2016. Maintaining the Restriction on Neonicotinoids in the European Union – Benefits and Risks to Bees and Pollination Services. *Front. Ecol. Evol.* 4. <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00004>
- Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T.P.M., Garibaldi, L.A., Potts, S.G., van der Putten, W.H., 2019. Ecological intensification: Bridging the gap between science and practice. *Trends Ecol. Evol.* 34, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.11.002>
- Kleijn, D., Rundlöf, M., Scheper, J., Smith, H.G., Tschardtke, T., 2011. Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends Ecol. Evol.* 26, 474–481. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.05.009>
- Klimek, S., Marini, L., Hofmann, M., Isselstein, J., 2008. Additive partitioning of plant diversity with respect to grassland management regime, fertilisation and abiotic factors. *Basic Appl. Ecol.* 9, 626–634. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.11.005>
- Kölling, C., Götlein, A., Rothe, A. 2007. Biomassennutzung und Nährstoffentzug: Energieholz nachhaltig nutzen. *LWF aktuell* 61: 32-36.
- Krieg, S., Vorbeck, C. 2021. Nachhaltigkeit durch Bioökonomie. *Bild der Wissenschaft Spezial Sommer 2021*: 46-53.
- Kurze, S., Heinken, T., Fartmann, T., 2018. Nitrogen enrichment in host plants increases the mortality of common Lepidoptera species. *Oecologia* 188, 1227–1237. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4266-4>

Macgregor, C.J., Williams, J.H., Bell, J.R., Thomas, C.D., 2019. Moth biomass increases and decreases over 50 years in Britain. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 1645–1649. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1028-6>

Martin, E.A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., Garratt, M.P.D., Holzschuh, A., Kleijn, D., Kovács-Hostyánszki, A., Marini, L., Potts, S.G., Smith, H.G., Hassan, D.A., Albrecht, M., Andersson, G.K.S., Asís, J.D., Aviron, S., Balzan, M.V., Baños-Picón, L., Bartomeus, I., Batáry, P., Burel, F., Caballero-López, B., Concepción, E.D., Coudrain, V., Dänhardt, J., Diaz, M., Diekötter, T., Dormann, C.F., Duflot, R., Entling, M.H., Farwig, N., Fischer, C., Frank, T., Garibaldi, L.A., Hermann, J., Herzog, F., Inclán, D., Jacot, K., Jauker, F., Jeanneret, P., Kaiser, M., Krauss, J., Féon, V.L., Marshall, J., Moonen, A.-C., Moreno, G., Riedinger, V., Rundlöf, M., Rusch, A., Scheper, J., Schneider, G., Schüepp, C., Stutz, S., Sutter, L., Tamburini, G., Thies, C., Tormos, J., Tscharntke, T., Tschumi, M., Uzman, D., Wagner, C., Zubair-Anjum, M., Steffan-Dewenter, I., 2019. The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecol. Lett.* 22, 1083–1094. <https://doi.org/10.1111/ele.13265>

Meyer, S., Wesche, K., Krause, B., Leuschner, C., 2013. Dramatic losses of specialist arable plants in Central Germany since the 1950s/60s – a cross-regional analysis. *Divers. Distrib.* 19, 1175–1187. <https://doi.org/10.1111/ddi.12102>

Möller, Martin, Viviana López, Rasmus Prieß, Tobias Schleicher, Katja Hünecke, Klaus Henningberg, Franziska Wolff et al. 2020. Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Müller, C., 2018. Impacts of sublethal insecticide exposure on insects—Facts and knowledge gaps. *Basic Appl. Ecol.* 1–10.

Nolte, Kerstin, Wytske Chamberlain, and Markus Giger. 2016. International Land Deals for Agriculture. Fresh insights from the Land Matrix: Analytical Report II. Bern, Montpellier, Hamburg, Pretoria: Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD); German Institute of Global and Area Studies (GIGA); University of Pretoria.

Padella, M. et al 2019. What is still Limiting the Deployment of Cellulosic Ethanol? Analysis of the Current Status of the Sector, *Applied Science* 2019(9): 4523.

Pe'er, G., Dicks, L.V., Visconti, P., Arlettaz, R., Báldi, A., Benton, T.G., Collins, S., Dieterich, M., Gregory, R.D., Hartig, F., Henle, K., Hobson, P.R., Kleijn, D., Neumann, R.K., Robijns, T., Schmidt, J., Shwartz, A., Sutherland, W.J., Turbé, A., Wulf, F., Scott, A.V., 2014. EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science* 344, 1090–1092. <https://doi.org/10.1126/science.1253425>

Prause, Louisa. Im Erscheinen. Ernährungssouveränität. In: Gottschlicht, Daniela; Hackfort, Sarah; Schmitt, Tobias; von Winterfeld, Uta (Hrsg.) *Handbuch zur Politischen Ökologie*. Transkript: Bielefeld.

Prause, Louisa, and Philippe Le Billon. 2020. Struggles for land: comparing resistance movements against agro-industrial and mining investment projects. *The Journal of Peasant Studies* 48 (5):1100-1123. doi:10.1080/03066150.2020.1762181.

Rundlöf, M., Andersson, G.K.S., Bommarco, R., Fries, I., Hederström, V., Herbertsson, L., Jonsson, O., Klatt, B.K., Pedersen, T.R., Yourstone, J., Smith, H.G., 2015. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521, 77–80. <https://doi.org/10.1038/nature14420>

Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M.M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tscharrntke, T., Weisser, W.W., Winqvist, C., Woltz, M., Bommarco, R., 2016. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 221, 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>

Sachverständigenrat Bioökonomie Bayern 2017: Schwerpunktthema Zellulose-Ethanol, http://www.biooekonomierat-bayern.de/dateien/Publikationen/SVB-Schwerpunktthema_Zelluloseethanol.pdf

Sala, O.E., Chapin, F.S., Iij, Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H., 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287, 1770–1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>

Sánchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G., 2019a. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biol. Conserv.* 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>

Sánchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G., 2019b. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biol. Conserv.* 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>

Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., Nita, V. 2015. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development* 15: 3-34.

Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J.C., Linsenmair, K.E., Naus, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.-D., Vogt, J., Wöllauer, S., Weisser, W.W., 2019. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574, 671–674. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>

Sirami, C., Gross, N., Baillod, A.B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., Henckel, L., Miguet, P., Vuillot, C., Alignier, A., Girard, J., Batáry, P., Clough, Y., Violle, C., Giralt, D., Bota, G., Badenhauer, I., Lefebvre, G., Gauffre, B., Vialatte, A., Calatayud, F., Gil-Tena, A., Tischendorf, L., Mitchell, S., Lindsay, K., Georges, R., Hilaire, S., Recasens, J., Solé-Senan, X.O., Robleño, I., Bosch, J., Barrientos, J.A., Ricarte, A., Marcos-Garcia, M.Á., Miñano, J., Mathevet, R., Gibon, A., Baudry, J., Balent, G., Poulin, B., Burel, F., Tscharrntke, T., Bretagnolle, V., Siriwardena, G., Ouin, A., Brotons, L., Martin, J.-L., Fahrig, L., 2019. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 116, 16442–16447. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1906419116>

Spangenberg, J. H. 2020. Die vier Narrative der Bioökonomie: Des Kaisers neue Kleider. *Politische Ökologie* 38(162): 32-37.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., Vries, W. de, Wit, C.A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Sutton, M.A., Grinsven, H. van, Billen, G., Bleeker, A., Bouwman, A.F., Oenema, O., 2011. European Nitrogen Assessment - Summary for policy makers. *Eur. Nitrogen Assess. Sources Eff. Policy Perspect.* xxiv–xxxiv.

Thies, C., Tscharrntke, T., 1999. Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science* 285, 893–895. <https://doi.org/10.1126/science.285.5429.893>

Tscharntke, T., 2021. Bedeutung einer vielfältigen und kleinteiligen Agrarstruktur für die Biodiversität und ihre Förderung im Rahmen der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP).

Tscharntke, T., Batáry, P., Dormann, C.F., 2011. Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? *Agric. Ecosyst. Environ.* 143, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.11.025>

Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., Whitbread, A., 2012a. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biol. Conserv.*, 151, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.068>

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005a. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8, 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005b. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8, 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., Thies, C., 2002. Contribution of Small Habitat Fragments to Conservation of Insect Communities of Grassland-Cropland Landscapes. *Ecol. Appl.* 12, 354–363. DOI: <https://doi.org/10.2307/3060947>

Tscharntke, T., Tylanakis, J., Rand, T., Didham, R., Fahrig, L., Batary, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T., Dormann, C., Ewers, R., Fründ, J., Holt, R., Holzschuh, A., Klein, A., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D., Laurance, W., Westphal, C., 2012b. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 87, 661–85. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>

Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C., Batáry, P., 2021. Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* 2877. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>

Tschumi, M., Albrecht, M., Collatz, J., Dubsy, V., Entling, M.H., Najar-Rodriguez, A.J., Jacot, K., 2016. Tailored flower strips promote natural enemy biodiversity and pest control in potato crops. *J. Appl. Ecol.* 53, 1169–1176. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12653>

wdk (Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie) 2020. Moving in Circles – Kreislaufwirtschaft in der deutschen Kautschukindustrie, <https://www.wdk.de/nachhaltigkeit-unterseite-von-positionen/>

von Witzke, H., Noleppa, S., 2014. Biofuels: Agricultural commodity prices, food security, and resource use. *Agripol Res. Pap.* 2014-02.

Whitehorn, P.R., O'Connor, S., Wackers, F.L., Goulson, D., 2012. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science* 336, 351–352. <https://doi.org/10.1126/science.1215025>

Whittingham, M.J., 2011. The future of agri-environment schemes: biodiversity gains and ecosystem service delivery? *J. Appl. Ecol.* 48, 509–513. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01987.x>

Zeller, V., Thrän, D., Zeymer, M., Bürzle, B., Adler, P., Ponitka, J., Postel, J., Müller-Langer, F., Rönsch, S., Gröngröft, A., Kirsten, C., Weller, N., Schenker, M., Wedwitschka, H., Wagner, B., Deumelandt, P., Reinicke, F., Vetter, A., Weise, C., Henneberg, K., Wiegmann, K. 2012. Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. DFBZ Report Nr. 13. Leipzig, Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ. https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_13.pdf

Zeug, W., Bezama, A., Moesenfechtel, U., Jähkel, A., Thrän, D. 2019. Stakeholders' Interests and Perceptions of Bioeconomy Monitoring Using a Sustainable Development Goal Framework. Sustainability 11(6): paper 1511.

2 Teil 2: Best Practice der Bioökonomie

2.1 Energiepflanzenanbau und Biodiversität

Michael Stotter, Christiane Baum

Stiftung Westfälische Kulturlandschaft, Münster

2.1.1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Nutzfläche dient dem Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln, dem Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) zur Bioenergieerzeugung, vielen Tier- und Pflanzenarten als Lebensraum sowie deren Umgebung dem Menschen als Erholungsort. Durch Flächenversiegelungen infolge verschiedenster Baumaßnahmen (LANUV, 2021) sowie durch die Konkurrenz verschiedener Nutzungsmöglichkeiten zueinander ergibt sich ein stetig wachsender Druck auf die landwirtschaftlichen Flächen (DBV, 2020), die all diese Funktionen auf immer weniger Raum erfüllen müssen.

Das im Bundesprogramm Biologische Vielfalt durchgeführte Projekt „Energiepflanzenanbau und Biodiversität – Landwirte ackern zur Förderung der Biodiversität im Münsterland“ setzte als Teilprojekt des Verbundvorhabens „Lebendige Agrarlandschaften – Landwirte gestalten Vielfalt!“ gemeinsam mit Landwirt*innen produktionsintegrierte Naturschutzmaßnahmen um, die möglichst viele Funktionen auf einer Fläche vereinen. Zur Erreichung einer möglichst hohen ökologischen Wirksamkeit und zur Erzielung einer hohen Akzeptanz innerhalb der Landwirtschaft, wurden Landwirt*innen, Naturschützer*innen und weitere Fachexpert*innen ebenso in das Projekt eingebunden wie die Öffentlichkeit.

Zum einen zielte das Projekt auf die Steigerung der Akzeptanz des Naturschutzgedankens innerhalb der Landwirtschaft und zum anderen auf die Umsetzung produktionsintegrierter Naturschutzmaßnahmen auf bisher intensiv bewirtschafteten Flächen zur Bioenergieerzeugung ab. Dazu wurden verschiedene Maßnahmen umgesetzt und mithilfe einer ökonomischen Maßnahmenanalyse sowie durch begleitende faunistische und floristische Monitorings evaluiert.

Ziel war die Sicherung und Förderung folgender Ökosystemleistungen:

- Basisleistungen: Erhalt und Förderung von Lebensräumen für wildlebende Tier- und Pflanzenarten in der Agrarlandschaft, insbesondere für Wildbienen, Schwebfliegen, Wespen, Tagfalter, Brut-, Rast- und Wintervögel sowie Ackerwildkräuter.
- Regulierende Leistungen: Bodenschutz, Gewässerschutz, Erosionsschutz
- Kulturelle Leistungen: Förderung der Attraktivität der Kulturlandschaft zur Stärkung des Landschaftserlebens, Aufwertung des Landschaftsbildes und Erholung durch eine Erhöhung der Strukturvielfalt
- Versorgende Leistung: Bereitstellen von Energie – das Projekt fördert den nachhaltigen Anbau von NawaRo zur Energieversorgung im Einklang mit der biologischen Vielfalt.
- Bereitstellung von genetischen Ressourcen: Erhalt der lokalen genetischen Ressourcen (z.B. Verwendung von Regio-Saatgut)

2.1.2 Material & Methoden

Maßnahmen

Im Projekt beteiligten sich 37 Landwirt*innen, die folgenden Maßnahmen, zum Teil mit Untervarianten, auf einer Fläche von insgesamt 230 Hektar (ha) umsetzten.

1. Mehrjährige Blühfläche mit Verwendungsmöglichkeit zur Biogaserzeugung (Saatgutmischung: BG 70 und BG 90 von Saaten Zeller GmbH & Co. KG, teils mit Regio-Saatgut)
2. Einjähriger Blühstreifen/ -fläche mit Verwendungsmöglichkeit zur Biogaserzeugung (Saatgutmischung: BG 80 von Saaten Zeller)
3. Mehrjährige niederwüchsige Blühstreifen/ -fläche (Saatgutmischung: angelehnt an die Blühende Landschaft Nord von Rieger-Hofmann GmbH)
4. Extensiver Getreideanbau
 - a. mit Ernte des Körnergetreides
 - b. mit Dünge- und Ernteverzicht
5. Stangenbohnen-Mais-Gemenge
6. Maisanbau mit überjähriger Klee gras-Untersaat
7. Anbau von Wintergetreidegemenge
 - a. Im normalen Reihenabstand
 - b. Im doppelten Reihenabstand
8. Anbau von Sommergetreidegemenge nach
 - a. Grünroggen
 - b. Getreide-Ganzpflanzensilage
9. Strip Till (konservierendes Bodenbearbeitungsverfahren, bei dem der Boden nicht ganzflächig gelockert, sondern nur die Saatstreifen mit Lockerungswerkzeugen bearbeitet werden) mit einer bearbeitungsfreien Schonzeit

Zur weiteren Steigerung der ökologischen Effektivität wurden zum Teil Maßnahmen miteinander kombiniert, indem diese streifenförmig oder flächig aneinandergrenzend angelegt wurden. Die Kombi-Maßnahme wurde im Projektverlauf entwickelt und besteht aus der Maßnahme „Einjähriger Blühstreifen/ -fläche“ als Basiselement, die mit einer weiteren Maßnahme wie Extensivgetreide kombiniert wird. Sie wurde flächig oder als Streifen in große Ackerschläge integriert. Der Blühstreifen bzw. -fläche wurde in der Regel überjährig angelegt bis zur Frühjahrsbestellung. Ziel war es, die ökologische Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen durch die Kombination von Maßnahmen zu steigern und die Strukturvielfalt in der Agrarlandschaft effektiv zu erhöhen.

Die Maßnahmenumsetzung war mit folgenden Vorgaben verbunden: 1) Verzicht von Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (mit wenigen Ausnahmen), 2) Verzicht des Einsatzes mineralischer Dünger, 3) Aufwandmengen von Wirtschaftsdüngern bei Maßnahmen mit Erntemöglichkeit bis maximal 80 kg N je ha, 4) flächige als auch streifenförmige Maßnahmenumsetzung mit einer Mindeststreifenbreite von 12 m (Anlage innerhalb von Maiskulturen) beziehungsweise von 6 m (Anlage innerhalb von Getreideschlägen und am Rand von Ackerflächen). Das Befahren der Maßnahme war nur im Rahmen der Bewirtschaftung zulässig. In die Auswertung dieser Veröffentlichung kommen ausschließlich die ein- und mehrjährigen Blühstreifen/ -flächen mit Biogasnutzung sowie die mehrjährigen Blühstreifen/ -flächen ohne Nutzung.

Monitoring

Ein begleitendes faunistisches und floristisches Monitoring fand maßnahmenpezifisch in 2017, 2018 und 2020 statt. Dabei wurden Auswirkungen der Maßnahmen auf Ackerwildkräuter, Brut-, Rast- und Wintervögel sowie Tagfalter, Wildbienen, Schwebfliegen und Wespen erfasst. Als Referenzfläche dienten konventionell bewirtschaftete Mais-, Getreide- oder Kartoffelflächen. Die Kartierung der Segetalflora und der Avifauna erfolgte durch das Planungsbüro öKon GmbH Münster, die Kartierung der Tagfalter durch den M. Sc. Landschaftsökologen Patrick Günner. Schwebfliegen, Wildbienen und Wespen (Apoidea ohne Apiformes) wurden mithilfe von Gelbschalen durch die Stiftung Westfälische Kulturlandschaft erfasst und die Abundanz und die Spezies vom Büro für tierökologische Studien Berlin bestimmt.

Die quantitative Erfassung der Tagfalter erfolgte durch eine standardisierte Transektzählung (ein bis zwei Transekte je Fläche) in Anlehnung an Fartmann (2004) und in Anlehnung an den definierten Witterungsbedingungen (Steffny et al. 1984). Die Erfassung der Brutvögel auf oder in unmittelbarer Umgebung zu den Maßnahmenflächen fand mittels Brutvierkartierung nach Südbeck et al. (2005) statt. Die Kartierung fand in den Jahren 2017, 2018 und 2020 jeweils von März – Juli an fünf Tages- und zwei Nachtdurchgängen statt. Rast- und Wintervögel wurden an zwei Tagesdurchgängen je Winter auf insgesamt zehn ha je Untersuchungsfläche kartiert. Die Zuteilung in Deckungsgradklassen der Ackerwildkräuter wurde mittels der Artmächtigkeitsskala von Wilmanns (1989), nach der Methode von Braun-Blanquet (1964), vorgenommen. In jedem Untersuchungsjahr fanden zwei Begehungen im Frühjahr und Sommer auf nicht geernteten über- und mehrjährigen Maßnahmenflächen statt.

2.1.3 Ergebnisse

Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen

Bei den Monitorings von Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen wurden, mit wenigen Ausnahmen, in den Projekt-Maßnahmenflächen eine deutlich höhere Individuenzahl erfasst als in den Referenzflächen (Abb. 1). In den mehrjährigen Blühflächen ohne Nutzung wurden am meisten Individuen von Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen (Abb. 1) sowie die höchste Anzahl an Wespen-, Schwebfliegen- und Wildbienenarten aufgenommen (Abb. 2). In den mehrjährigen Biogas-Blühflächen wurden mehr Wespen-Individuen als in einjährigen Biogas-Blühflächen kartiert. Die Anzahl der erfassten Schwebfliegen- und Wildbienen-Individuen als auch die Anzahl der erfassten Schwebfliegen- und Wildbienen-Arten unterschied sich zwischen den mehrjährigen und einjährigen Biogas-Blühflächen nicht (Abb. 1, Abb. 2). In den Bohnen-Mais-Gemengen konnten tendenziell mehr Wespen-Individuen als in reinen Maisbeständen erfasst werden. Die Anzahl der Schwebfliegen und Wildbienen war hier identisch (Abb. 1).

Das Arteninventar setzt sich überwiegend aus weit verbreiteten, anspruchslosen und nicht gefährdeten Arten zusammen, jedoch gibt es auch einige bemerkenswerte Artfunde. Dazu zählen 10 oligolektische Wildbienenarten, die zu den ökologisch anspruchsvollen Arten zählen und auf den Pollen einer bestimmten Pflanzengattung oder -familie als Larvennahrung spezialisiert sind. Nahezu alle oligolektischen Arten wurden in den einjährigen und mehrjährigen Blühflächen nachgewiesen wie beispielsweise die Grobpunktierte Kleesandbiene (*Andrena wilkella*), die auf Schmetterlingsblütler spezialisiert ist und den Pollen an den Blüten des Gelben Steinklees sammelt. Neben den oligolektischen Arten wurden einige regional-, landes- und bundesweit gefährdete Arten nachgewiesen. Insbesondere der Nachweis der Grabwespe *P. chevrieri* ist in Deutschland selten (Kategorie Rote Liste Deutschland) und in NRW ein Erstfund. Auch die nachgewiesene Berg-Feldwespe (*Polistes biglumis*) ist hervorzuhe-

ben, die in NRW sogar als ausgestorben oder verschollen gilt und für die Region „Westfälische Bucht und Westfälisches Tiefland“ neu ist. Die Art hat aufgrund der Klimaerwärmung ihr Verbreitungsgebiet von Süden nach Norden verschoben. Darüber hinaus konnten folgende Arten erstmals in der Region „Westfälische Bucht und Westfälisches Tiefland“ nachgewiesen werden:

- Vierbindige Furchenbiene (*Halictus quadricinctus*) (in NRW vom Aussterben bedroht und deutschlandweit gefährdet)
- Holz-Blattschneiderbiene (*Megachile ligniseca*) (in Deutschland stark gefährdet)
- Bedornzte Wespenbiene (*Nomada armata*) (in NRW vom Aussterben bedroht, bundesweit gefährdet)

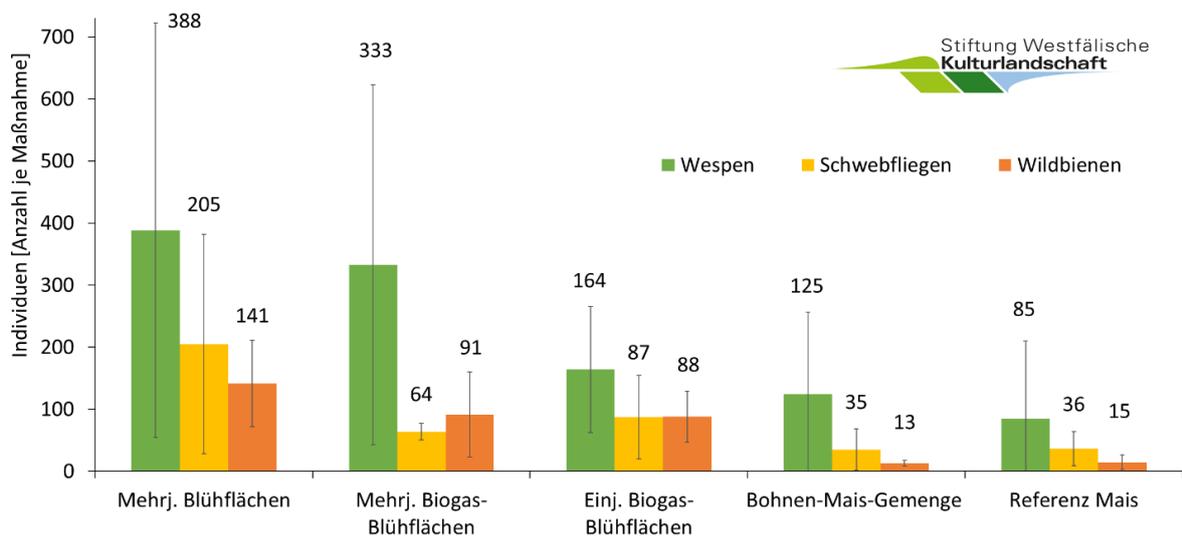


Abbildung 5. Nachgewiesene Anzahl an Individuen von Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen in verschiedenen Maßnahmen und in Mais als Referenzmaßnahme. Daten zeigen Mittelwerte und Standardabweichungen aus den Monitoringjahren 2017, 2018 und 2020. Mehrjährige Blühfläche n = 7, Mehrjährige Biogas-Blühflächen n = 3, einjährige Biogas-Blühflächen n = 6, Bohnen-Mais-Gemenge n = 6, Referenz Mais n = 10.

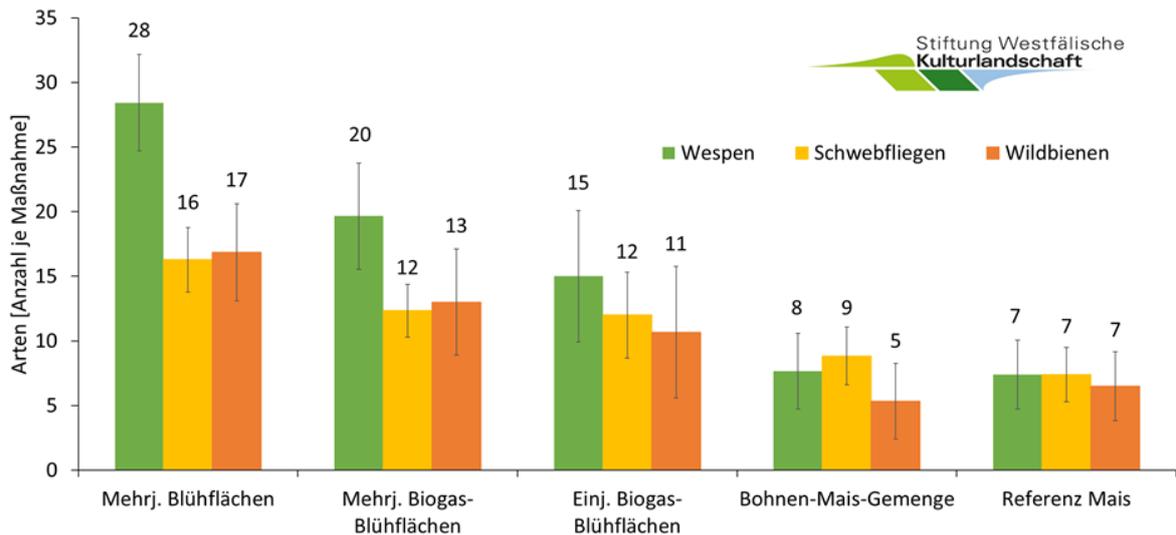


Abbildung 6. Nachgewiesene Anzahl an Arten von Wespen, Schwebfliegen und Wildbienen in verschiedenen Maßnahmen und in Mais als Referenzmaßnahme. Daten zeigen Mittelwerte und Standardabweichungen aus den Monitoringjahren 2017, 2018 und 2020. Mehrjährige Blühfläche n = 7, Mehrjährige Biogas-Blühflächen n = 3, einjährige Biogas-Blühflächen n = 6, Bohnen-Mais-Gemenge n = 6, Referenz Mais n = 10.

Tagfalter

In den mehrjährigen Blühflächen wurden mit 39 Tagfalter-Individuen mehr Exemplare als in den mehrjährigen (28 Tagfalter-Individuen) und einjährigen (25 Tagfalter-Individuen) Biogasblühmischungen erfasst (Abb. 3A). Insgesamt konnten 23 Tagfalterarten aus sechs Familien auf den Maßnahmen- und Referenzflächen nachgewiesen werden, von denen 22 Arten auf den Maßnahmen- und neun auf den Referenzflächen erfasst wurden. Auf den mehrjährigen Blühflächen wurden durchschnittlich acht Tagfalterarten kartiert (Abb. 3B). Auf den mehrjährigen (5 Tagfalterarten) und einjährigen Biogas-Blühflächen (sechs Tagfalterarten) war die Tagfalter-Diversität dagegen etwas geringer. Dennoch zeigten die einjährigen als auch die mehrjährigen Biogas-Blühmischungen deutlich höhere Tagfalter-Diversitäten im Vergleich zum Bohnen-Mais-Gemenge und zur Referenz Mais (Abb. 3B). Die blütenreichen Maßnahmen (mehrjährigen Blühflächen, mehrjährige und einjährige Biogas-Blühflächen) wurden sowohl von ubiquitären als auch von seltenen Tagfalterarten zur Nahrungsbeschaffung aufgesucht.

Der mehrfache Nachweis des Kurzschwänzigen Bläulings (*Cupido argiades*) ist der nördlichste Nachweis dieser Art für NRW, der sich als wärmeliebende Art aufgrund der Klimaerwärmung von Süden nach Norden ausbreitet. Diese Art wird auf der Vorwarnliste der Roten Liste Deutschlands aufgeführt und gilt sowohl in NRW als auch in der Westfälischen Bucht als ausgestorben. Mit dem Kleinen Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*), dem Kleinen Sonnenröschen-Bläuling (*Aricia agestis*), der Goldenen Acht (*Colias hyale*) und dem Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*) konnten weitere vier Arten der Roten Liste NRWs sowie der regionalen Roten Liste der Westfälischen Bucht nachgewiesen werden.

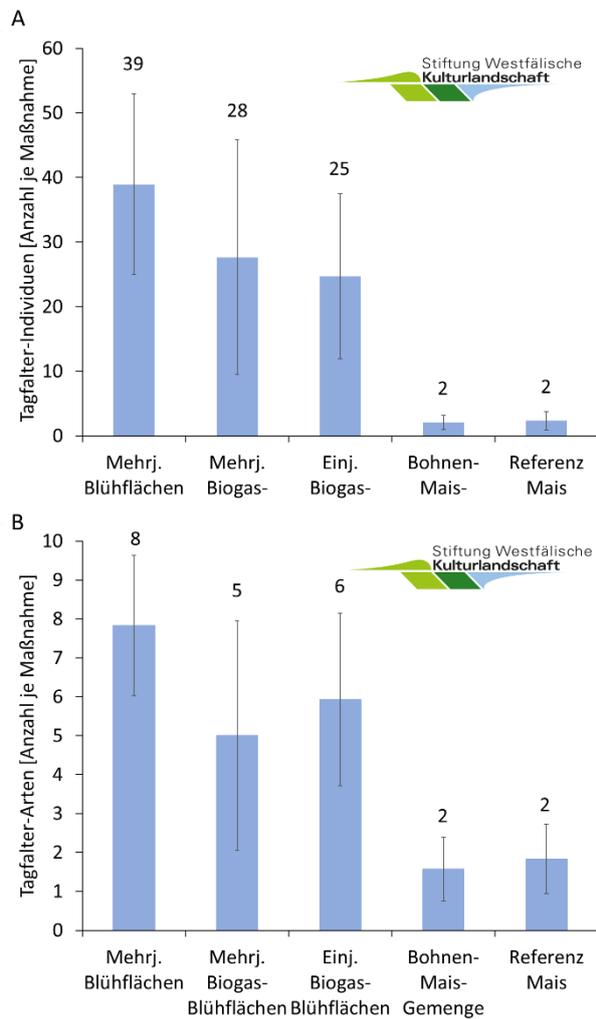


Abbildung 7. Nachgewiesene Anzahl an Tagfalter-Individuen (A) und Tagfalter-Arten (B) in verschiedenen Maßnahmen und in Mais als Referenzmaßnahme. Daten zeigen Mittelwerte und Standardabweichungen aus den Monitoringjahren 2017, 2018 und 2020. Mehrjährige Blühflächen n = 18, Mehrjährige Biogas-Blühflächen n = 3, einjährige Biogas-Blühflächen n = 26, Bohnen-Mais-Gemenge n = 14, Referenz Mais n = 18.

2.1.4 Diskussion

Mehrjährige Blühflächen zeichnen sich durch eine reduzierte Ackerbewirtschaftung aus und bieten damit einen „Ganzjahreslebensraum“ für eine Vielzahl wildlebender Tiere. Neben einem vielfältigen Nahrungsangebot bieten diese Maßnahmen auch Nistmöglichkeiten für Wildbienen, Wespen und Tagfalter, die im Boden oder in Pflanzenstängeln nisten. Die mehrjährigen Maßnahmen sowie Maßnahmen mit einer höheren Pflanzendiversität bewirkten eine höhere Artenabundanz sowie eine höhere Artenvielfalt der kartierten Insektengruppen (Abb. 1, Abb. 2, Abb. 3). Gerade in den artenreichen Blühflächen konnten oligolektische Wildbienenarten sowie weitere landes- und bundesweit gefährdete Insektenarten nachgewiesen werden. Außerdem bieten mehrjährige Blühflächen, die nicht geerntet wurden, Wintergästen wie Stieglitzen ein attraktives Nahrungs- und Deckungsangebot über Winter und Bodenbrütern wie Feldlerchen einen Brutplatz mit guten Möglichkeiten zur Aufzucht der Küken. Auch Heckenbrüter wie Dorngrasmücken dienen die teils heckenähnlichen Strukturen durch die Stauden als Ansitzwarte und nutzen die Fläche ebenfalls als Nahrungs- und Bruthabitat.

Aus entomologischer Sicht stellt die Maßnahme „Mehrjährige niederwüchsige Blühfläche“ die ökologisch wertvollste Maßnahme für die Zielinsekten dar. Hier wurden die höchsten Arten- und Individuenzahlen bei Wildbienen, Schwebfliegen, Wespen und Tagfalter nachgewiesen. Darüber hinaus konnten in dieser Maßnahme im Vergleich zu den übrigen Maßnahmen die meisten bemerkenswerten Arten nachgewiesen werden. Gerade die Wildkräuter weisen wertvolle Pollen- und Nektarquellen auf. Davon profitieren insbesondere Wildbienen, aber auch Wespen und Schwebfliegen, die überwiegend Nektar zur Eigenversorgung aufnehmen. Die carnivoren Wespen finden darüber hinaus ihre Beutetiere wie Fliegen, Käfer oder Blattläuse in den Blühflächen. Da diese Maßnahme mehrjährig und gleichzeitig nicht zur Ernte vorgesehen ist, bietet sie insbesondere im Boden nistenden Wildbienen und Wespen sowie in Pflanzenstängeln nistenden Zielinsekten Nistmöglichkeiten. Auch für Tagfalterarten stellen die mehrjährigen Blühflächen ein Fortpflanzungshabitat, allerdings nur bedingt und für wenige, generalistisch lebende Arten (Schäfer 2018). Der große Mehrwert von Wildpflanzen besteht für die Tagfalter in der Bereitstellung von Nektar. In allen Blühstreifen- und -flächen wurde eine hohe Anzahl saugender Tagfalterindividuen (\bar{x} 21) kartiert.

Bei mehrjährigen Blühflächen mit Verwendungsmöglichkeit zur Biogaserzeugung blieb in der Regel mindestens eine Teilfläche stehen, die nicht gehäckselt wurde. Diese bot vielen Tierarten einen strukturreichen Ganzjahreslebensraum. Durch die auf mehrere Jahre ausgerichtete Anlage und die damit verbundene reduzierte Ackerbewirtschaftung, besteht auch für bodennistende Arten eine Nistmöglichkeit. Bei der Brutrevierkartierung wurde hierbei die dritthöchste Individuenzahl (nach Strip Till und Kombi-Maßnahmen) nachgewiesen (Daten nicht dargestellt). Auch die Anzahl der Wespen war hier mit durchschnittlich 333 Individuen am zweithöchsten (Abb. 1). Hingegen wiesen die Erhebungen bei Wildbienen und Tagfaltern eine geringere Diversität auf als erwartet. Die meisten in der Saatgutmischung enthaltenen Pflanzenkomponenten sind für Wildbienen als Nektar- bzw. Pollenquellen geeignet. Einige Arten wie Gewöhnlicher Natternkopf (*Echium vulgare*) oder Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*) sind besonders wichtige Nahrungspflanzen.

Die einjährigen Blühstreifen und -flächen mit Verwendungsmöglichkeit zur Biogaserzeugung wiesen teils eine hohe Diversität und Abundanz auf. Auch einige gefährdete Insektenarten wie der Kurzschwänzige Bläuling (*Cupido argiades*) wurden hier nachgewiesen. Hauptsächlich dient die einjährige Maßnahme als Nahrungsquelle für bestäubende Insekten. Nur manche in der Mischung enthaltenen Kulturarten wie *Melilotus alba* (Weißer Steinklee) oder *Malva sylvestris* (Wilde Malve) kommen als wichtige Nektar- und Pollenquellen für Wildbienen infrage. Dies lässt darauf schließen, dass die nachgewiesenen Arten Quellbiotop in der näheren Umgebung nutzen. Darüber hinaus hat sich die Maßnahme im Projektverlauf als wichtiges strukturgebendes und vernetzendes Element erwiesen. Sofern die Streifen bzw. Flächen nicht geerntet werden, bieten sie auch über Winter Nahrungs- und Deckungsangebot, z.B. für Feldhasen und Finken-Arten.

Bei den avifaunistischen Kartierungen zeigte sich, dass sowohl die Diversität als auch die Abundanz von Brutvögeln, Rast- und Wintergästen eine deutlich erhöhte Anzahl in der Kombi-Maßnahme gegenüber den Referenzen aufweisen (Daten nicht dargestellt). Durch den/die Blühstreifen/ -fläche wird das Insektenvorkommen erhöht, wodurch wiederum ein insektenreiches Nahrungsangebot insbesondere für verschiedene Vogelarten geschaffen wird. Verglichen mit den anderen Maßnahmen, erzielte die Kombi-Maßnahme bei der Brutrevierkartierung die höchsten Arten- und Individuenzahlen, insbesondere mehr Brutpaare, aber auch mehr Nahrungsgäste. Ferner wurde die zweithöchste Individuendichte bei Feldvögeln nachgewiesen. Die Kombi-Maßnahme bietet als Ganzjahreslebensraum verschiedensten Zielarten Nahrung, Deckung, Fortpflanzungs- und Überwinterungsmöglichkeiten.

Entscheidend ist, die Maßnahme an naturschutzfachlich geeigneten Standorten in der offenen Agrarlandschaft anzulegen. Auf diese Weise kann flächenschonend ein hoher ökologischer Mehrwert für ein breites Artenspektrum erzielt werden.

2.1.5 Fazit

Die Integration von blütenreichen Maßnahmen im intensiv landwirtschaftlich genutzten Offenland fördert Diversität sowie Abundanz von Wespen, Schwebfliegen, Wildbienen und Tagfaltern sowie von Brut-, Rast- und Wintervögeln. Sowohl die Anlage von einjährigen als auch mehrjährigen Blühflächen/-streifen mit Biogasnutzung bewirkte eine deutliche Erhöhung der Diversität und Abundanz oben genannter Insekten gegenüber Bohnen-Mais-Gemenge und gegenüber der Referenz Mais. Die Anlage mehrjähriger Blühflächen/-streifen ohne Nutzung bewirkte gegenüber den Blühflächen/-streifen mit Biogasnutzung eine stärkere Förderung der Abundanz von Wespen, Schwebfliegen, Wildbienen und Tagfaltern. Dies wird auf die vielfältigere Artenzusammensetzung der Mischung ohne Nutzung gegenüber den Mischungen BG 70, BG 80, BG 90 zur Biogasnutzung sowie auf den überwiegenden Verzicht der Bewirtschaftung zurückgeführt. Ein Unterschied in der Förderung der Diversität und Abundanz oben genannter Insekten zwischen einer streifenförmigen und einer flächigen Anlage innerhalb der blütenreichen Maßnahmen konnte nicht festgestellt werden.

Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen strebt auf Landesebene die Aufnahme der Maßnahme „Mehrjährige Blühflächen zur Biogaserzeugung“ in die nächste Förderperiode an. Die Stiftung Westfälische Kulturlandschaft brachte ihre Erfahrungen und Ergebnisse für die konkrete Ausgestaltung im Hinblick einer maximalen naturschutzfachlichen Wirksamkeit der potentiell förderfähigen Maßnahme ein.

Funding

Das Projekt „Energiepflanzenanbau und Biodiversität im Münsterland“ (FKZ 3512685E18) wurde im Rahmen des Bundesprogrammes Biologische Vielfalt von 2015-2021 von der Stiftung Westfälische Kulturlandschaft durchgeführt. Es war Teil des Verbundprojekts „Lebendige Agrarlandschaften – Landwirte gestalten Vielfalt!“, das vom Deutschen Bauernverband koordiniert wurde. Gefördert wurde das Projekt vom Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz sowie durch die Landwirtschaftliche Rentenbank.

2.2 Paludikultur und Bioökonomie

Wendelin Wichtmann^{1,2} und Jan Peters¹

1 Michael Succow Stiftung

2 Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie

2.2.1 Einleitung

Moore zeichnen sich durch ihre Torfböden aus, die aus wenig zersetzter Biomasse als organische Substanz gebildet werden und damit einen Speicher für Kohlenstoff darstellen. Werden sie aus unterschiedlichsten Gründen (forst- oder landwirtschaftliche Nutzung, Torfabbau) entwässert, wird der Torf mineralisiert und Kohlendioxid freigesetzt. Durch die Wiedervernässung der Moore kann diese Entwicklung aufgehalten werden. Nasse Moore können entweder einer Naturentwicklung überlassen werden oder sie werden in Paludikultur bewirtschaftet. Paludikultur bezeichnet die nachhaltige Bewirtschaftung von nassen und wiedervernässten Mooren. In Paludikultur kann der Torfkörper und damit die Funktionsfähigkeit des Moorbodens für verschiedene Ökosystemleistungen (Regulation von Klima, Wasser, Nährstoffrückhalt, Biodiversität) erhalten oder wiederhergestellt bzw. neu entwickelt werden (Wichtmann et al. 2016). Über die Produktion und Verwertung der Paludikultur-Biomasse ergeben sich direkte Bezüge zur aktuell in den angewandten Natur- und Sozialwissenschaften und der wirtschaftlichen Umsetzung intensiv diskutierten Bioökonomie. Dieser Beitrag erörtert die Bezüge zwischen den Konzepten Paludikultur und Bioökonomie, benennt die damit verbundenen Nachhaltigkeitskriterien und beschreibt, wie sich die Paludikultur in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Bioökonomie als Teil dieser subsumieren lässt.

2.2.2 Was ist Paludikultur

Die konventionelle Nutzung von Mooren erfordert eine Entwässerung, die zu enormen Emissionen von Treibhausgasen und Nährstoffen führt. Fast 25 % der Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen aus dem Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF-Sektor) in der EU werden durch entwässerte Moore verursacht. Im gemäßigten Klima ist die Entwässerung von Mooren zugleich mit jährlichen Höhenverlusten des Bodens von 1-2 cm verbunden. Die Wiedervernässung entwässerter Moore ist unerlässlich, um Emissionen und Moordegradierung zu reduzieren, doch hat sie bisher zum Verlust produktiver landwirtschaftlicher Nutzflächen geführt, da sie in der Regel mit einer Nutzungsaufgabe verbunden ist.

Paludikultur ("palus" - lateinisch für "Sumpf") eröffnet nun einen Weg zur produktiven Nutzung nasser Moorstandorte. Das Konzept der Paludikultur wurde an der Universität Greifswald mit dem Ziel entwickelt, Schutz und Nutzung von Mooren in Einklang zu bringen. Das Konzept ist weltweit anwendbar. Obwohl schon vorher beschrieben (Wichtmann & Succow 1996), wurde der Begriff erst später erstmals definiert (Joosten 1998), damals aber zunächst nur für den Anbau von Torfmoosen (*Sphagnum spec.*) zur Hochmoor-Restaurierung mit dem Ziel erneuter Torfbildung und ab 2001 für die direkte Nutzung der Torfmoos-Frischmasse als Torfersatz. Erstmals mit breiterer Definition publiziert wurde das Paludikultur-Konzept von Wichtmann & Joosten (2007). Dort heißt es: „Idealerweise ist das Moor so nass, dass der Torfkörper dauerhaft erhalten bleibt bzw. ein erneutes Torfwachstum stattfinden kann. [...] In den temperaten, subtropischen und tropischen Zonen der Erde [...] weisen die meisten Moore von Natur aus eine Vegetation auf, von der die oberirdischen Pflanzenteile geerntet werden können, ohne das Potenzial der Torfsequestrierung zu schädigen. [...]

Die Quintessenz von Paludikultur ist, Pflanzenarten zu kultivieren welche: 1. unter nassen Bedingungen wachsen, 2. Biomasse von ausreichender Quantität und Qualität produzieren und 3. zur Torfbildung beitragen.“ Wichtmann & Joosten (2007) weisen auf die Möglichkeit des Erhalts bzw. der Wiederherstellung zusätzlicher Ökosystemleistungen als Koppelprodukte der Paludikultur im weiteren Sinne hin (Speicherung von Kohlenstoff, Kühlung, Verdunstungsleistung, Nährstoffrückhalt, Pufferung des Abflusses, Biodiversität, ...). Eine Honorierung dieser Leistungen kann zusätzlich erfolgen.

Paludikultur ist somit ein Landnutzungskonzept, welches die Multifunktionalität der Resource Land berücksichtigt. Neben der Produktion von Lebensmitteln und nachwachsenden Rohstoffen können bei ihrer Umsetzung weitere Bedürfnisse der Gesellschaft, wie der Wasserrückhalt oder ein vorsorgender Bodenschutz, adressiert werden. Ausgehend von der allgemeinen Definition von Paludikultur kann aus verschiedenen Gründen (u.a. förderrechtlich, agrarpolitisch) eine Konkretisierung notwendig sein. Im Rahmen der Landesstrategie Mecklenburg-Vorpommern (LM MV 2017) wird die Definition entsprechend folgendermaßen eingegrenzt (Tanneberger et al. 2020):

„Paludikultur ist land- bzw. forstwirtschaftliche Produktion auf wiedervernässten organischen Böden bei Erhalt des Torfkörpers. Als land- bzw. forstwirtschaftliche Produktion wird hier die zielgerichtete Herstellung pflanzlicher oder tierischer Erzeugnisse auf einer zu diesem Zweck bewirtschafteten Fläche verstanden. Bei Paludikultur wird dabei das Ziel verfolgt, den Torfkörper als Produktionsgrundlage dauerhaft zu erhalten. Dafür ist [in Niedermooren] in Mitteleuropa ein sommerlicher Grundwasserstand von in der Regel höher als 20 cm unter Flur erforderlich“.

Tabelle 1: Verwertungsoptionen für Biomasse aus nassen Mooren (verändert nach Wichtmann & Wichmann 2011a)

Sektor	Pflanzenart	Beispiel Pflanzenart
Landwirtschaft	Futter (Heu, Silage, Weide), Einstreu, Dünger (Kompost)	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf, Rohrkolben
Landwirtschaft	Substrate, Erden, Kompost	Torfmoose, alle grasartigen
Industrie / Handwerk	Baustoffe (Dachbedeckung, Konstruktion, Isolation)	Schilf, Rohrkolben
Industrie / Handwerk	Bauholz	Erle
Industrie / Handwerk	Form-Körper (Einweggeschirr, Gestreckträger, Gittersteine)	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf, Rohrkolben
Industrie / Handwerk	Papier (Zellulose), Verpackungsmaterialien	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf, Rohrkolben
Industrie / Handwerk	Chemische Grundstoffe (Milchsäure, Lignin, Kohle), „Phytomining“	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf, Rohrkolben
Industrie / Handwerk	Korbwaren	Weide
Industrie / Handwerk	Möbelholz	Erle
Energie	Brennstoff	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf
Energie	Biogassubstrat	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf
Energie	Flüssige Kraftstoffe (Bio-Diesel, Bio-Alkohol)	Großseggen, Kleinseggen, Rohrglanzgras, Schilf
Andere	Medikamente	Sonnentau, Fieberklee
Andere	Nahrungsmittel	Rohrkolben

Einen Überblick über potenzielle Pflanzenarten, die in Paludikultur genutzt werden können, gibt die Datenbank der potenziellen Paludikulturpflanzen (DPPP; Abel et al. 2013). Die wichtigsten Pflanzenarten in Mitteleuropa sind neben der Erle (*Alnus glutinosa*) vor allem verschiedene Arten der Röhrichte und Riede wie Gemeines Schilf (*Phragmites australis*) sowie verschiedene Rohrkolben- (*Typha spec.*) und Seggenarten (*Carex spec.*). Ein wichtiger Aspekt der Paludikultur ist die Verwertung der geernteten Biomasse. Hier gibt es ein weites Spektrum an Nutzungsmöglichkeiten, von der landwirtschaftlichen Verwertung über eine energetische Nutzung in Biogasanlagen oder die direkte Verbrennung bis hin zur Produktion von Baustoffen wie Dachbedeckungsmaterial, Isolierstoffen und Konstruktionsplatten (Wichtmann et al. 2016). Auch ein Einsatz von Rohstoffen aus der Paludikultur zur Produktion von Grundstoffen für die Chemie (Bio-Raffinerie: Fernando et al. 2006, Xiu & Shahbazi 2015) und der Biotechnologie (Spangenberg et al. 1959) ist möglich (vergleiche Tab. 1).



Abbildung 8. Ausgewählte Anwendungen von Paludikultur-Produkten: Calluna-Kultur auf Torfmoossubstrat, Bauplatten für den Innen- und Möbelbau, Formkörper z.B. als Verpackungsmaterial, Reet zur Dachdeckung (von oben links nach unten rechts) Fotos: Succow Stiftung / Greifswald Moor Centrum

2.2.3 Definition und Ziele der Bioökonomie

Die Bioökonomie wird definiert als die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen (auch Wissen), um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen¹¹. Bioökonomie (im englischsprachigen Raum teilweise auch als knowledge-based bio-economy bezeichnet) beschreibt die Transformation einer erdölbasierten Marktwirtschaft hin zu einem Wirtschaftssystem, in dem fossile Ressourcen (v.a. Kohlenwasserstoffe) durch verschiedene emissionsarme, anpassungsfähige, nachwachsende, d.h. aus dem biologischen System gewonnene Rohstoffe ersetzt werden (BMBF 2020, Birner 2018). Sie ist somit ein essenzieller Baustein einer post-fossilen Wirtschaft der Zukunft, in der Ökologie und Ökonomie zusammengedacht werden¹². Grundprozess ist dabei die Photosynthese von Kohlenstoffverbindungen in Pflanzen.

¹¹ Was ist Bioökonomie? Zuletzt abgerufen am 23.8.2021: <https://biooekonomierat.de/biooekonomie/>

¹² Bioökonomie. Zuletzt abgerufen am 23.8.2021: https://de.wikipedia.org/wiki/Bioökonomie#cite_note-Bioökostrategie-1

Die Bioökonomie soll zu einer nachhaltigen Entwicklung und grünem, klimafreundlichen Wachstum beitragen. Insbesondere wird sie mit der Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) zur Ernährungssicherung, zum Klimaschutz, zu nachhaltigen Konsum- und Produktionsbedingungen sowie zum Erhalt der wichtigsten Naturgüter, wie Trinkwasser, fruchtbare Böden, saubere Luft, stabiles Klimasystem und reiche Biodiversität, in Verbindung gebracht¹³ (Tanneberger et al. 2020).

Mit einer „Nachhaltigen Bioökonomie“ sollen bei den Wirtschaftsakteuren Impulse für eine nachhaltige, auf biologischen Ressourcen basierende Wirtschaftsweise gesetzt werden. So sollen perspektivisch technologieoffen, ohne Festlegung auf bestimmte Rohstoffe, Verfahren oder Nutzungspfade entwickelt werden. Der Maßstab für Nutzen und Mehrwert biobasierter Produkte und Verfahren ist deren Beitrag zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Wirtschaftsweise. Angesichts des Überschreitens planetarer Belastungsgrenzen – insbesondere mit Blick auf den Verlust der Artenvielfalt, den Klimawandel, Störungen im Stickstoffkreislauf und den Verlust fruchtbarer Böden – wird gerade von der Bioökonomie ein Beitrag zu einem Umsteuern in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung erwartet.¹⁴ Um den notwendigen Wandel gezielt anzustoßen, sollen die Rahmenbedingungen positiv gestaltet und geeignete Initiativen in zunächst fokussierten Bereichen unterstützt werden (z.B. MUKE/MLRV 2019).

Im Folgenden werden die Ziele der Bioökonomie mit den Möglichkeiten der Paludikultur abgeglichen.

2.2.4 Gemeinsamkeiten von Paludikultur und Bioökonomie

Die Ziele und Grundsätze der Bioökonomie, wie sie z.B. durch die Bundesregierung oder auch in der Landesstrategie Baden-Württemberg definiert werden, werden hier für die Paludikultur abgeprüft. Neben den Voraussetzungen einer technologieoffenen, auf biologischen Ressourcen basierenden Wirtschaftsweise und einer Unterstützung der nachhaltigen Entwicklung wird im Folgenden beschrieben, inwieweit die Ziele der Bioökonomie im Rahmen der Paludikultur erreicht werden.

1. Innovative Konzepte: Im Rahmen der Paludikultur werden innovative biologische Konzepte entwickelt, mit denen erneuerbare oder recyclingfähige Rohstoffquellen erschlossen werden, wie bei der Produktion von Schilf beziehungsweise Reet oder von Rohrkolben als Rohstoffe für diverse Baustoffe. Der Einsatz fossiler Rohstoffe kann signifikant gesenkt werden, indem z.B. erdölbasierte Dämmstoffe ersetzt werden (WIR-Plant3-Projekt¹⁵). Auch durch direkte Verbrennung von Biomasse aus Paludikultur bzw. der daraus hergestellten Produkte kann die Abhängigkeit von Energie- und Rohstoffextraktion und -importen dauerhaft verringert werden (BonaMoor-Projekt¹⁶).
2. Treibhausgasemissionen und Biodiversität: Mit Paludikultur können auf vielfache Weise Beiträge zur Reduktion von Treibhausgasemissionen geleistet werden. Zunächst wird mit der Wiedervernässung von Moorstandorten eine drastische Reduk-

¹³ Bioeconomy policy (part II). Synopsis of National Strategies around the world. A report from the German bioeconomy council. 136 p. zuletzt abgerufen am 23.8.2021: https://biooekonomierat.de/fileadmin/international/Bioeconomy-Policy_Part-II.pdf

¹⁴ Die Bundesregierung. Nationale Bioökonomiestrategie, zuletzt abgerufen am 23.8.2021: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/pdf/nationale-biooekonomiestrategie_3341.html

¹⁵ Handlungsfeld Moor – Plant3 (uni-greifswald.de)

¹⁶ MoorWissen | Paludikultur | Projekte | BOnaMoor

tion der bodenbürtigen Treibhausgasemissionen erzielt, die durch Kohlenstoffzertifikate wie z.B. MoorFutures¹⁷ im Sinne eines „Carbon Farmings“ in Wert gesetzt werden können. Daneben trägt der Ersatz von fossilen Rohstoffen zur Minderung von Treibhausgasemissionen bei (Joosten et al. 2015). Mit dem Verbau von Isoliermaterialien aus Paludikultur-Biomasse wird Kohlenstoff über Jahrzehnte festgelegt und durch die Dämmung wird der Verlust von Wärme verringert. Durch Paludikultur kann ein wesentlicher Beitrag zum Erhalt bzw. zur Förderung der Biodiversität geleistet werden, da semi-natürliche Moorlebensräume mit Management wiederhergestellt werden, die als Ersatzhabitate dienen.

3. Beispielcharakter: Die bisher existierenden Paludikultur-Beispiele (z.B. Torfmoos-Anbau Hankhausen, Bioenergie Malchin und Rohrkolbenanbau Neukalen) haben Pilot-Charakter und dienen insbesondere der Demonstration und wissenschaftlichen Untersuchungen (Gaudig et al. 2014, Wichmann et al. 2017, Dahms et al. 2017, Neubert & Wichmann 2019).
4. Stärkung des ländlichen Raums: Ziel der Paludikultur ist es, Biomasse zu produzieren, die auf dem Markt nachgefragt ist, um in innovativen Wertschöpfungsketten weiter veredelt zu werden. Meist ist die Paludikultur-Biomasse wenig transportwürdig, daher ist eine Weiterverarbeitung zu Zwischen- oder Endprodukten nahe des Ernteortes anzustreben. Damit wird der ländliche Raum gestärkt und attraktive zukunftsfähige Arbeitsplätze werden geschaffen (Dahms et al. 2017, Greifswald Moor Centrum 2019).

Die Grundsätze der nachhaltigen Bioökonomie (MUKE/MLRV BW 2019) werden im Zuge der Paludikultur weitestgehend eingehalten: Was die Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion angeht, ist zu berücksichtigen, dass Paludikultur ein Bewirtschaftungskonzept für Moorflächen ist, auf denen alternativ auch Nahrungsmittel produziert werden können (z.B. Kartoffeln, Getreide, Rindfleisch). In der Regel geschieht dies allerdings bei hohen externen Kosten und unter unwirtschaftlichen Bedingungen. Durch die Agrarförderung werden diese Flächen künstlich in Bewirtschaftung gehalten (Schäfer 2016). Die Fleischrinderhaltung auf entwässerten Mooren kann durch Wasserbüffelhaltung auf wiedervernässten Moorstandorten ersetzt werden. Darüber hinaus kann der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen von Mineralbodenstandorten auf nasse Moorstandorte mit Paludikultur verlagert werden, was fruchtbare mineralische Ackerflächen wieder für die Produktion von Nahrungsmitteln verfügbar macht.

Der Erhalt der Biodiversität und der Natur muss im Vergleich zu den Ausgangsbedingungen gesehen werden. Trockenheitsliebende Pflanzen und Steppentiere der entwässerten Moore werden durch standorttypische Arten ersetzt. Im Rahmen von gezielten Artenschutzprogrammen kann die standorttypische Biodiversität weiter gefördert werden (Kölsch & Czybulka 2016).

Es besteht ein weites Spektrum der Wertschöpfung aus Biomasse aus Paludikultur, vom Torfersatz über diverse Bau- und Dämmstoffe, Möbelholz bis hin zur Produktion von Medizinrohstoffen (Tabelle 1). Das ökonomische, ökologische und soziale Wertschöpfungspotenzial kann unterschiedlich ausfallen, ist aber immer gegeben.

¹⁷ MoorFutures - Klimaschutz trifft Biodiversität - News

Bei Paludikulturen handelt es sich grundsätzlich um mehrjährige Kulturen zur Produktion von Biomasse und deren Bestandteilen, die zumeist für die Ernährung von Mensch und Tier nicht geeignet sind beziehungsweise nicht benötigt werden. Eine aktuelle und detaillierte Übersicht zu praktisch anwendbaren Paludikulturen findet sich in der Machbarkeitsstudie Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt in der LEADER-Region „Kulturlandschaften Osterholz“, die von der Michael Succow Stiftung im Auftrag des Landvolks Osterholz angefertigt wurde (Nordt et al. 2020).

Die Paludikultur ist die einzige Möglichkeit, organische Böden, respektive Moore, nachhaltig zu bewirtschaften. Alle anderen Bewirtschaftungsformen der Moore sind stark bis sehr stark umweltbelastend (Wichtmann & Wichmann 2011b). Biomasse aus Paludikultur eignet sich hervorragend für eine Verwendung im Rahmen von Koppel-, Kaskaden- und Kreislaufnutzungs Konzepten. Insbesondere die Verwendung von Paludikultur-Biomasse im Baustoffsektor ermöglicht eine Kaskadennutzung mit einer thermischen Verwertung am Ende der Verwertungskette (Wichtmann et al. 2019).

2.2.5 Schlussfolgerung

Paludikultur umfasst ein ganzheitliches Konzept für die Bewirtschaftung von organischen Standorten, respektive Mooren. Sie ist die einzig mögliche nachhaltig umweltgerechte Bewirtschaftungsform für Moore, da nur sie den Torfkörper und damit die Funktionsfähigkeit der Standorte erhält (Wichtmann & Wichmann 2011b). Durch vielfältige Kriterien in der Definition und Umsetzung werden alle Grundsätze einer nachhaltigen Bioökonomie erfüllt. Die Ziele der Paludikultur gleichen per Definition denjenigen, die weithin für die Bioökonomie angegeben und angestrebt werden. Was hat also Paludikultur mit Bioökonomie zu tun? Paludikultur ist Bioökonomie par excellence!

2.2.6 Danksagung

Den Projekten „DESIRE“, gefördert durch das EU Interreg Baltic Sea Programm 2014–2020 (Index No.: R3.071, Project No.: #R091), dem vom BMU geförderten Projekt der Nationalen Klimainitiative „MoKli“ und dem BMEL geförderten Projekt „BonaMoor“ (FKZ 22400518) sei hiermit für finanzielle Unterstützung gedankt.

2.3 Die Zellstofffabrik als Bioraffinerie – Stand und Entwicklungsperspektiven

Christian Sörgel

Zellstoff und Papierfabrik Rosenthal GmbH

Mercer International ist ein nordamerikanischer Holzindustriekonzern, der Holzindustriebetriebe in Nordamerika, Mitteleuropa und Australien betreibt. In fünf Zellstoffwerken werden gut 2 Mio. Tonnen Marktzellstoff zur Papierherstellung erzeugt; ein Sägewerk produziert in Deutschland knapp 800.000 m³ Schnittholz. Weitere holzbasierte Produkte des Konzerns umfassen Biostrom, Tallöl, Sulfatterpentin, Methanol und Sandelöl.

Im Saale-Orla-Kreis in Südthüringen betreibt Mercer ein Holzindustriezentrum, bestehend aus einem der größten Sägewerke Mitteleuropas und einer Marktzellstofffabrik.

Das Sägewerk, die Mercer Timber Products GmbH (MTP), verarbeitet 1,4 Mio. fm Rohholz jährlich zu Bauholz- und Schnittholzprodukten für den deutschen Markt sowie Exportmärkte. Die Koppelprodukte der Bauholzerzeugung, die Sägenebenprodukte wie Sägespäne und Hackschnitzel, wiederum sind Rohstoff für diverse stoffliche als auch energetische Nutzungen. Sie werden an die Holzwerkstoff- und Zellstoff-/Papierindustrie verkauft, aber auch an Pelletproduzenten oder andere energetische Verwerter. Ein Teil der anfallenden Holzreste wird selbst zur Energieerzeugung eingesetzt. Pro Jahr werden etwa 90.000 MWh Grünstrom ins öffentliche Netz eingespeist, entsprechend dem Bedarf von 30.000 Haushalten.

Das Zellstoffwerk verarbeitet als Hauptrohstoff Sägewerkshackschnitzel, zu einem geringeren Anteil auch Industrieholz, das im Wald als Koppelprodukt der Stammholzernte für die Sägeindustrie anfällt. In Summe werden zur Erzeugung von 360.000 Jahrestonnen Zellstoff 1,8 Mio. fm Sägewerkshackschnitzel und Industrieholz eingesetzt. Neben Marktzellstoff stellt Elektroenergie ein weiteres wichtiges Produkt des Standorts dar. Auf Holzbasis werden im Werk 400.000 MWh Strom erzeugt. Davon werden 250.000 MWh selbst verbraucht, 150.000 MWh werden mit sehr hoher Verfügbarkeit ins öffentliche Netz eingespeist. Dies entspricht dem Jahresverbrauch von 50.000 Haushalten. Damit betreibt Mercer Rosenthal das zweitgrößte Biomassekraftwerk Deutschlands. Das größte wird in der Schwesterfabrik in Arneburg, Sachsen-Anhalt, betrieben und verfügt über die doppelte Kapazität. Weiterhin werden im Zellstoffherstellungsprozess Harz- und Fettsäuren aus dem Holz separiert, die zu Tallöl veredelt und als Grundstoff an die chemische Industrie geliefert werden.

Die beiden Standorte in Thüringen erwirtschaften zusammen einen Jahresumsatz von 400 Mio. Euro und beschäftigen 850 Mitarbeiter. An beiden Standorten werden eine Vielzahl an technischen sowie kaufmännischen Berufen ausgebildet. Das Holzindustriezentrum von Mercer in Südthüringen ist damit der wichtigste Arbeitgeber der Region und sichert das Einkommen und die Existenz von vielen Familien in der ansonsten ländlich geprägten Region. Im Fall des Zellstoffwerks seit mittlerweile fast 140 Jahren.



Abbildung 9. Mercer Rosenthal

Am Beispiel des Thüringer Holzindustriezentrums lässt sich gut darstellen, dass die Sektorenkopplung und die Kaskadennutzung des Rohstoffes Holz in der Holz- und Papierindustrie seit langem Standard sind. Im Wald wird Stammholz für die Herstellung von Bau- und Möbelholz in der Sägeindustrie geerntet. Die bei der Stammholzgewinnung anfallenden Koppelprodukte wie Durchforstungsholz, Schwachholz oder qualitativ schlechte Holzsortimente werden in der Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie stofflich verwertet. Gleiches gilt für die Nebenprodukte aus den Sägewerken, die wiederum dort anfallen, wenn das Stammholz zu Schnittholz verarbeitet wird.

Aus den Koppelprodukten der Stammholzernte und der Schnittholzproduktion erzeugt das Zellstoffwerk Marktzellstoff, Bioenergie und Biochemikalien. Der Zellstoff wird in Deutschland und angrenzenden Ländern Mitteleuropas zur Herstellung von Papierprodukten eingesetzt. In Rosenthal wird gebleichter Langfaserzellstoff produziert, das Premiumprodukt des Zellstoffmarktes. Dieser Zellstoff wird in grafischen Papieren (Schreib- und Druckpapiere, Magazinpapiere), Hygiene- und Spezialpapieren wegen seiner Festigkeiten zusammen mit anderen Zellstoffen und weiteren Rohstoffen eingesetzt. Die Zellstofffaser wird aufgrund der hohen Altpapiererfassungsquote in Mitteleuropa mehrfach rezykliert und z.B. in Verpackungspapieren mehrfach wiederverwendet. Am Ende der Wertschöpfungskette steht die thermische Verwertung zur Energieerzeugung.

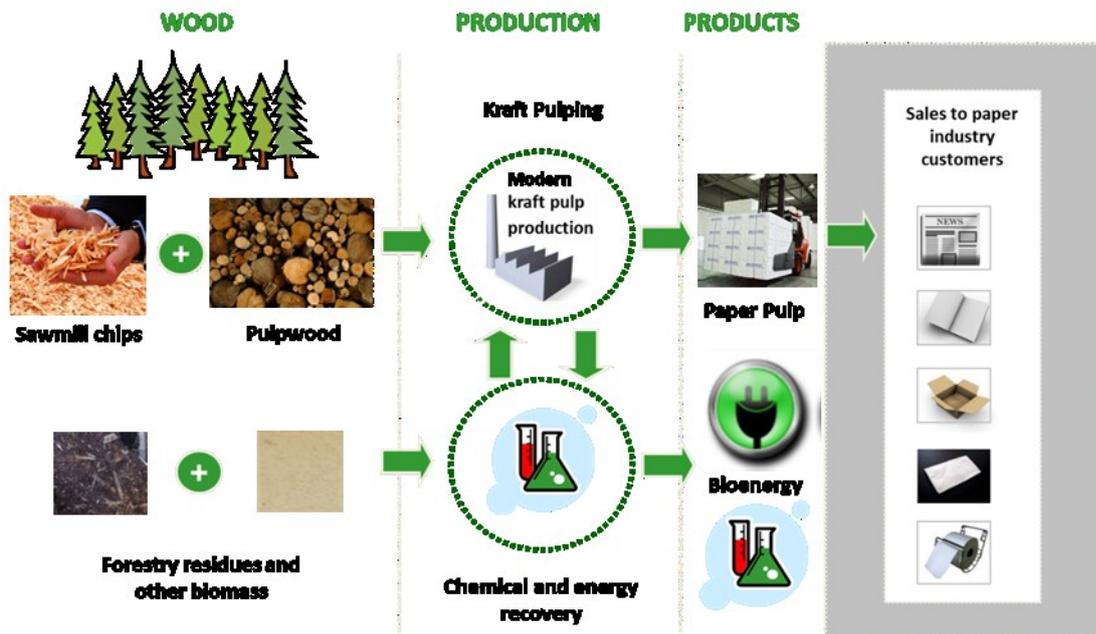


Abbildung 10. Die Wertschöpfungskette der Marktzellstofffabrik

Die moderne Zellstofffabrik ist bereits eine Bioraffinerie, die Holz in seine verschiedenen Bestandteile zerlegt und entsprechend der jeweiligen Eigenschaften diese Bestandteile zu unterschiedlichen Produkten verarbeitet. Abbildung 3 zeigt die aktuelle Nutzung der einzelnen Holzbestandteile. Zellulose und Teile der Hemizellulosen sowie die Harz- und Fettsäuren in Form von Tallöl werden stofflich genutzt. Lignin und der Rest der Hemizellulosen werden zur Energieerzeugung genutzt.

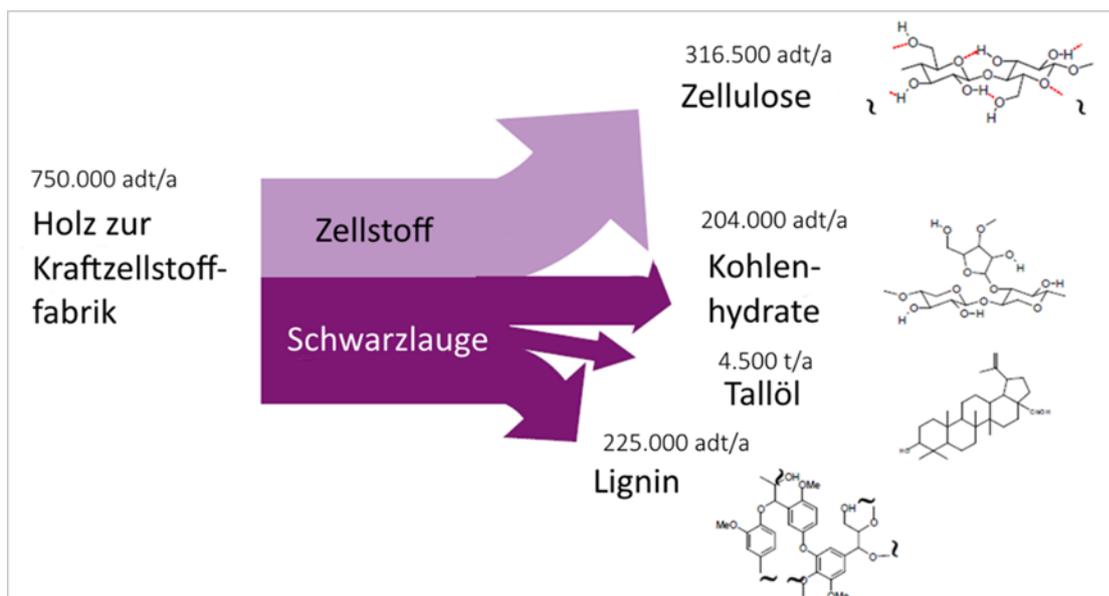


Abbildung 11. Derzeitige Nutzung der Holzbestandteile in der Zellstofffabrik

Sowohl die bereits stofflich genutzten als auch die bislang energetisch genutzten Holzfraktionen bieten aber Potenzial, bei einer noch selektiveren Gewinnung und Weiterverarbeitung, viele Produkte, die derzeit noch auf Rohölbasis hergestellt werden, zukünftig auf Basis nachwachsender Rohstoffe zu erzeugen.

Die Holzfaser / Zellulose kann in der Textilindustrie bislang baumwoll- oder kunstfaser-basierte Produkte ersetzen. Weiterhin lassen sich nach einer weitergehenden mechanischen oder kombinierten mechanisch-/chemischen Bearbeitung der Zellulose und Hemizellulose Produkte wie mikro- oder nanofibrillierte Zellulose mit gänzlich neuen Eigenschaften herstellen, die als Additive oder auch als Beschichtungen bislang fossil basierte chemische Produkte ersetzen können. Eine noch weitergehende „Zerlegung“ der Zellulosebestandteile des Holzes in seine Grundbausteine („Holzzucker“) ermöglicht die Bereitstellung von Grundstoffen, die in der chemischen Industrie in vielen Bereichen bislang fossil basierte Grundstoffe ersetzen können.

Ähnliche Möglichkeiten bietet die stoffliche Nutzung von Lignin. Die Gewinnung von Rohlignin aus der Aufschlusslaugung der Zellstoffindustrie ist bereits im industriellen Maßstab möglich. Durch Weiterverarbeitung des Rohlignins bzw. dessen weitere Aufspaltung zur selektiven Gewinnung einzelner Bausteine lassen sich Produkte wie Carbonfasern oder Klebstoffe erzeugen, die bislang auf Rohölbasis hergestellt werden.

Neben den bereits in Form von Terpentin und Tallöl gewonnenen Harz- und Fettsäuren beinhalten Holz und Rinde weitere Extraktstoffe, deren selektive Gewinnung neue Anwendungsfelder in der chemischen Industrie, gerade auch im Kosmetik- und Geruchsstoffbereich ermöglichen kann.

Die einzelnen Holzbestandteile lassen sich durch eine Reihe von Aufschlussverfahren gewinnen und individuell weiterverarbeiten. Abbildung 4 zeigt einen Überblick über mögliche Verfahrensketten, der keineswegs vollständig ist, aber exemplarisch die Vielfalt der bestehenden Möglichkeiten darstellt.

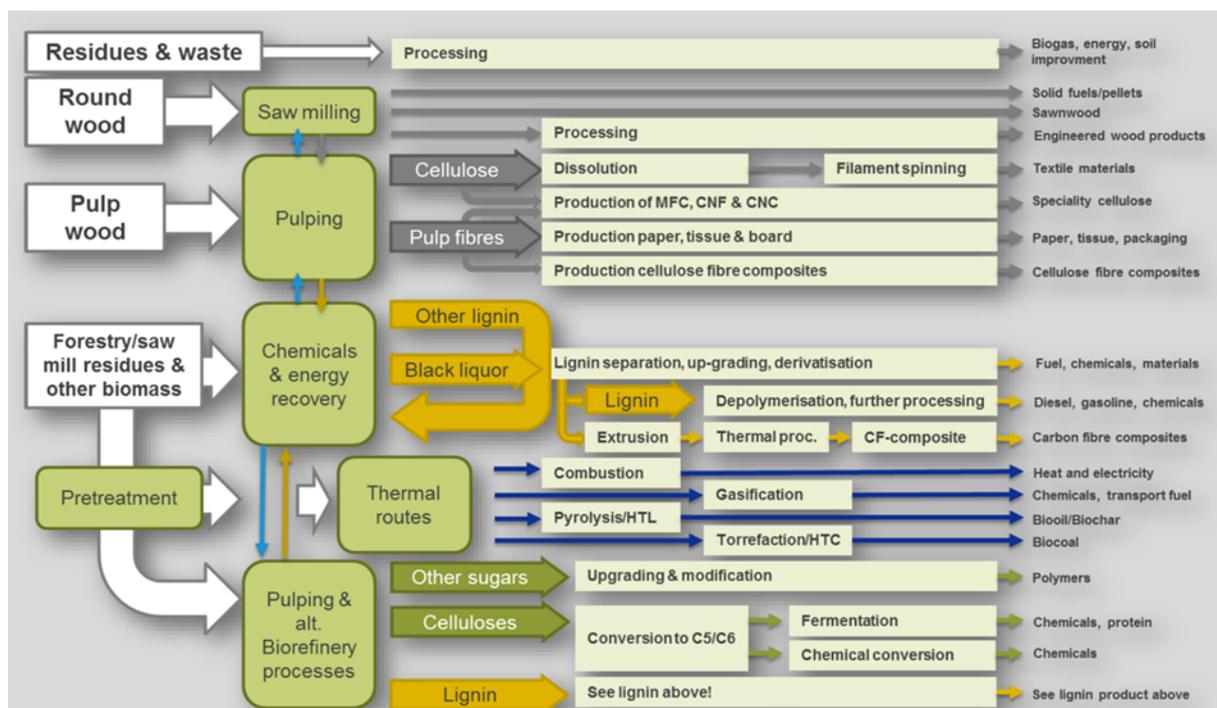


Abbildung 12. Nutzungspfade von Lignozellulosen in der Bi Raffinerie (Quelle: RISE 2018)

Die Holz- und Papierindustrie praktiziert die Kaskadennutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz bereits seit langem. Mercer betreibt mit zwei Zellstoffwerken seit mehr als 20 Jahren Bi Raffinerien in Deutschland, die Faserstoffe an die Papierindustrie, Grundchemikalien an die chemische Industrie und Biostrom in Grundlast ins öffentliche Netz liefern. Diese

Bioraffinerien bilden ideale Plattformen, um die Bioökonomie in Deutschland auszubauen und den Wechsel von Rohöl zu bio-basierter Industrie zu verwirklichen.

Im Gegensatz zu Greenfield-Investitionen verfügen die Zellstoffwerke bereits über die nötige Infrastruktur sowohl zur Biorohstoff-Beschaffung als auch zur Energieerzeugung, Verwertung der im Prozess entstehenden Filtrate und Nebenströme sowie nicht zuletzt auch zur Aufreinigung von Abwässern und eventuellen Luftemissionen.

Know-how und Kompetenz in der Beschaffung großer Holzströme, in der Weiterverarbeitung und im Aufschluss des Holzes in seine Bestandteile sind vorhanden. Die Belieferung der chemischen Industrie mit Grundstoffen wird eine gewisse Größe voraussetzen, um im Wettbewerb mit fossilen Produktketten bestehen zu können.

Viele der erforderlichen Investitionen in neue Verfahrensschritte und Neuanlagen werden die ersten ihrer Art in Deutschland / Mitteleuropa sein. Auf diesem Schritt sollte die Industrie seitens der Politik durch Förderung von notwendiger Forschung, aber auch durch Übernahme eines Teils des Investitions- und Kostenrisikos unterstützt werden. Dann wird die Transformation der heimischen Industrie und die Realisierung einer Bioökonomie in Deutschland gelingen.

2.4 Sauber sauber machen im Sinne der Bioökonomie

Jürgen Hack

SODASAN Wasch- und Reinigungsmittel GmbH

Aus der Erkenntnis heraus, dass ein „Weiter so“ uns unweigerlich in die ökologische Katastrophe führen wird, werden vermehrt Forderungen nach Einhaltung konkreter Klimaziele wie die Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2°C, besser 1,5°C, laut und es wird die Frage diskutiert, wie diese Ziele erreicht werden können.

Vorab: Die Klimaziele anhand einer zu begrenzenden Erderwärmung, um eine bestimmte Gradzahl zu definieren, halte ich für falsch. Vielmehr müssen unsere Prozesse und Wirtschaftsformen dahin gehend geändert werden, dass die von Menschen verursachte Erderwärmung auf ein Minimum reduziert wird. Ob ein Fortbestehen der Ökosysteme nach einer Erwärmung von 1,5°C oder 2°C noch möglich sein wird, liegt im Bereich der Hypothese. Ob die mit unseren Hochleistungscomputern errechneten Modelle zutreffen werden, wissen wir erst dann, wenn es so weit ist.

Wichtig ist jetzt, dass wir uns abwenden von einem Effizienzdenken hin zu einem Effektivitätsdenken. Vorhandene Prozesse effizienter zu gestalten, führt lediglich zu einer Verschiebung des Klimakollaps um ein paar Jahre, vielleicht in das 22. Jahrhundert. Soll heißen: Das Dieselfahrzeug, welches fortan nur noch 3,657 Liter Kraftstoff pro 100 gefahrene Kilometer anstatt der momentan vielleicht 5,621 Liter verbraucht, ist nicht die Lösung. Hier müssen wir Mobilität neu denken.

Die Lösung liegt nicht in der Effizienz. Die Lösung liegt nicht im Optimieren bestehender Prozesse, sondern im Neudenken der Prozesse. In Anlehnung an den Buchtitel Hermann Fischers braucht es einen „Stoffwechsel“ im wahrsten Sinne des Wortes.¹

Der Anspruch der Bioökonomie an eine biobasierte, an natürlichen Stoffkreisläufen orientierte, nachhaltige Wirtschaftsform muss für alle Bereiche des täglichen Lebens gelten. Dieser Anspruch richtet sich an alle Wirtschaftszweige und zugehörigen Dienstleistungsbereiche, die biologische Ressourcen wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen und deren Produkte erzeugen, be- und verarbeiten, nutzen und damit handeln.²

Dazu zählt nicht zuletzt auch die chemische Industrie, in unserem Fall die Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln.

Mit sauber sauber machen bringen wir auf den Punkt, was Sodasan seit 1982 ausmacht. Nennen wir es waschechtes, ökologisches Handeln, das dazu beiträgt, dem Klimawandel entgegenzuwirken.

Das waschechte, ökologische Handeln erfordert einen 360°-Blick, also das Einbeziehen aller an den Prozessen beteiligten Faktoren. Angefangen bei der Exploration und der Beschaffung der Rohstoffe, über deren Verarbeitung zu den jeweiligen Produkten, bis hin zum Verbleib der Produkte im Abwasser oder auf Deponien und deren Integration in natürliche Kreisläufe.

Dieser 360°-Blick erfasst nicht allein die Produkte an sich, sondern hat z.B. Fragen zu Packmitteln, Energiekonzepten und Logistik ebenso im Fokus. Nachhaltigkeit erfordert eine ganzheitliche Herangehensweise.

Die Rohstoffe

Grundsätzlich kann es nicht darum gehen, den ökologischen Fußabdruck im Sinne von geringer Umweltbelastung so klein wie möglich werden zu lassen – also immer effizienter zu

werden. Vielmehr geht es darum, einen großen positiven Abdruck zu hinterlassen – also effektiv zu werden.

Letzteres kann mit fossilen Rohstoffen, also mit Rohstoffen der Petrochemie, nicht gelingen. Wie bereits erwähnt ist hier ein Stoffwechsel unabdingbar. Weder Rohöl noch dessen Derivate lassen sich in natürliche Stoffkreisläufe integrieren. Deshalb sind die üblicherweise in Wasch-, Putz- und Reinigungsmitteln enthaltenen Inhaltsstoffe mit petrochemischen Anteilen für uns absolut inakzeptabel.

Um zu einem grünen, positiven Fußabdruck zu kommen, nutzen wir in unseren Formulierungen ausschließlich Rohstoffe pflanzlichen und mineralischen Ursprungs. Allein mit nachwachsenden Rohstoffen kann der biologische Stoffkreislauf geschlossen werden. Dabei gilt es, wenn immer möglich, Rohstoffe aus kontrolliert biologischem Anbau einzusetzen.

Die konsequent ökologische Landwirtschaft verfolgt beim Anbau das Ideal der natürlichen Kreisläufe und verzichtet auf den Einsatz von chemischen Ackergiften. Der Öko-Landbau bietet eine klimafreundliche Art der Landbewirtschaftung und schafft durch Humusanreicherung eine CO₂-Senke. „Boden gut machen“ mit ökologischen Rohstoffen ist hier unser Ansatz.³

Im „Bündnis für eine enkeltaugliche Landwirtschaft“⁴ engagieren wir uns für eine ökologische Landwende, damit auch zukünftige Generationen unbelastete Lebensmittel genießen können. In diesem Zusammenhang wurde eine Studie zur Pestizidbelastung der Luft in Auftrag gegeben, die folgende Bilanz zieht:

„Die vorliegenden Ergebnisse resultieren aus der bislang umfassendsten Studie zur Erfassung der Pestizid-Belastung in der Luft in der Bundesrepublik Deutschland. Die Daten zeigen, dass innerhalb eines Jahres Standorte ohne Pestizid-Belastung in der Luft sehr unwahrscheinlich sind. Anzahl und Zusammensetzung der nachgewiesenen Wirkstoffe sowie die Höhe der Belastung hängen vom Standort, aber auch von den Eigenschaften der Wirkstoffe selbst ab. Die Belastung ist im Allgemeinen dort höher, wo eine intensive Ausbringung von Pestiziden zu vermuten ist. Der Abstand zur nächsten potenziellen Quelle hat nur wenig Einfluss. Daher muss auch dort, wo Pestizide nicht ausgebracht werden, mit einem umfassenden Cocktail von Wirkstoffen gerechnet werden. Die Wechselwirkungen dieser Stoffe aus der Luft auf den Menschen sind noch gänzlich unbekannt. Die Ergebnisse mit nicht-biologischen Sammelmedien lassen erkennen, dass Glyphosat weiter in der Luft verbreitet ist als jeder andere untersuchte Wirkstoff. Das Auftreten dieses Pestizids direkt in der Luft wurde in diesem Umfang bislang noch nicht dokumentiert.

- Insgesamt wurden in 163 Proben 152 Wirkstoffe nachgewiesen,
- davon waren 138 Stoffe auf landwirtschaftliche Quellen zurückzuführen.
- Von den 138 gefundenen Wirkstoffen waren 30 Prozent zum jeweiligen Messzeitpunkt nicht mehr oder noch nie zugelassen.“⁵

Im Sinne der Bioökonomie geht es also nicht allein um nachwachsende Rohstoffe, sondern vielmehr um die Verwendung von Rohstoffen aus kontrolliert biologischem Anbau.

Die Produktion

Mit einem firmeneigenen Blockheizkraftwerk (20 kWp), betrieben mit Windgas von Green Planet Energy, und einer Photovoltaik-Anlage (58,5 kWp) erreicht Sodasan einen Autarkiegrad von ca. 60 %. Ergänzend wird die Abwärme bei der Bioseifen-Herstellung über Wärmetauscher in das Heizungssystem zurückgeführt. Der restliche Energiebedarf wird mit zertifiziertem Öko-Strom von Green Planet Energy abgedeckt.

Das Umwelt- und Energiekonzept steht in Hinblick auf Verbesserungen der Umweltleistung unter kontinuierlicher Überprüfung. Trotz aller Anstrengungen zur Reduzierung des Energieverbrauchs⁶ verbleiben unvermeidbare CO₂-Emissionen, die hauptsächlich durch Mobilität (z.B. Geschäftsreisen, Arbeitswege der Mitarbeiter*innen) verursacht werden. Mit dem Job-Rad setzt Sodasan Anreize für das umweltfreundliche Pendeln zur Arbeit, um die verkehrsbedingten Belastungen für Mensch und Natur weiter zu reduzieren.

Für die verbleibenden CO₂-Emissionen unterstützt Sodasan in Kooperation mit PRIMA-KLIMA e.V.⁷ entsprechende Waldaufforstungsprojekte, so dass der Sodasan-Standort nachweisbar klimaneutral ist (de facto ist der Standort klimapositiv, da es unmöglich ist, genau den Neutralitätspunkt zu treffen und mehr kompensiert wird, als zu Klimaneutralität des Standorts erforderlich ist).



Verpackungen / Logistik

Unsere Initiative zur Reduzierung von Plastikmüll betrifft alle produkt- und produktionsrelevanten Verpackungen und verfolgt den Ansatz Reduce – Reuse – Recycle.

Reduce

Zur Optimierung der ökologischen Wirksamkeitsindikatoren der Sodasan Großgebäude wurden im Herbst 2019 diese Gebäude von Plastik-Kanistern auf nachhaltigere Bag-in-Box-Verpackungen umgestellt. In der Produktion von Bag-in-Box (Beutel und Karton) wird signifikant weniger CO₂ ausgestoßen als bei handelsüblichen Kunststoff-Kanistern:

Im Falle der 25-Liter-Kanister / 20 Liter Bag-Box resultieren ca. 78% CO₂-Einsparungen.

Bei 5-Liter Gebinden sind es noch ca. 70%.

Dank des geringeren Volumens der leeren Bag-in-Box Gebinde werden die CO₂-Emissionen in der Logistikkette um etwa 79 % verringert. Mit Bag-in-Box können Verbraucher ihre eigene Abfüllstation „installieren“ und so bis zu 95 % Plastikabfall⁸ vermeiden.

Reuse

Die Sodasan Reiniger-Konzentrate verwandeln die Einweg-Sprühflasche im Handumdrehen in eine Mehrweglösung und sparen dabei ca. 82 % Plastik pro Nachfüllung ein.

Seit 2014 haben wir den Großteil unserer Plastik-Verpackungen auf Recyclat umgestellt und konnten dadurch signifikante Einsparungen von mehreren Tausend Tonnen CO₂ und mehreren Hundert Tonnen Erdöl erzielen.

Logistik

Sodasan arbeitet mit einem örtlichen Spediteur zusammen, der ebenso auf Nachhaltigkeit fokussiert ist. So sind z.B. sämtliche LKW mit Geschwindigkeitsbegrenzern (85 km/h) ausgestattet. Neu angeschaffte Fahrzeuge fahren mit LNG (Liquified Natural Gas) statt mit Diesel.

Abschließend sei angemerkt, dass unter dem Aspekt der Bioökonomie auch Fragestellungen kritisch zu diskutieren sind wie

- die ausreichende Verfügbarkeit von Biomasse,
- ökosoziale Aspekte bei Exploration und Produktion regenerativer Rohstoffe,
- die Entwicklung transgener Organismen.

Zukunftsorientiertes Wirtschaften muss im gesamtgesellschaftlichen Kontext betrachtet werden. Oberstes Ziel des Wirtschaftens ist das Wohl von Mensch und Umwelt. Somit wird die Bioökonomie auch ein integraler Bestandteil des ethischen Wirtschaftsmodells der Gemeinwohl-Ökonomie.⁹

2.5 Nachhaltige Verpackungen – Quo Vadis

Imke Korte¹, Judith Kreyenschmidt^{1,2}, Joana Wensing³, Stefanie Bröring³, Jan Niklas Frase⁴, Ralf Pude⁴, Jessica Rumpf⁵, Thomas Havel⁵, Michaela Schmitz⁵ und Margit Schulze^{5*}

- 1 Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften (ITW)
- 2 Hochschule Geisenheim, Institut für Frischeproduktlogistik
- 3 Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik (ILR)
- 4 Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Pflanzenwissenschaften und Ressourcenschonung (INRES)
- 5 Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften, Institut für Technik, Ressourcen- und Energieeffizienz (TREE)

Lebensmittelverpackungen müssen eine Vielzahl verschiedener Kriterien erfüllen. Dazu gehören u.a. der Schutz bzw. die Konservierung des Verpackungsguts, aber auch Marketing- und Komfortaspekte bezüglich Lagerung und Transport. Dabei werden Lebensmittelsicherheit und qualitätsbezogene Eigenschaften sowie die Reduzierung von Lebensmittelverschwendung angestrebt. Mit einer geeigneten Verpackungslösung kann eine qualitativ hochwertige, sichere (verlängerte) Haltbarkeit entlang der gesamten Lieferkette gewährleistet werden. Ziel ist es, den Verderb von Lebensmitteln vor dem endgültigen Verzehr zu reduzieren bzw. gänzlich zu verhindern (Coelho 2020, Korte 2021).

Um eine längere Haltbarkeit zu erreichen, gibt es verschiedene Verpackungsstrategien. Eine Option besteht im Einsatz von Materialien mit Barrierefunktionen für Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit, die derzeit durch verschiedene fossil-basierte Kunststofffolien garantiert werden. Viele dieser Folien sind komplexe Mehrschichtmaterialien, in der jede einzelne Schicht eine spezifische Funktion erfüllt. Eine andere Strategie ist die Verwendung sogenannter „aktiver“ Verpackungen: Gemäß den Leitlinien der Europäischen Union (EU) zur Verordnung Nr. 450/2009 der Kommission werden aktive Materialien definiert als: „[...] Materialien [...], die dazu bestimmt sind, die Haltbarkeit zu verlängern oder den Zustand verpackter Lebensmittel zu erhalten oder zu verbessern“ (EU 2009, Ilg 2012).

Heute werden etwa 40 % aller im Umlauf befindlichen Kunststoffe für Verpackungen verwendet (Plastics Europe 2019), davon etwa 60 % für Lebensmittel und Getränke, der Rest für Non-Food-Anwendungen. In Deutschland erreichte der Verpackungsverbrauch bei Glas im Jahr 2018 35,0 kg/Kopf, bei Papier 98,5 kg/Kopf und bei Kunststoff 39,0 kg/Kopf (Umweltbundesamt 2020). Kunststoffabfälle stellen aus Sicht des Recyclings eines der komplexesten Materialgemische dar. Darüber hinaus gibt es zunehmend Probleme in Bezug auf Umweltschäden, die hauptsächlich mit der Herstellung der Materialien zusammenhängen. Trotz der negativen Umwelt- und Gesundheitseffekte werden fossile Kunststoffe wegen ihres geringen Gewichts und ihrer geringen Kosten nach wie vor bevorzugt. Um das Problem der negativen Auswirkungen fossiler Kunststoffe auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu bewältigen, müssen bei der Entwicklung und Herstellung von Kunststoffen zukünftig die End-of-Use-Strategien wie Wiederverwendung, Reparatur und Recycling deutlich stärker berücksichtigt werden (EU 2018). Dies führt zu einem Paradigmenwechsel von der linearen zur

Kreislaufwirtschaft. Die Kernprinzipien „take, make, dispose“ einer linearen Wirtschaft werden in einer Kreislaufwirtschaft durch „take, make, re-use“ ersetzt. Die Wiederverwendung umfasst zirkuläre Kriterien wie Reparatur, Aufarbeitung und Recycling (Taleb 2021).

Innerhalb des letzten Jahrzehnts hat die Entwicklung und Förderung nachhaltigerer Materialien eine Schlüsselrolle auf sozialer und politischer Ebene in der EU übernommen (EC 2018).

Zur Umsetzung dieser Strategien verabschiedete die Europäische Kommission 2015 einen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (EC 2019). Dieser Aktionsplan legt den Grundstein für eine neue Kunststoffwirtschaft, die sich mit den Umweltproblemen im Zusammenhang mit Kunststoffen befasst und die Mitgliedsstaaten der EU dazu zwingt, sich auf ein nachhaltigeres Modell für die wirtschaftliche Entwicklung zuzubewegen. Die EU hat den Aktionsplan 2018 mit der „Europäischen Strategie für Kunststoffe in einer Kreislaufwirtschaft“ auf den Weg gebracht. Die Kunststoffstrategie zwingt die Industrie dazu, das Kunststoffdesign und dessen Verwendung, Entsorgung und Recycling innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette zu überdenken (Matthews 2021).

Zentrale Anforderung ist die vollständige Wiederverwendbarkeit und/oder Recyclingfähigkeit aller Kunststoffverpackungen, die bis 2030 auf dem EU-Markt in Verkehr gebracht werden (EC 2018). Darüber hinaus müssen sich Innovationen bei Lebensmittelverpackungen deutlich mehr auf die Aufrechterhaltung der Lebensmittelsicherheit und Haltbarkeit sowie die Reduzierung von Lebensmittelabfällen konzentrieren. Neben aktuellen politischen Vorgaben sind nachhaltige Verpackungen auch für Verbraucher ein wichtiger Aspekt (Wensing 2020). In den letzten Jahren haben sich die Verbraucherpräferenzen zu hochwertigen und sicheren Produkten mit verlängerter Haltbarkeit verlagert; das zeigt sich an neuen Trends bei den Verpackungssystemen (Sharma 2018). Aktive Verpackungen auf Basis von Biopolymeren werden als die nachhaltigere Alternative zu herkömmlichen Verpackungen identifiziert. Die Integration natürlicher Zusatzstoffe hat positive Auswirkungen auf die Qualität und Haltbarkeit des verpackten Produkts (Van den Oever 2017). Um am Markt erfolgreich zu sein, muss dieses innovative Konzept jedoch entlang der gesamten landwirtschaftlichen Lebensmittel-Wertschöpfungskette übernommen werden (Carraresi 2018).

In der Landwirtschaft gibt es bereits vielversprechende Lösungsansätze zur nachhaltigen Produktion von Biomasse für die Bioökonomie. Vor allem auf regionaler Ebene lassen sich nachhaltige Ideen in der Regel schneller umsetzen. So werden mehrjährige, schnellwachsenden Pflanzen, die viel CO₂ binden und wenige Nährstoffe brauchen, als wertvolle Rohstoffe kultiviert, darunter mehrjährige Miscanthus-Gräser, schnell wachsende Hölzer wie Paulownia oder blühende Pflanzen wie Silphium perfoliatum (Abb. 1).



Abbildung 13. Low-input Pflanzen, angebaut am Campus Klein-Altendorf als nachwachsende Rohstoffe zur stofflichen Verwertung, u.a. für biobasierte Verpackungen (v.l.n.r.): Miscanthus x giganteus, Paulownia tomentosa und Siphium perfoliatum. Foto: Katharina Walbrück und Ralf Pude.

Pflanzen dieser Art werden als lignocellulosereiche Biomasse für die Entwicklung neuer Materialien untersucht und getestet (Rumpf 2020, Bergs 2020, Alzagameem 2019). Diese sogenannten „low-input“-Pflanzen erfüllen zahlreiche ökosystemare Dienstleistungen: Sie ermöglichen Bodenruhe und Humusbildung, bieten Erosionsschutz und dienen als Rückzugsgebiet für Insekten (Emmerling 2017).

Um die Akzeptanz seitens der Landwirt*innen für den Anbau von mehrjährigen Pflanzen zu erhöhen, braucht es neben ausreichend Beratung auch sichere Absatzmöglichkeiten. Konkret müssen Landwirte Rohstoffe wie Einjahrespflanzen oder Reststoffe aus der landwirtschaftlichen Produktion (z.B. Melasse, Bagasse) sammeln, verarbeiten und weiter vermarkten. Die Verpackungsindustrie muss nachwachsende Rohstoffe als Rohstoff einsetzen und ggf. auch ihre Produktionsprozesse auf den Einsatz biobasierter und/oder biologisch abbaubarer Polymere als Verpackungskernmatrix umstellen und natürliche Zusatzstoffe in die Verpackungsmaterialien integrieren. Lebensmittelunternehmen müssen bereit sein, mehr für das Verpackungsmaterial ihrer Produkte zu zahlen, und der Verbraucher muss das Konzept der biobasierten aktiven Verpackung akzeptieren (Wensing 2019, 2020). In explorativen Studien, die sich auf Branchenvertreter wie Verpackungshersteller und Lebensmittelunternehmen konzentrieren, wurden mehrere Faktoren identifiziert, die das Adoptionsverhalten beeinflussen. Für die Annahmeentscheidungen der Verpackungshersteller sind demnach zunächst die Marktpreise und die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung biobasierter Polymere und natürlicher Zusatzstoffe relevant. Darüber hinaus müssen entsprechende politische Instrumente umgesetzt werden, um die Forschung und Entwicklung biobasierter Polymere mit natürlichen Zusatzstoffen zu fördern bzw. konventionelle (mehrschichtige) Verpackungssysteme langfristig vom Markt zu nehmen. Verbraucherstudien zeigen, dass die Endakteure in der Wertschöpfungskette sowohl positive als auch negative Assoziationen mit biobasierten Produkten haben. Möglicherweise missverstehen sie das Konzept „biobasiert“. Die Mehrheit der Verbraucher scheint jedoch zu glauben, dass nachhaltige Verpackungen wichtig und nützlich sind. Darüber hinaus belegen die Ergebnisse zweier Studien, dass biobasierte Verpackungen die Präferenzen für das verpackte Produkt zu erhöhen scheinen (Herbes 2018). Tatsächlich zeigen empirische Ergebnisse eines Discrete-Choice-Experiments, dass Verbraucher bereit sind, einen Preisaufschlag für biobasierte Kunststoffverpackungen zu zahlen. Unter Berücksichtigung der Berechnungen deckt dieser Preisaufschlag sogar die Mehrkosten für biobasierte und/oder biologisch abbaubare Kunststoffe gegenüber herkömmlichen Materialien ab (Van den Oever 2017). Lebensmittelunternehmen könnten daher auf Biokunststoffverpackungen umsteigen, ohne mit entgangenen Gewinnen zu rechnen. Darüber hinaus scheinen insbesondere Verbraucher mit hohem Umweltbewusstsein und Innovationskraft biobasierte Kunststoffe gegenüber herkömmlichen Kunststoffprodukten zu bevorzugen (Klein 2019). Produkte, die mit biobasierten Materialien verpackt sind, müssen daher an Einzelhandelsstandorten präsentiert werden, die von dieser Art von Verbrauchern bevorzugt werden (z.B. Bioläden). Da bio- und fossilbasierte Kunststoffverpackungen für Verbraucher jedoch nicht leicht zu unterscheiden sind, müssen die Verpackungen entsprechend gekennzeichnet und Entsorgungsmöglichkeiten klar kommuniziert werden (Klaiman 2016, Wensing 2020).

Zentrales Ziel zukünftiger Entwicklungen muss es sein, auch für biobasierte Verpackungsmaterialien geeignete nachhaltige End-of-Life-Lösungen zu entwickeln: Je nach Art der zugrunde liegenden Rohstoffe müssen biobasierte Verpackungen nach ihrer Verwendung unter geeigneten Bedingungen kompostiert bzw. biologisch abgebaut oder einer stofflichen bzw. energetischen Wiederverwertung zugeführt werden (Matthews 2021, Korte 2021).

2.6 Die Bioökonomie ist nicht allein

Michael Carus

nova-Institut GmbH

Im Kampf gegen den Klimawandel werden große Erwartungen und Hoffnungen an die Bioökonomie geknüpft; gleichzeitig wird sie aber auch kritisch gesehen. Die größten Probleme beim Aufbau einer starken Bioökonomie sind direkte und indirekte Landnutzungsänderungen, die erhebliche Auswirkungen auf den Klimawandel, die Biodiversität und die Ernährungssicherheit haben.

Was könnte hierfür eine Lösung sein? Der am weitesten verbreitete Ansatz ist die Entwicklung umfassender Nachhaltigkeits-Indikatoren, um die Folgen von Landnutzungsänderungen zu ermitteln. Bisher hat es sich allerdings als schwierig erwiesen, konsistente und harmonisierte Systeme zu entwickeln, die schlussendlich auch anwendbar sind; vor allem, weil sich dann Dilemmata ergeben, wenn sich solche Indikatoren im Grundsatz widersprechen. Abgesehen davon hat die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED) in Europa zur Entwicklung und Etablierung verschiedener Biomasse-Zertifizierungen am Markt geführt, die ebenfalls die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien verlangen. Die Anwendung solcher strengen Nachhaltigkeitskriterien für Biomasse hat aber auch zur Folge, dass nicht genügend Biomasse eingesetzt werden kann, um fossile Rohstoffe zu ersetzen, was wiederum erhebliche Auswirkungen auf den Klimaschutz, Biodiversität und Ernährungssicherheit hat.

Dennoch gibt es eine völlig neue und überraschende Lösung, ein "out of the bio-box thinking", indem der Bezugsrahmen erweitert wird. Die Bioökonomie war nie ein Selbstzweck und wurde nie um ihrer selbst willen propagiert – vielmehr wurde sie gefördert, um durch das Ersetzen der fossilen Wirtschaft die Treibhausgasemissionen (THG) in den Bereichen Kraftstoffe, Chemikalien und Werkstoffe zu reduzieren. Der für diese Sektoren benötigte Kohlenstoff sollte dann nicht mehr aus fossilen Quellen im Boden entnommen werden, sondern durch Pflanzen direkt aus der Atmosphäre. Im letzten Jahrzehnt wurde jedoch klar, dass die Bioökonomie dies nicht leisten kann, ohne Ernährungssicherheit und Biodiversität ernsthaft zu gefährden. Aus diesem Grund sehen wir auch eine sehr vorsichtig agierende und sich primär auf biogene Abfallströme konzentrierende europäische Bioökonomiepolitik.

Erfreulicherweise sind in den letzten zehn Jahren neue Technologien entwickelt worden, die weitere Alternativen zum fossilen Kohlenstoff darstellen. Im Verkehrssektor sind Elektromobilität und Wasserstoff-Brennstoffzellen vielversprechende Optionen für die Mobilität der Zukunft. Für die Chemie- und Materialindustrie stellen CO₂-Nutzung (Carbon Capture and Utilisation (CCU)) und Recycling von Kunststoffabfällen bedeutende alternative Kohlenstoffströme dar, die zusätzlichen fossilen Kohlenstoff ersetzen können – und dies bereits tun. Die Bioökonomie ist nicht mehr allein. Zusammen können alle drei erneuerbaren Kohlenstoffquellen – Biomasse, CO₂-Nutzung und Recycling – das gesamte fossile System ersetzen.

Mit der Einführung des chemischen Recyclings können die Grenzen des mechanischen Recyclings überwunden werden, so dass nahezu alle Abfallströme als Kohlenstoffquelle genutzt werden können. Die Nutzung von CO₂, mit Hilfe von grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen, bringt aufgrund der wesentlich höheren Flächeneffizienz und der Möglichkeit der Nutzung von nicht bebaubaren Flächen wie Wüsten, erhebliche Vorteile gegenüber Biomasse, wodurch der Druck auf natürliche Ökosysteme erheblich reduziert werden kann. Außerdem passt die CO₂-Nutzung perfekt zur aufkommenden Wasserstoffwirtschaft.

Die Frage, wie man mit den Zielkonflikten bezüglich der Nachhaltigkeit der Bioökonomie umgeht, hat also eine überraschende Antwort: Das Referenzsystem sollte auf alle alternativen Kohlenstoffquellen ausgeweitet werden. Eine neue, umfassende Strategie für nachhaltige Chemikalien und Materialien muss den langfristigen Kohlenstoffbedarf einbeziehen, der nach einer weitgehenden Dekarbonisierung des Energiesektors noch immer besteht. Außerdem muss sie aufzeigen, wie dieser Kohlenstoffbedarf auf die nachhaltigste Weise gedeckt werden kann – und welche Rolle die Bioökonomie dabei spielt, in verschiedenen Regionen, für verschiedene Anwendungen und Technologien.

Mit Sicherheit wird die Bioökonomie, sowohl kurz- als auch langfristig, auch weiterhin eine wichtige Rolle spielen, denn es wird immer biogene Stoffströme geben, die nur außerhalb des Lebensmittelsektors genutzt werden können. Es wird Bereiche geben, die, ohne in Konkurrenz zur Nahrungsmittelversorgung zu treten, zusätzliche Biomasse produzieren können. Es wird spezielle feinchemische Moleküle geben, die sich am besten aus Biomasse herstellen lassen. Und neben den thermo-chemischen und chemisch-katalytischen Verfahren wird sich die Biotechnologie einschließlich der synthetischen Biologie rasant weiterentwickeln und die Nutzung von Biomasse immer effizienter machen. Darüber hinaus ist die Biotechnologie nicht auf Biomasse beschränkt, sondern wird auch bei der CO₂-Nutzung und enzymatischem Recycling eine wichtige Rolle spielen.

Kohlenstoff-Management

Durch die Erweiterung des Referenzsystems kann die Bioökonomie sinnvoll in eine langfristige Strategie für den zukünftigen Kohlenstoffbedarf im stofflichen Bereich integriert werden und somit das sogenannte Kohlenstoff-Management vereinfachen – eine übergreifende Herausforderung der Zukunft, die auch als hervorragender Rahmen für konstruktive Diskussionen zwischen allen Beteiligten dienen könnte. Wie hoch ist der langfristige Kohlenstoffbedarf von Chemikalien und Materialien, nachdem der Energiesektor weitgehend dekarbonisiert wurde? Und wie kann dieser Bedarf unter Einbeziehung aller alternativen Kohlenstoffquellen so nachhaltig wie möglich gedeckt werden?

Gefragt ist hier eine übergreifende Strategie für ein Kohlenstoff-Management, das auch regionale und anwendungsbezogene Besonderheiten berücksichtigt und gleichzeitig die gleichen Nachhaltigkeits-Anforderungen an alle erneuerbaren Kohlenstoffströme stellt. Eine solche Strategie gibt es bislang noch nicht, ist jedoch unabdingbar, wenn wir den Wandel hin zu erneuerbaren Chemikalien, Materialien und Produkten schaffen wollen.

Nur so lässt sich eine realistische Strategie entwickeln, um fossilen Kohlenstoff vollständig zu ersetzen – und damit das Klimaproblem an der Wurzel zu packen.

2.7 Literatur Teil 2: Best Practice der Bioökonomie

- Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T. & Joosten, H. 2013: The Database of Potential Paludiculture Plants (DPPP) and results for Western Pomerania. – *Plant Div. Evol.* 130: 219–228
- Alzagameem, A.; Bergs, M.; Do, X. T. et al. Low-Input Crops as Lignocellulosic Feedstock for Second-Generation Biorefineries and the Potential of Chemometrics in Biomass Quality Control. *Applied Sciences* 2019, 9 (11), 2252.
- Bergs, M., Do, X.T., Rumpf, J. et al., Harvesting Season Influence on Monolignol Ratio and Linkage in six different *Miscanthus* genotypes. *RSC Adv.* 2020, 10, 10740-10751.
- Bioeconomy policy (part II). Synopsis of National Strategies around the world. A report from the German bioeconomy council. 136 p. Abgerufen am 5.2.2020: https://gbs2015.com/fileadmin/gbs2015/Downloads/Bioeconomy-Policy_Part-II.pdf
- Birner, R. 2018: Bioeconomy Concepts. In Lewandowski, I. 2018: *Bioeconomy, Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy* Springer, p 17 – 38
- BMBF 2020: Lebenswelt Bioökonomie Innovationen für Nachhaltigkeit. Bundesministerium für Bildung und Forschung Projektteam Wissenschaftsjahr 2020 – Bioökonomie. 32 S. https://www.wissenschaftsjahr.de/2020/fileadmin/WJ20/Metanavigation/Download/BMBF_WJ20_Ausstellungskatalog_barr_CPS_RZ.pdf
- Braun-Blanquet, J. P. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, 1964, 865 S.
- Carraresi, L.; Berg, S.; Broering, S. Emerging value chains within the bioeconomy: Structural changes in the case of phosphate recovery. *Journal of Cleaner Production* 2018, 183, 87–101.
- Coelho, P.M.; Corona, B.; Klooster, R. ten; Worrell, E. Sustainability of reusable packaging—Current situation and trends. *Resources, Conservation & Recycling: X* 2020, 6, doi:10.1016/j.rcrx.2020.100037.
- Dahms, T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. 2017: *Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren*. Universität Greifswald, Greifswald Moor Centrum. 73 S. (2. Auflage)
- DBV - Deutscher Bauern Verband. Situationsbericht 2020/2021 - Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Situationsbericht 2020/2021, 2020, 1 – 51.
- Emmerling, C.; Pude, R. Introducing *Miscanthus* to the greening measures of the EU Common Agricultural Policy. *GCB Bioenergy* 2017, 9 (2), 274–279.
- European Commission. *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy* 2018.
- European Commission. *On the implementation of the Circular Economy Action Plan* 2019.
- European Union. Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union* 2009, L135/3.
- Fartmann, T. Die Schmetterlingsgemeinschaften der Halbtrockenrasen-Komplexe des Diehmeltals. *Biozöologie von Tagfaltern und Widderchen in einer alten Hudelandschaft*. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 2004, 66, 1-256.
- Fernando, S., Adhikari, S., Chandrapal, C., Murali, N. 2006. *Biorefineries: current status, challenges, and future direction*. Energy & Fuels, - ACS Publications

Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S. & Joosten, H. 2014. Sphagnum farming in Germany – a review of progress. *Mires and Peat* 13: Art. 8.

Greifswald Moor Centrum 2019. Paludimed GmbH richtet Fläche für zertifizierten Anbau von Sonnentau ein. *Paludikultur-Newsletter I / Juni 2019*, S. 7, https://www.moorwissen.de/doc/newsletter/Paludikultur%20Newsletter%202019_01%20Deutsch.pdf

Herbes, C.; Beuthner, C.; Ramme, I. Consumer attitudes towards biobased packaging - A cross-cultural comparative study. *Journal of Cleaner Production* 2018, 194, 203–218.

Ilg, Y.; Kreyenschmidt, J. Review: Nutzen und Risiken der Anwendung antimikrobieller Werkstoffe in der Lebensmittelkette. *Journal of Food Safety and Food Quality* 2012, 63, 28–34.

Joosten, H. 1998. Peat as a renewable resource: the road to paludiculture. – In: Malterer, T., K. Johnson & J. Stewart: *Peatland Restoration & Reclamation – Techniques and Regulatory Considerations*. International Peat Society, Jyskä, 56-63.

Joosten H, Berghöfer A, Couwenberg J., Dietrich K., Holsten B., Permien T., Schäfer A., Tanneberger F., Trepel M. & Wahren A. 2015. Die neuen MoorFutures® -Kohlenstoffzertifikate mit ökologischen Zusatzleistungen. *Natur und Landschaft* 90(4): 170-175.

Klaiman, K.; Ortega, D.L.; Garnache, C. Consumer preferences and demand for packaging material and recyclability. *Resources, Conservation and Recycling* 2016, 115, 1–8.

Klein, F.; Emberger-Klein, A.; Menrad, K.; Moehring, W.; Blesin, J.-M. Influencing factors for the purchase intention of consumers choosing bioplastic products in Germany. *Sustainable Production and Consumption* 2019, 19, 33–43.

Kölsch, L. & Czybulka, D. 2016. The legal framework. In Wichtmann et al. 2016: *Paludiculture – productive use of wet peatlands*. Pp 143 – 149, Schweizerbart Science publishers

Korte, I.; Kreyenschmidt, J.; Wensing, J. et al. Can Sustainable Packaging Help to Reduce FoodWaste? A Status Quo Focusing Plant-Derived Polymers and Additives. *Appl. Sci.* 2021, 11, 5307.

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Flächenentwicklung in Nordrhein-Westfalen – Berichtsjahr 2020. *Jahresberichte Flächenbericht 2020, 2021*, 1 – 6.

LM MV (Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern) 2017. Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin. 98 p. <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Umwelt/Nachhaltige-Entwicklung/Schutz-und-Nutzung-der-Moore-in-MV/?id=15227&processor=veroeff>

Matthews, C.; Moran, F.; Jaiswal, A.K. A Review on European Union's Strategy for Plastics in a Circular Economy and its Impact on Food Safety. *Journal of Cleaner Production* 2021, 283.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (MUKE) & Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLRV) Baden-Württemberg 2019. *Landesstrategie nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg*. 38. S. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft und Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart

- Neubert, J. & S. Wichmann 2019. Ein Paludikultur-Projekt vorgestellt: „Paludi-PRIMA - Paludikultur in die Praxis bringen: Integration – Management – Anbau“. Paludikultur-Newsletter II, S. 5 – 7
- Nordt, A., Abel, S., Eberts, J., Hoffmann, T., Kost, A., Lampe, M., Peters, J., Wichmann, W. 2020. Machbarkeitsstudie Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt in der Leader-Region „Kulturlandschaften Osterholz“. Micheal Succow Stiftung im Auftrag des Landvolks Niedersachsen Kreisverband Osterholz e.V. <https://www.landvolk-ohz.de/aktuelles/leader-f%C3%B6rderung/>
- Plastics Europe. Plastics - the Facts 2019: An analysis of European plastics production, demand and waste data 2019.
- Rumpf, J.; Do, X.T.; Burger, R.; Monakhova, Y.B.; Schulze, M. Extraction of High-Purity Lignins via Catalyst-free Organosolv Pulping from Low-Input Crops. *Biomacromolecules* 2020, 21, 1929–1942.
- Schäfer, A. 2016. Welfare aspects of paludiculture. In: Wichmann, W. et al. 2016. Paludiculture. Schweizerbart Science Publishers. 134 – 142
- Schäfer, L. Potentialanalyse von Wildenergiepflanzen im Projekt GrünSchatz als Larvalhabitat für Tagfalter. Unveröffentlichte Bachelorarbeit der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 2018.
- Sharma, R.; Ghoshal, G. Emerging trends in food packaging. *Nutrition & Food Science* 2018, 48, 764–779.
- Spangenberg, G., Wang, Z-Y. & Potrykus, I. 1959. Biotechnology in forage and turf grass improvement. Springer, 200 p.
- Steffny, H., Kratochwil, A. & Wolf, A. Zur Bedeutung verschiedener Rasengesellschaften für Schmetterlinge (Rhopalocera, Hesperidae, Zygaenidae) und Hummeln (Apidaä, Bombus) im Naturschutzgebiet Taubergießen (Oberrheinebene). *Natur Landschaft*, 1984, 59, 435-448.
- Südbeck, P., Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, T. Schröder, K. & Sudfeldt, C. Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. *Radolfzell*, 2005, 792 S.
- Taleb, M.A.; Al Farooque, O. Towards a Circular Economy for Sustainable Development: An Application of Full Cost Accounting to Municipal Waste Recyclables. *Journal of Cleaner Production* 2021, 280.
- Tanneberger, F., Schröder, C., Hohlbein, M., Lenschow, U., Permien, T., Wichmann, S. & Wichmann, W. 2020. Climate Change Mitigation through Land Use on Rewetted Peatlands – Cross-Sectoral Spatial Planning for Paludiculture in Northeast Germany. *Wetlands* 40, 2309–2320 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01310-8>
- Umweltbundesamt. Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2018: Abschlussbericht 2020, 166.
- Van den Oever, M.; Molenveld, K.; van der Zee, M.; Bos, H. Bio-Based and Biodegradable Plastics: Facts and Figures: Facts and Figures. Wageningen Food & Biobased Research 2017, doi:10.18174/408350.
- Wensing, J.; Carraresi, L.; Broering, S. Do pro-environmental values, beliefs and norms drive farmers' interest in novel practices fostering the Bioeconomy? *J. Environ. Manage.* 2019, 232, 858–867.

- Wensing, J.; Caputo, V.; Carraresi, L.; Bröring, S. The effects of green nudges on consumer valuation of bio-based plastic packaging. *Ecological Economics* 2020, 178, 106783.
- Wichmann, S., Prager, A. & Gaudig, G. 2017. Establishing Sphagnum cultures on bog grassland, cut-over bogs, and floating mats: procedures, costs and area potential in Germany. *Mires and Peat*, 20(3), 1-19.
- Wichtmann, W. & Joosten, H. 2007. Paludiculture: peat formation and renewable resources from rewetted peatlands. *IMCG Newsletter* 2007/3: 24-28.
- Wichtmann, W. & Succow, M. 1996. Sanierung von Niedermooren durch Wiedervernässung und Anbau von Schilf als nachwachsendem Rohstoff. In: W. Orth (Red.) 1996: Erster Berliner Workshop: Repositionspflanzen auf altlastengeschädigten Oberflächen. Projektgruppe Chinaschilf. BQG Bauakademie mbH Berlin. S. 119 - 123
- Wichtmann, W. & Wichmann, S. 2011a. Paludikultur: Standortgerechte Bewirtschaftung wiedervernässter Moore (Paludiculture - site adapted management of re-wetted peatlands). *Telma Beiheft* 4, Deutsche Gesellschaft für Moor- und Torfkunde (DGMT), Hannover, pp 215 - 234
- Wichtmann, W. & Wichmann, S. 2011b. Environmental, Social and Economic Aspects of a Sustainable Biomass Production. *Journal of Sustainable Energy and Environment*. Special Issue 2011. pp 77 - 83
- Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. 2016. Paludiculture –productive use of wet peatlands. *Schweizerbart Science Publishers*, 272 p.
- Wichtmann, W., Bork, L., Dahms, T., Körner, N., Kabengele, G.R., Oehmke, C. Wenzel, M. & M. Barz 2019. Das Projekt Bonamoor. Biomasseproduktion und Optimierung auf nassen Moorstandorten und deren thermische Verwertung. *Proceedings zum 13. Rostocker Bioenergieforum*. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen. Band 87. Universität Rostock. S. 135 - 145
- Wilmanns, O. *Ökologische Pflanzensoziologie*. Heidelberg, 1989.
- Xiu, S. & Shahbazi, A. 2015. "Development of Green Biorefinery for Biomass Utilization: A Review." *Trends in Renewable Energy*, 1(1), 4-15. DOI: 10.17737/tre.2015.1.1.008

3 Teil 3: Rahmenbedingungen und Leitplanken für eine nachhaltige Bioökonomie

3.1 Der erste Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie¹⁸

Stefan Bringezu

Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel

Der Bericht wurde in Kooperation zwischen der Universität Kassel (Center for Environmental Systems Research, CESR) und dem Thünen-Institut erstellt. Seine Erstellung war Teilaufgabe des vom BMBF geförderten Projekts SYMOBIO, dessen Partner wesentliche Inhalte beigetragen haben.¹⁹ Auch ein Beitrag von Fraunhofer-ISI ist enthalten. Insgesamt werden ausgewählte Ergebnisse dreier Ressortfördermaßnahmen (BMEL, BMWi, BMBF) zur Entwicklung des Monitorings dargestellt.

Worum es im Wesentlichen geht

- Der Pilotbericht gibt einen ersten Überblick über wesentliche Merkmale und Trends der deutschen „biobasierten Ökonomie“.
- Der Bericht beleuchtet die Stoffströme durch die Wirtschaft, sozioökonomische Trends und die Umweltbelastungen im In- und Ausland.
- Fünf ökologische Fußabdrücke von Produktion und Konsum werden im Zeitverlauf abgebildet.

Die Bioökonomie birgt Chancen und Risiken. Ein regelmäßiges Monitoring könnte die verschiedenen Ausprägungen beleuchten und jene Trends im Auge behalten, die für eine nachhaltige Entwicklung entscheidend sind.

Welche Ergebnisse stechen hervor?

Die Klimabelastung durch die Bioökonomie ist höher als ihr Beitrag zu Wertschöpfung und Beschäftigung. Der Klimafußabdruck des deutschen Konsums biomassebasierter Produkte beträgt knapp ein Fünftel (18 %) des gesamten Klimafußabdrucks und wird bei anhaltenden Trends weniger stark abnehmen.

60% des in Deutschland angebauten Getreides werden verfüttert. Der Konsum landwirtschaftlicher Produkte hat den größten Anteil der Klimagasemissionen der Bioökonomie. Mehr als die Hälfte davon wird durch Fleisch- und Molkereiprodukte verursacht.

Deutschland hat 2015 weltweit für seinen Konsum mehr als 50 Mio. Hektar Agrarfläche belegt. Zum Vergleich: Unsere inländische Landwirtschaftsfläche umfasst 17 Mio. Hektar (die Gesamtfläche Deutschlands beträgt 36 Mio. Hektar). In den 2000er Jahren hat Deutschland durch seine Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Futtermitteln und Bioenergie erheblich zur Umwandlung von Naturflächen in anderen Regionen beigetragen. Artenreiche Gebiete wurden in Agrarland umgewandelt.

¹⁸ Der Kurzbeitrag geht im Wesentlichen auf einen Online-Beitrag zum Wissenschaftsjahr zurück: <https://www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/aktuelles-aus-der-biooekonomie/koepfe-des-wandels/erster-bericht-zum-monitoring-der-deutschen-biooekonomie> [Zugang 10. Nov. 2021]

¹⁹ Der Pilotbericht ist frei verfügbar: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/11591>
Die Ergebnisse des SYMOBIO-Projekts sind hier zu finden: <https://symobio.de>

Was ist überraschend?

Der Agrarfußdruck dürfte sich bis 2030 durch geänderte Konsummuster verringern. Insbesondere werden weniger Weideflächen in Anspruch genommen werden, weil die Menschen weniger tierische Produkte konsumieren. Die pro Person belegte Ackerfläche wird 2030 jedoch immer noch über dem globalen Durchschnitt liegen.

Deutschland importierte 2015 agrarische Güter, deren Kulturpflanzen bewässert werden, zu 42 % aus Gebieten mit hohem Wasserstress (starker Wasserknappheit). Der Umfang des Wasserfußabdrucks dürfte bis 2030 abnehmen, doch dies wird eher in den Regionen mit geringem Wasserstress geschehen als in Gebieten mit hohem Wasserstress. Damit trägt der deutsche Konsum indirekt zur Verstärkung von Wasserknappheit in anderen Regionen bei.

Interessant ist auch, dass wir die Potenziale unserer Wälder besser nutzen könnten, um unseren Verbrauch an Holz auf dem eigenen Territorium zu decken. Ein weiter steigender Export von Holzprodukten wäre jedoch wiederum nur mit steigenden Importen möglich.

Werden die Erwartungen an die Bioökonomie erfüllt?

Der Anteil der Bioökonomie an der Beschäftigung liegt bei ca. 10 %, der Anteil an der Bruttowertschöpfung bei 5 bis 8 %. Damit erfolgt Beschäftigung in der traditionellen Bioökonomie eher mit unterdurchschnittlichen Einkommen.

Sozioökonomische Potenziale sind eher im Bereich der Biotechnologie und in Verbindung mit der Digitalisierung zu erwarten. Die Effekte von Innovationen in diesen Bereichen lassen sich bislang jedoch noch nicht richtig messen.

Positiv zu vermerken ist, dass die Holzwirtschaft wesentlich zur Kreislaufwirtschaft beiträgt. Über die Hälfte des Einsatzes von Holzfasern stammt aus Recycling (z.B. über Altpapier) und Reststoffen der Verarbeitung (z.B. Sägespänen). Dies kann gleichwohl noch gesteigert werden.

Welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus dem Bericht?

Nicht nur die Produktion in Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei, sondern auch die Verwendung in Industrie und beim Endverbrauch müssen nachhaltig gestaltet werden. Die laufenden politischen Aktivitäten in Richtung Ressourceneffizienz und Klimaschutz sollten verstärkt werden.

Die ökologischen Fußabdrücke (Material, Land, Wasser, Klimagasemissionen) von Produktion und Konsum der Bioökonomie und der Gesamtwirtschaft sollten auch künftig erfasst und regelmäßig berichtet werden. In den Bereichen, in denen Deutschland im weltweiten Vergleich über die Stränge schlägt, sollte gegengesteuert werden. Das betrifft aktuell Produktion und Verbrauch landwirtschaftlicher Güter insgesamt und insbesondere von tierbasierten Produkten.

Verabschieden sollten wir uns von der Vorstellung, dass möglichst viele mineralische Rohstoffe durch nachwachsende ersetzt werden sollten. Dazu ist der Planet zu klein. Die Zukunft liegt in der effizient kombinierten Nutzung biotischer und nicht-biotischer Ressourcen.

Wo gibt es ausführlichere Informationen?

- Zentrale Ergebnisse zu Ergebnissen und Methodik der Fußabdruckanalyse sind hier zu finden: Bringezu et al. (2021): Environmental and socioeconomic footprints of the German bioeconomy, <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00725-3>

3.2 Brasilien – Großmacht der Bioökonomie

Thomas Fatheuer²⁰

Forschungs- und Dokumentationszentrums Chile-Lateinamerika (FDCL)

Brasilien ist ohne Zweifel ein großer Player in der Welt der Bioökonomie. Dies beruht primär auf der Bedeutung der Agrarproduktion, die als Grundlage für Bioenergie und Bioplastik dient. Ein zweiter Zugang zu Bioökonomie bezieht sich auf Amazonien, hier geht es eher um die Entwicklung einer spezifischen regionalen Wirtschaft, die die Nutzung der Biodiversität einschließt. Dies soll aber im Folgenden nicht behandelt werden, sondern primär die Verbindung von Bioökonomie mit dem brasilianischen Agrarmodell. In den offiziellen Stellungnahmen liest sich das so:

„The bioeconomy has been seen as a great opportunity for the Brazilian agriculture sector to use and improve its full potential for producing food, fibres, energy and new products [...] . From the point of view of energy production from biomass, Brazil has great potential to lead the world market, not only with power generation, but mainly in the biofuels sector. Ethanol is a biofuel present in the Brazilian energy matrix before the 1930s [...] . It is clear, therefore, that the capacity to produce bioenergy at scale, the multifunctionality of agriculture linked to the abundance of natural resources derived from biodiversity, makes Brazil one of the main protagonists of the global bioeconomy. According to Embrapa, one of the main trends in the country is the use of biomass as a raw material for the development of bioproducts and bioindustries, with potential for application in several sectors of the economy“ (EMBRAPA 2021)²¹

Aber es blieb in den letzten Jahren nicht nur bei der Beschwörung des enormen Potentials, Brasilien hat eine Reihe von Initiativen und Programmen entwickelt, um die Bioökonomie zu fördern:

2011: Die Brazil Biotech Map 2011, ein Mapping aller Unternehmen, die zum Bereich Bioökonomie gezählt werden können

2018: Der Action Plan on Science, Technology and Innovation in Bioeconomy (Bioeconomics) (PACTI Bioeconomy)

2020: Das National Bio-input Program des Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, (MAPA). Ziel dieses Programmes ist es, die Entwicklung neuer Technologien für Produktionsketten im Bereich Landwirtschaft, Viehhaltung und Aquakultur zu fördern (MAPA 2020).

Auch Deutschland engagiert sich in Brasilien im Bereich Bioökonomie und begründet dies folgendermaßen:

„In Brasilien werden große Mengen an nachwachsenden Rohstoffen wie Zuckerrohr, Soja oder Holz angebaut. Die langjährigen Erfahrungen Brasiliens bei der Herstellung und Nutzung von Ethanol als Biotreibstoff sind für Deutschland wichtig.“ (IB 2021).

Es sind die Produkte der Agroindustrie, die Brasilien als Bioökonomiemacht konstituieren, und in diesem Kontext hat der Zucker-Ethanol-Komplex einen herausragenden Stellenwert.

²⁰ Thomas Fatheuer hat viele Jahre in Brasilien gelebt und gearbeitet. Zuletzt hat er das Büro der Heinrich Böll Stiftung in Rio de Janeiro geleitet. Seit 2010 wieder in Deutschland, ist er u.a. im Vorstand des Brasilien-netzwerkes Kobra und als Mitarbeiter des Forschungs- und Dokumentationszentrums Chile-Lateinamerika (FDCL) aktiv.

²¹ Info unter: <https://www.bioeconomy-news.com/2021/01/an-overview-of-the-bioeconomy-in-brazil/>

Er bietet damit die Möglichkeit, einen etablierten und entwickelten Zweig der Bioökonomie in Operation zu sehen, sowie Erfolge und Probleme zu analysieren.

3.2.1 Bioplastik – ein grünes Versprechen

Ein Bereich, in dem die Bioökonomie in den letzten Jahren Sichtbarkeit erlangte und für Verbraucher*innen greifbar wurde, ist die Verwendung von Bioplastik. Viele Firmen werben nun mit „grünem Plastik“ als nachhaltiger Alternative. Ein gutes Beispiel bietet Tetra Pak, immerhin der Weltführer für Verpackungen von Lebensmitteln und ein Markenname, den alle kennen. Die Firma hat eine Linie von pflanzenbasierten Verpackungen mit dem Namen Tetra Rex herausgebracht, die auf Zuckerrohrbasis hergestellt werden, Lieferant dafür ist der brasilianische Konzern Braskem, Weltführer im Bereich der Herstellung von pflanzenbasiertem Plastik. Auch die deutsche Firma rose plastic, nach eigenen Angaben weltweit die Nr. 1. für Hartkunststoff-Verpackungen, wirbt mit dem Einsatz von Bioplastik (HDPEs) auf der Basis von Zuckerrohr und verbindet dies mit einer interessanten Begründung: „Zuckerrohr hat einen viel höheren Ertrag (L/Ha - Liter pro Hektar) als Mais und Getreide und ist damit ein hocheffizienter Rohstoff für die Herstellung von Ethanol. (...) Zuckerrohr gilt als anspruchslose Kulturpflanze in Bezug auf die Qualität der Anbauflächen.“²²

Auch wenn sich nicht genau ermitteln lässt, wie groß der Anteil von Zuckerrohr im Bereich Bioplastik ist – klar ist, dass Zuckerrohr ein zentraler Rohstofflieferant für die Industrie ist und Brasilien mit der Firma Braskem den Weltmarktführer in diesem Bereich stellt.

3.2.2 Ethanol – hat die Zukunft erst begonnen?

Auch wenn Bioplastik große Aufmerksamkeit erzeugt und Bioökonomie in den öffentlichen Fokus rückt – der größte Teil des zu Ethanol verarbeiteten Zuckers landet im Tank. Brasilien ist somit sowohl eine Ethanol- wie eine Zuckerrohr-Supermacht. Die weltweite Ethanolproduktion wird durch zwei Staaten beherrscht: die USA mit Ethanol auf Maisbasis und Brasilien mit Ethanol (weitgehend) auf Zuckerrohrbasis. 2020 produzierten die USA 59 Milliarden Liter, Brasilien 35 Milliarden, die beiden Länder machen allein ca. 83 % der weltweiten Ethanolproduktion aus.

Während die Produktion von Ethanol in den USA in den letzten zehn Jahren nicht weiter gewachsen ist, zeigen die Kurven in Brasilien kontinuierlich nach oben – trotz zahlreicher Krisen. Die 35 Milliarden Liter im Jahre 2020 waren ein Rekordwert. Die Konsolidierung des Markts für Ethanol als Treibstoff ist ein langer und komplexer Prozess, der durch zahlreiche Krisen gekennzeichnet ist. Die Verfügbarkeit von Ethanol zu konkurrenzfähigen Preisen hängt sowohl vom Preis von Zucker als auch vom Ölpreis ab. Nur durch staatliche Regulierung und die Einführung eines Flex Motors, der in beliebiger Mischung mit Benzin und Ethanol betankt werden kann, konnte sich der Markt für Ethanol als Kraftstoff dauerhaft konsolidieren. Entscheidender Hebel dabei war und ist eine obligatorische Beimischung von ca. 25 % Ethanol zum Benzin, die je nach Marktlage erhöht oder gesenkt werden kann, die gesetzlich definierte Bandbreite reicht von 18 % bis 27,5 %.

Brasilien verfügt über große Anbauflächen, eine intensive Produktion, moderne Raffinerien und einen etablierten und regulierten internen Markt, weniger als 10 % der Produktion werden exportiert. Das Land ist also hervorragend aufgestellt für die Zukunft von Ethanol. Denn die gewinnt durch die nun Fahrt aufnehmende Dekarbonisierung der Weltwirtschaft neue Perspektiven. Das allseits verkündete Auslaufen der fossilen Brennstoffe kann im Bereich Verkehr zu verschiedenen Antworten führen. Während in Deutschland der Fokus ganz auf

²² <https://www.rose-plastic.de/de/unternehmen/nachhaltigkeit/kunststoffverpackungen-aus-zuckerrohr>

Elektromobilität gerichtet ist (mit Wasserstoff als umstrittenem Nebenschauplatz), sieht man in Brasilien eine glänzende Zukunft für pflanzenbasierte Treibstoffe. Symptomatisch dafür ist die Strategie von Volkswagen. „Die Zukunft ist das elektrische Hybridauto, das auch mit Ethanol betrieben werden kann. Das ist fundamental für ein Land mit kontinentalen Dimensionen wie Brasilien, das noch keine Infrastruktur für Elektroautos hat“, erklärte Pablo die Si, der Chef von Volkswagen Lateinamerika²³.

Die brasilianische Autoindustrie sieht genau darin die Perspektive für Brasilien. In einer Studie, die verschiedene Szenarien durchspielt, erscheint für Brasilien das Szenario am besten, bei dem Ethanol die entscheidende Rolle bei der Dekarbonisierung des Verkehrs zukommt. Mit weniger Investitionen in Infrastruktur würden 10 % weniger Emissionen als bei dem Szenario erreicht, das auf eine weitgehende Elektrifizierung (über 80 % Elektroautos) setzt²⁴.

Bei solchen Szenarien spielen natürlich Lobbyinteressen eine wichtige Rolle. Aber schaut man auf die Schwierigkeiten in Europa, außerhalb der Städte eine Infrastruktur für Elektromobilität auszubauen, erschien die Option für Ethanol-Hybride durchaus plausibel. Bemerkenswert ist dabei aber, dass die Autoindustrie nicht allein mit Kosten argumentiert, sondern diese Option als besonders effiziente Strategie zur Senkung von CO₂-Emissionen ausgibt. Dazu passt ein weiteres Programm der brasilianischen Regierung – Renovabio. Durch dieses Programm können Ethanol-Hersteller Zertifikate über die CO₂-Reduktionen (CBios) generieren, die dann auf einem Markt gehandelt werden. Bis November 2021 sind ca. 25 Millionen dieser CBios registriert worden, die zu einem Preis von ca. 6,50 Euro gehandelt werden. Wichtigste Käufer sind die Firmen, die das Tankstellennetz in Brasilien betreiben. Sie erfüllen damit ihre Minderungsziele im Rahmen der brasilianischen Klimapolitik. Der Ethanolsektor hat in den letzten Jahren also nicht nur seine Produktivität erhöht, sondern sich auch als Akteur von realen Dekarbonisierungsstrategien aufgestellt und damit das Feld bloßer Klimarhetorik verlassen.

3.2.3 Klimapolitik mit Monokulturen?

Während der Zucker-Ethanolsektor durch die Klimakrise neue Perspektiven sieht und eine glänzende Zukunft herbeireden will, bleiben alte Probleme bestehen oder verschärfen sich sogar noch: Der Anbau von Zuckerrohr beruht auf großflächigen Monokulturen und dem intensiven Einsatz von Agrargiften.

Zuckerrohranbau ist Sache des Agrarbusiness. Die Zahlen sind eindeutig: Während bei Maniok (87 %) und Bohnen (70 %) die Beteiligung von Kleinbauern an der Produktion massiv ist, stellt sie bei Zuckerrohr nur 6 % dar. Das liegt sogar noch unter dem Wert beim Sojaanbau (16 %) Aber selbst im Zuckerrohrsektor stellen kleinbäuerliche Betriebe mit 158.523 die Mehrheit. Ihnen stehen 34.408 Großgrundbesitzer gegenüber. Zuckerrohr ist damit ein Spiegelbild der Struktur des Landbesitzes in Brasilien. Großgrundbesitzer machen nur 0,91 % aller landwirtschaftlichen Betriebe aus, aber sie besitzen 45 % des Landes. 47 % aller Betriebe besitzen jeweils weniger als zehn Hektar Land und ihnen gehören nur 2,3 % des Landes (s. Fatheuer 2019:19). Zu diesem Modell gehört auch der massive Einsatz von Agrargiften (agrotóxicos). Nach Soja ist Zuckerrohr der Sektor, der am meisten agrotóxicos einsetzt.

²³ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/08/futuro-da-frota-e-o-hibrido-eletrico-com-etanol-diz-presidente-da-volks.shtml>

²⁴ <https://jornalcana.com.br/etanol-surge-como-protagonista-no-processo-de-descarbonizacao-do-setor-automotivo>

Nach Angaben der Produzentenvereinigung Sindiveg werden 11.7 % der agrotóxicos in Brasilien im Zuckerrohrsektor eingesetzt (ebd.:20). Viele der eingesetzten Agrargifte sind in der EU nicht zugelassen.

Diese Bedingungen der Produktion von „Bioethanol“ sind offensichtlich und kaum zu leugnen und sie sind die Achillesferse bei den Versuchen, den Sektor als „grün“ und „Bio“ zu promoten. Kurioserweise hilft eine problematische Kritik am Zuckerrohranbau dem Sektor bei den Versuchen des Greenwashing. Immer wieder wird in Europa behauptet, der Zuckerrohranbau führe zu einer Vernichtung von Regenwald. Die Zuckerrohrindustrie führt dann an, dass Zuckerrohr in Regenwaldgebieten praktisch nicht angebaut wird – und sie hat Recht. Dies hat sich auch nicht geändert, nachdem durch die Regierung Bolsonaro die Zonierung aufgehoben wurde, die den Anbau in Amazonien ausschloss. Die Zuckerrohrindustrie profitiert dabei von einem verengten Blick auf Brasilien, der ganz auf den Regenwald und Amazonien fixiert ist. Der Umstand, dass Zuckerrohranbau sich im dem artenreichen Ökosystem Cerrado (Baumsteppe) ausdehnt, mobilisiert nicht. Problematisch für den Zuckerrohranbau ist allerdings die Frage, ob die Ausdehnung des Zuckerrohrs in Zentralbrasilien nicht zu Verdrängungseffekten bei der Viehzucht geführt hat. Damit sind wir bei der komplexen Debatte um indirect land use change – abgekürzt ILUC. Unbestreitbar ist, dass es in den letzten zwanzig Jahren eine massive Ausdehnung der Viehzucht in Amazonien gegeben hat. Die Datenlage erlaubt aber bisher nicht, den genauen Beitrag des Zuckerrohranbaus dabei zu bestimmen. Bemerkenswert ist, dass Renovabio ILUC nicht berücksichtigt und damit international (z.B. im kalifornischen CO₂-Handel) nicht handelbar ist.

3.2.4 Doch wieder Mais in den Tank?

Eine immer wieder beschworene Aussicht des Ethanolsektors ist eine neue Generation von Treibstoffen (G2), die auf der Verarbeitung von Pflanzenresten und Lignose beruht, also auf Teilen von Pflanzen, die nicht für den menschlichen Verzehr geeignet sind. Damit will man will man der Teller versus Tank Debatte endgültig entkommen, die zu schweren Imageschäden für den Sektor geführt hat. Nur kommt die Produktion des G2-Ethanol nicht in die Gänge. Zwar gibt es in Brasilien inzwischen zwei Raffinerien, die sich als G2-Produzenten bezeichnen, aber der Anteil an der Produktion bleibt marginal. Stattdessen expandiert eine andere Innovation, die Nutzung von Mais für die Erzeugung von Ethanol. Bisher war die Welt des Ethanol klar aufgeteilt. Mais in den USA, Zuckerrohr in Brasilien, das sich der besseren Energieausbeute beim Zuckerrohr rühmte. Zwar ist der Anteil von Mais an der Produktion von Ethanol mit 8 % noch gering, aber Investitionen und Wachstumsraten sind beeindruckend. Von 660 Millionen Liter im Erntejahr 2018/19 stieg die Produktion auf 2,6 Milliarden Liter im Jahr 2020/21. Für das Jahr 2028 sind 8 Milliarden Liter und ein Anteil von 20 % anvisiert.²⁵

Der Anbau von Mais als Rohstoff für die Ethanolproduktion expandiert vor allem in den Sojaregionen des Bundesstaates Mato Grosso. Mais wird zur Zwischenernte beim Sojaanbau eingesetzt und die Reste der Ethanolproduktion zur Ernährung der Rinderherden. Ethanol perfektioniert hier das auf der Kombination von Viehzucht und Sojaanbau beruhende Produktionssystem.

Es ist eine Ironie, dass sich statt G2 nun das traditionelle Ethanolssystem optimiert hat: Pflanzenreste werden für die Energieerzeugung genutzt. Die hier aufgezeigten Perspektiven für

²⁵ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/08/futuro-da-frota-e-o-hibrido-eletrico-com-etanol-diz-presidente-da-volks.shtml>

die Expansion von pflanzenbasierten Treibstoffen weisen darauf hin, dass in der Bioökonomie die Substitution von fossilen Brennstoffen durch pflanzenbasierte Brennstoffe global noch eine große Zukunft hat. Der Blick auf Brasilien zeigt, dass wir uns von der in Europa eingetretenen Ernüchterung bezüglich Agrartreibstoffen und der Priorisierung der Elektromobilität nicht blenden lassen sollten. Das brasilianische Agrobusiness ist ein mächtiger globaler Akteur, der die Klimapolitik für seine Expansionspläne nutzt und ausbauen will. Eine nachhaltige Bioökonomie kann aber nicht auf einem Modell von Monokulturen beruhen.

3.3 Sechs Gründe warum Öko-Siegel keine gute Idee für die Bioökonomie sind

Peter Gerhardt

Denkhausbremen e.V.

Es gibt sie für Holz, Papier, Palmöl oder Kabeljau: Nachhaltigkeits-Siegel.

Allzu oft sind diese mit großem Tamtam für eine bessere Welt gestartet worden, um hinterher ernüchtert festzustellen, dass Raubbau und Umweltzerstörung einfach weitergehen. Das könnte daran liegen, dass viele dieser freiwilligen Zertifizierungsinitiativen ein paar grundsätzliche Webfehler eingebaut haben. Bleibt zu hoffen, dass Politik, Wirtschaft und Verbände aus Fehlern der Vergangenheit lernen und Öko-Siegel kritisch hinterfragen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die aktuelle Bioökonomie-Debatte. Denn auch hier wird der Ruf nach Öko-Zertifikaten lauter.

Schon heute ist der Globus erschöpft von der Biomasse, die wir ihm abverlangen. Das führt zu überfischten Meeren für Käpt'n Iglo und zerstörten Regenwäldern für Drei-Euro-Hähnchen. Wenn nun in Zukunft fossile Rohstoffe auch noch komplett durch Biomasse ersetzt werden sollen, dann stellt sich mit Recht die Frage, auf welcher Erde das wachsen soll oder welche Umweltverbrechen oder Menschenrechtsverletzungen wir dafür möglicherweise in Kauf nehmen wollen. Auch die globale Ressourcenverteilung könnte in eine noch größere Schieflage geraten. Weil in Industrienationen der nördlichen Hemisphäre nicht genug wächst, um den Turbokonsum stabil zu halten, werden große Mengen Biomasse importiert werden müssen.

Das war auch der Tenor auf dem Global Bioeconomy Summit 2018 in Berlin, einer Art Klusentreffen der Bioökonomie-Branche. Die nötigen Rohstoffe werden demnach auch aus Ländern kommen, in denen korrupte Eliten am Steuerrad sitzen oder ein Menschenleben nur 1000 Dollar kostet. So wie in Brasilien, wo die Aktivistin Rosane Santiago Silveira aus Sicht vieler Umweltschutzgruppen deswegen ermordet wurde²⁶, weil sie sich gegen industrielle Eukalyptusplantagen des Konzerns Suzano engagiert hat.

Es gibt natürlich positive Beispiele, bei denen die Substitution fossiler Rohstoffe durch verantwortungsvoll produzierte Biomasse sinnvoll ist. Wenn Plastik-Gartenstühle durch langlebige Alternativen aus nachhaltigem Holz ersetzt werden, wird niemand etwas dagegen haben. Ebenfalls positiv ist es, wenn sogenannte Schwarzlauge bei der Papierproduktion nicht einfach verbrannt wird, sondern durch bioökonomische Verfahren in Zukunft Ausgangsstoff für Baumaterialien werden kann.

Was liegt also näher, als mit einer Art "Öko-TÜV" nachhaltig produzierte Bioökonomie-Produkte positiv zu kennzeichnen, damit Ware, an der Blut oder Raubbau klebt, gar nicht erst in den Einkaufskorb wandert. Das Praktische daran wäre, dass es Öko-Siegel für Biomasse aus Ackerpflanzen oder Holz bereits gibt. Da liegt der Gedanke nahe, diese existierenden Zertifikate lediglich ein wenig aufzubohren, damit sie auch in einer Bioökonomie funktionieren. Das wäre allerdings keine gute Idee, denn viele dieser Öko-Siegel haben grundsätzliche Webfehler:

²⁶ <https://environmentalpaper.org/2019/03/more-than-50-ngos-call-for-justice-for-rosane-santiago-silveira/>

1. Nachhaltigkeits-Siegel stoppen nicht die Expansion

Auf einen entscheidenden Gesichtspunkt haben Öko-Siegel keinen Einfluss: Palmöl oder Zellstoffplantagen fressen sich immer weiter in die natürlichen Ökosysteme hinein. Die stetige Expansion ist in die DNA der Agrar- und Plantagenkonzerne eingebackten und die dahintersteckenden Kapitalinteressen sorgen für extra Dampf im Kessel. Nachhaltigkeits-Zertifikate sind theoretisch dazu in der Lage, die Anbaubedingungen auf einer definierten Fläche zu verbessern. Obergrenzen für Flächenverbrauch und Anbaumengen steuern sie hingegen nicht. Vielleicht stimmt sogar das Gegenteil. Öko-Siegel steigern möglicherweise die Nachfrage beim Endverbraucher und sorgen dafür, dass die Plantagenkonzerne weiter auf Kosten von Landlosen und Kleinbauern wachsen.

Die Siegel können außerdem nicht verhindern, dass möglicherweise ein Effekt auftritt, der in der Fachdebatte ILUC (indirect land use change / indirekte Landnutzungsänderung) genannt wird. Dahinter steckt die Tatsache, dass die globalen Märkte miteinander verbunden sind. Selbst wenn es gelänge, ein Stück Regenwald im indonesischen Borneo mit einem Öko-Siegel vor dem Kahlschlag durch Palmöl zu schützen, fressen sich die Plantagen dann vielleicht in Uganda weiter in die Natur. Die Nachfrage bleibt ja bestehen und den Konzernen ist es letztendlich egal, woher die Rohstoffe kommen.

2. Am Runden Tisch gewinnt der Stärkere – also fast immer die Konzerne

Viele Zertifikate verfolgen einen sogenannten Multistakeholder-Ansatz, d.h. Gruppen mit einem berechtigten Interesse (engl. Stakeholder) wie Sozialverbände, Betroffene vor Ort, Umweltorganisationen und Unternehmen setzen sich an einen Runden Tisch und einigen sich am Ende auf Prüfkriterien, mit denen alle leben können. In der Theorie ist das ein Kompromiss, bei dem alle Beteiligten ein paar Kröten schlucken müssten. Das klingt erst mal nach gelebter Demokratie, Partizipation und Fairness.

Die Realität sieht dagegen anders aus. Tatsächlich erfordern solche Prozesse enorme Ressourcen wie Personal, Zeit und Zugang zu Informationen. Davon haben vor allem große Konzerne mehr als genug, die am Ende des Tages ihre Interessen zum Beispiel gegen lokale Dorfgemeinschaften aus dem globalen Süden durchdrücken können. Selbst große Umweltorganisationen reiben sich am Verhandlungstisch mit den Multis auf. Wie zum Beispiel beim Holz-Ökosiegel FSC (Forest Stewardship Council), das 1993 mit Hilfe von Umweltverbänden ambitioniert gestartet wurde und mit der Zeit immer industriefreundlicher geworden ist. Entnervt von der Salamtaktik der Industrie, die Standards immer weiter zu verwässern, haben viele große Umweltorganisationen wie Greenpeace mittlerweile den FSC verlassen²⁷. In Brasilien gilt der FSC bei progressiven Aktivisten mittlerweile gar als grüner Handlanger der verhassten Plantagenkonzerne.

3. Stakeholder ≠ Rightholder

Ganz gleich, ob globaler Palmölkonzern, Umweltorganisation mit Hauptsitz in London oder Bauern-Familie am Rande eines Palmölfeldes: Folgt man der Logik vieler Öko-Siegel, handelt es sich bei all diesen Beteiligten um Stakeholder mit einem berechtigten Interesse, die gehört und beachtet werden müssen. Durch diesen begrifflichen Taschenspielertrick, aus allen Beteiligten Stakeholder zu machen, sind die unveräußerlichen Landrechte von lokalen Bauern auf einmal verhandelbar: Rightholder werden zu Stakeholdern degradiert.

²⁷ <https://www.greenpeace.org/international/press-release/15589/greenpeace-international-to-not-renew-fsc-membership/>

In der Praxis führte das dazu, dass Palmöl-Konzerne wie die Wilmar Group, die hunderte Landrechtskonflikte mit der lokalen Bevölkerung austragen, trotzdem das Nachhaltigkeits-Siegel des RSPO (Roundtable on Sustainable Palmoil / Runder Tisch für nachhaltiges Palmöl) tragen dürfen²⁸.

4. Starke Prüfkonzerne – schwache Kontrollen

In der Regel übernimmt eine Zertifizierungsinitiative wie z.B. der FSC nicht selbst die Kontrollen vor Ort, sondern übergibt diese Aufgaben an professionelle Zertifizierer. Das sind dann oftmals globale Prüfkonzerne wie der TÜV oder der weltweite Branchenführer SGS Group mit über 90.000 Mitarbeiter*innen und einem Milliardenumsatz. Dies führt in der Praxis zu der fast unlösbaren Aufgabe, dass eine Initiative wie der FSC mit nur wenigen Mitarbeiter*innen die globalen Aktivitäten großer internationaler Prüfkonzerne überwachen soll.

5. „Race to the bottom“ – das Prüfniveau sinkt stetig

Die Prüfkonzerne stehen in Konkurrenz zueinander und werden außerdem unmittelbar von den Konzernen bezahlt. Dies führt in der Praxis dazu, dass sich solche Prüfer und Prüffirmen durchsetzen, die nicht besonders streng hinschauen und die Regeln im Sinne ihrer Kunden möglichst lax auslegen. Langfristig besteht so die Gefahr, dass die Standards eines Öko-Siegels immer weiter nach unten verwässert werden.

6. Funktioniert nur unter Idealbedingungen zufriedenstellend

Die Siegel haben auch einige Erfolge vorzuweisen. Sogar kritische Umweltgruppen würden einräumen, dass zum Beispiel ökologische Mindeststandards bei FSC-Zertifizierungen in Deutschland zumindestens in die richtige Richtung zeigen. Allerdings kann man hier auch fast von Laborbedingungen sprechen. Deutschland hat eine etablierte Demokratie mit Gewaltenteilung, und Kritik an der Forstwirtschaft kann ohne Gefahr für Leib und Leben geäußert werden. So können die unterschiedlichen Interessen zumindest eingeschränkt bei der Siegelvergabe berücksichtigt werden.

Das gilt aber längst nicht überall. Ein großer Teil der Biomasse kommt aus dem globalen Süden, häufig aus Ländern mit korrupten Regimen und schlecht funktionierenden staatlichen Strukturen. Gerade hier scheitern Öko-Siegel oftmals damit, Raubbau und Menschenrechtsverletzungen zu verhindern. In Ländern wie Brasilien kann es lebensgefährlich werden, im Rahmen einer Zertifizierung Kritik an Konzernen zu üben oder seine Rechte einzufordern. Darüber hinaus sind die Menschen vor Ort weder mit dem Konzept einer Zertifizierung vertraut und werden auch nicht hinreichend über die möglichen Folgen aufgeklärt. Außerdem halten sich die Nachhaltigkeitszertifikate in der Praxis fast nie an die von der UNO entwickelten FPIC-Standards (Free, prior and informed consent / Recht auf freie, vorherige und informierte Zustimmung). Demzufolge sollten lokale Gemeinschaften vor einer möglichen Zertifizierung umfassend informiert werden und auf dieser Basis selbst entscheiden, ob sie dem Prozess zustimmen oder ablehnen.

Wie schon in der Vergangenheit wird die Industrie mögliche Kritik an ihrem Handeln auch im Bereich der Bioökonomie mit freiwilligen Zertifizierungsinitiativen beantworten. Schon heute tummeln sich im Bereich der Bioenergie wenig glaubwürdige Ökosiegel wie das industrie-nahe „Sustainable Biomass Program“. Insbesondere die Entwicklungs- und Umweltverbände sind deshalb gut beraten, diesen grünen Beruhigungspillen bei der Bioökonomie nicht auf den Leim zu gehen.

²⁸ <https://www.spiegel.de/international/world/indonesian-villagers-driven-from-villages-in-palm-oil-land-theft-a-967198.html>

3.4 Bioökonomie und das Recht auf Nahrung

Stig Tanzmann

Brot für die Welt

Situationsbeschreibung zum Recht auf Nahrung

Im vergangenen Jahr hungerten laut Zahlen des SOFI Berichts 2021²⁹ der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) knapp 120 Millionen Menschen mehr als im Jahr zuvor. Insgesamt hungerten wieder ca. 811 Millionen Menschen auf der Welt. Gleichzeitig stieg die Zahl der Mangelernährten, noch deutlicher als die Zahl der Hungernden, um 320 Millionen Menschen auf knapp 2,4 Milliarden an. Dies bedeutet, dass fast jeder dritte Mensch über lange Zeit nicht genügend zu Essen hat und sein Menschenrecht auf Nahrung verletzt ist. In aller Kürze: die Welternährungslage hat sich in den vergangenen fünf Jahren und insbesondere mit der Corona-Pandemie dramatisch verschlechtert. Die Verwirklichung des Rechts auf Nahrung und damit die Erreichung des Sustainable Development Goals (SDG) 2 – „Ernährung sichern, den Hunger beenden“ – sind in weite Ferne gerückt. Der gesellschaftliche Diskurs zur Bioökonomie und insbesondere die politische Gestaltung der Bioökonomie muss angesichts dieser dramatischen Verschärfung der Lage deutlich reagieren. Ein weiter so in der Bioökonomie kann und darf es angesichts der milliardenfachen Verletzung des Rechts auf Nahrung nicht geben. Die Erwartungen an die Bereitstellung von natürlichen Ressourcen für die Bioökonomie, die allzu häufig auch Nahrung sein könnten, sind drastisch zu reduzieren.

Die Corona-Pandemie deckt die Fehlstellungen des Welternährungssystems auf

Schon vor der Corona-Pandemie befand sich die Welt in einer sich kontinuierlich verschärfenden Ernährungskrise. Die Zahl der Hungernden und Mangelernährten nahm über Jahre nicht mehr ab, sondern leicht zu. Dies bedeutet, schon vor der Corona-Pandemie waren die Antworten auf die persistente Welternährungskrise ungenügend und führten zu einer schleichenden Verschärfung der Lage. Wie vom Weltagrarrbericht 2009 angekündigt, war und ist das Business as usual keine Option mehr.

Gerade von der FAO wurde auch begonnen, soweit es möglich war auf diesen negativen Trend mit neuen innovativen Ansätzen und einer stärkeren Förderung von Alternativen zur Grünen Revolution zu reagieren. Deutlich wurde dies mit dem zweiten Agrarökologie Symposium in 2018, auf dem die „Scaling up agroecology Initiative“³⁰ ins Leben gerufen wurde, und mit dem Bericht des Committee on World Food Security (CFS) der FAO zur Agrarökologie von 2019³¹. Ebenso bedeutend war der CFS Prozess zu freiwilligen Leitlinien für nachhaltige Ernährungssysteme³², bis dieser in der Corona-Pandemie und im Schatten des vom UN-Generalsekretär ausgerufenen UN Food Systems Summit (UNFSS) völlig verwässert wurde. Das Ergebnis der extrem langen und zum Ende auch aufgrund der Corona-Pandemie

²⁹ <https://www.fao.org/3/cb4474en/cb4474en.pdf>

³⁰ <https://www.fao.org/3/I9049EN/i9049en.pdf>

³¹ <https://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>

³² https://www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs2021/Documents/CFS_VGs_Food_Systems_and_Nutrition_Strategy_EN.pdf

vor allem virtuellen Verhandlungen war so schwach, dass die Zivilgesellschaft diese Leitlinien stark kritisiert³³.

So sehr die Öffnung der FAO hin zur Agrarökologie von der Zivilgesellschaft und den von Hunger und Mangelernährung Betroffenen begrüßt wurde, so sehr wurde diese von den USA und anderen mächtigen exportorientierten und auf die Agrarindustrie setzenden Staaten wie Australien, Argentinien, Brasilien, Kanada, Neuseeland aber auch den Niederlanden bekämpft.

Spätestens mit der Corona-Pandemie begann 2020 die ganz große Rolle rückwärts. Hatte man mit der Orientierung zu mehr Agrarökologie noch versucht lokale, auch informelle Märkte zu stärken und Versorgung und Vermarktung endlich wieder vermehrt abseits der konzernbasierten und hauptsächlich an zahlungskräftigen Verbrauchern orientierten Wertschöpfungsketten zu denken, wurde in der Pandemie schlagartig vor allem auf die Offenhaltung der konzernbasierten Wertschöpfungsketten fokussiert. Wochenmärkte, Straßenküchen, informelle Märkte, alle wurden geschlossen. Auf einmal war alles zu, was Arme und Hungrige versorgte. Sogar die Schulen, die 350 Millionen Kindern weltweit zumindest eine feste Mahlzeit am Tag garantierten. Aber Supermärkte blieben offen.

Im globalen Norden wurde ganz eindeutig kommuniziert, dass es mit Blick auf die Ernährungsfrage das zentrale Ziel in der Corona-Pandemie war und ist, die globalen Wertschöpfungsketten offen zu halten. Sprich die Versorgung des globalen Nordens und der globalen Oberschicht – also die Versorgung derer, die gut zahlen können – mit all den luxuriösen Lebensmitteln aufrechtzuerhalten, die sie auch vor der Pandemie konsumiert haben.

Diese Maßnahmen, die uns im globalen Norden trotz Pandemie meist weiter volle Supermarktregale beschert haben, haben hunderten von Millionen Menschen auf der Welt nicht erreicht, sondern sie hungern lassen. Darüber hinaus hat der Fokus auf die Wertschöpfungsketten für diejenigen, die zahlen können, viele andere gezwungen, unter gesundheitsgefährdenden Bedingungen weiterzuarbeiten. Allein die Berichte aus Deutschland zu Corona-Ausbrüchen in Schlachthöfen und bei Erntehelfern im Obst- und Gemüsebau sprechen Bände.

Zusammengefasst zeigt die Reaktion auf die Corona-Pandemie im Ernährungsbereich erneut und überdeutlich, dass das Welternährungssystem nicht auf die Verwirklichung des Rechts auf Nahrung ausgerichtet ist. Ziel ist es vielmehr, den globalen Norden und die globale Oberschicht dauerhaft und unter allen Umständen mit allen erdenklichen Lebensmitteln zum Profit der Konzerne der Agrar- und Ernährungsindustrie zu versorgen.

Kritik am Krisenmanagement

Schon sehr früh erkannte die im Komitee für Welternährung (CFS) organisierte Zivilgesellschaft auf Basis von Berichten der Mitgliedsverbände und betroffener Gruppen die heraufziehende und sich drastisch verschärfende Ernährungskrise als Folge des verfehlten Corona-Pandemie Managements. Gleiches gilt für Wissenschaftler, die das CFS beraten. Doch alle Versuche der Zivilgesellschaft, im Rahmen des CFS eine einheitliche und am Recht auf Nahrung statt am Profit orientierte Krisenreaktion der internationalen Staaten auf die coronabedingte Hunger-Pandemie einzufordern, wurden immer wieder abgeblockt.

³³ <https://www.csm4cfs.org/civil-society-indigenous-peoples-new-cfs-voluntary-guidelines-food-systems-nutrition-fail-pave-way-profound-transformation/>

Eine der größten Verfehlungen des von der Zivilgesellschaft auf vielen Ebenen scharf kritisierten UNFSS³⁴ ist sicher, dass er sich nicht explizit und lösungsorientiert mit der von der Corona-Pandemie verschärften Ernährungskrise befasst hat. Obwohl sich die Welternährungskrise während des Prozesses zum Gipfel drastisch verschärfte, lieferte der Gipfel keine Antworten. Noch nicht einmal die von Hunger und Mangelernährung besonders betroffenen Interessengruppen konnte der Gipfel einbinden.

Dafür aber hofierte der Gipfel die Agrar- und Ernährungsindustrie und deren Ansatz der globalen Wertschöpfungsketten. Deutlicher kann das Scheitern eines globalen Gipfels bei der Lösung einer Krise nicht zu Tage treten.

Kritik vom Sonderberichterstatter zum Recht auf Nahrung

Michael Fakhri, in seiner Funktion als UN-Sonderberichterstatter zum Recht auf Nahrung am UNFSS beteiligt, kritisierte den Gipfel nach innen und nach außen deutlich und zeigte immer wieder am Recht auf Nahrung orientierte Lösungsansätze für die Ernährungskrise auf. In seinem ersten Bericht an die UN-Vollversammlung von Juli 2020³⁵ kritisierte er das Agrarabkommen der WTO und damit die Freihandelsbasis des heute bestehenden, konzernbasierten Ernährungssystems deutlich. In seiner Analyse hat das Agrarabkommen der WTO, die Basis der heutigen Agrar- und Ernährungswertschöpfungsketten, menschenrechtlich vollständig versagt und muss durch einen neuen Agrarhandelsrahmen ersetzt werden. Bis dieser verhandelt ist, sollten die alten GATT-Verträge wieder aktiviert werden, um gerechtere Handelsbedingungen für die Staaten des Südens und die von Hunger und Mangelernährung Betroffenen zu erreichen.

In seinem Bericht fordert der Sonderberichterstatter weiter, dass ein neuer globaler Agrarhandelsrahmen auf der Basis des Rechts auf Nahrung und der Agrarökologie stehen muss. Dies ist von zentraler Bedeutung gerade auch für die Gestaltung der Bioökonomie-Politiken und Diskurse. Diese bezogen und beruhten immer und vornehmlich auf den Voraussetzungen des WTO-Agrarabkommens. Gleichzeitig soll zumindest die Bioökonomie-Politik in Deutschland das „Food First“-Prinzip achten – also das Recht auf Nahrung. Wenn die bisherige Agrarhandelsbasis nun nicht mehr konform mit dem Recht auf Nahrung ist, dann muss dies starke Konsequenzen für die Bioökonomie haben. Dies umso mehr als die Bioökonomie immer in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung und dem Recht auf Nahrung steht. Nimmt die Politik ihren Anspruch ernst, der menschlichen Ernährung und dem Recht auf Nahrung Priorität einzuräumen, dann muss sie jetzt handeln.

In seinem zweiten Bericht an die UN-Vollversammlung von 2021 beschreibt Michael Fakhri, wie agrarökologische Märkte aus Sicht der Betroffenen-Gruppen und des Rechtes auf Nahrung aussehen müssten³⁶. Er beschreibt diese als „territoriale Märkte“.

Die folgenden Punkte skizzieren nach Fakhri die Merkmale von territorialen Märkten³⁷

„(a) Begrenzt. Territoriale Märkte sind direkt mit bestimmten lokalen, nationalen und/oder regionalen Lebensmittelsystemen verbunden. Die betreffenden Lebensmittel werden innerhalb eines bestimmten Gebiets erzeugt, verarbeitet, verkauft oder vertrieben und verbraucht. Die Kluft zwischen Erzeugern und Endverbrauchern ist geringer, und die Länge der Vertriebskette ist deutlich kürzer oder sogar direkt.

³⁴ <https://www.csm4cfs.org/call-action-mobilization-challenge-un-food-systems-summit-re-claim-peoples-sovereignty-food-systems/>

³⁵ <https://undocs.org/A/75/219>

³⁶ <https://undocs.org/A/76/237>

³⁷ Übersetzt aus <https://undocs.org/A/76/237>

[Kommentar des Autors zu dieser Definition: Damit stehen territoriale Märkte im fundamentalen Gegensatz zum bestehenden Ernährungssystem, Agrarhandelssystem und dem Wertschöpfungskettenansatz. All diese sind auf globale Märkte ausgerichtet. Sie produzieren und liefern Lebensmittel, die das Ergebnis undurchsichtiger globaler Wertschöpfungsketten sind, oder liefern (hoch)verarbeitete Lebensmittel, die aus einer Vielzahl von Orten bezogen und aus einer undurchsichtigen Vielzahl von Komponenten zusammengesetzt werden.]

(b) Vielfältig. Sie sind inklusiv und diversifiziert, mit einer großen Vielfalt an landwirtschaftlichen und lokalen Lebensmittelprodukten auf dem Markt, die die Vielfalt des Lebensmittelsystems oder der Lebensmittelsysteme des Gebiets widerspiegeln;

(c) Ganzheitlich. Sie erfüllen mehrere wirtschaftliche, soziale, kulturelle und ökologische Funktionen in ihrem jeweiligen Gebiet - angefangen bei der Nahrungsmittelversorgung, aber nicht nur;

(d) Lohnend. Sie sind für Kleinbauern am rentabelsten, da sie ihnen mehr Kontrolle über die Zugangsbedingungen und Preise bieten als die herkömmlichen Wertschöpfungsketten und mehr Autonomie bei deren Aushandlung;

(e) Kreislaufwirtschaft. Sie tragen zur Strukturierung der territorialen Wirtschaft bei, da sie es ermöglichen, dass ein größerer Teil des geschaffenen Reichtums im Gebiet verbleibt und dort umverteilt wird;

(f) Rechtlich. Sie können informell oder formell sein oder irgendwo dazwischenliegen. Informell bedeutet, dass sie nicht besteuert oder lizenziert werden, nicht aber, dass sie illegal sind. Dass sie formeller sind, bedeutet nicht unbedingt, dass ein Markt besser funktioniert. Alle haben in unterschiedlichem Maße Verbindungen zu den zuständigen öffentlichen Stellen und dem Staat durch die Erhebung von Steuern oder durch öffentliche Investitionen;

(g) Eingebettet. Sie umfassen eingebettete Governance-Systeme, d. h. sie funktionieren nach einer Reihe gemeinsamer Regeln, die zwischen Erzeugern, Verbrauchern und den verschiedenen Behörden des betreffenden Gebiets ausgehandelt werden (was manche auch als "verschachtelte Märkte" bezeichnen)

(h) Solidarisch. Sie dienen nicht nur als Orte, an denen Käufer und Verkäufer aufeinandertreffen, sondern auch als Orte, an denen politische, soziale und kulturelle Beziehungen geknüpft und zum Ausdruck gebracht werden und an denen alle Beteiligten in unterschiedlichem Maße voneinander abhängig und solidarisch sind. Das Machtverhältnis zwischen Erzeugern, Verarbeitern, Händlern und Verbrauchern ist eher horizontal. Dies bedeutet, dass die Märkte durch langjährige Vertrauensbeziehungen geprägt sind.“

Abschließende Bewertung: Bioökonomie und Recht auf Nahrung – kann das funktionieren?

Eine zentrale Herausforderung der Bioökonomie ist, wie sie in Einklang mit dem Recht auf Nahrung, Agrarökologie und einer von unten geprägten Ernährungssystemdebatte mit territorialen Märkten kommt. Dies bedeutet: Will die Bioökonomie-Politik nicht weiter mit dem Recht auf Nahrung von knapp 2,4 Milliarden mangelernährten und ca. 811 Millionen hungernden Menschen konkurrieren, sprich die Menschenrechte von Milliarden von Menschen verletzen, dann muss sich als erstes für den Aufbau territorialer Märkte und die Förderung der Agrarökologie einsetzen. In der Konsequenz kommt sie dann an einer Reform des Agrarhandelssystems nicht vorbei. Gleichzeitig muss sie den rechtbasierten und ergebnisoffenen Dialog mit den Betroffenen von Hunger und Mangelernährung suchen. Ergebnisoffen bedeutet eindeutig: Es ist mehr als unwahrscheinlich, dass der Bioökonomie kurzfristig die gleiche natürliche Ressourcenbasis wie heute zur Verfügung steht.

Das Recht auf Nahrung zu verwirklichen, bedeutet für die Bioökonomie: Bevor man Mais zu Plastik oder Sprit macht, oder bevor man überhaupt überlegt, Zuckerrohr anzubauen, muss erst der Hunger von 811 Millionen Menschen gestillt und die Mangelernährung von knapp 2,4 Milliarden Menschen überwunden sein. Eine wahrlich große Herausforderung. Für die Wirtschaft und die Politik bedeutet dies im Zuge der Bioökonomie eine ernsthafte Auseinandersetzung und Implementierung von De-Growth Konzepten. Vieles von dem, was technisch geplant wird und machbar erscheint, ist menschenrechtlich schwer umsetzbar.

Gleichzeitig macht das Konzept der territorialen Märkte auf Basis von Recht auf Nahrung und Agrarökologie deutlich, dass die Bioökonomie menschenrechtlich funktionieren kann, wenn sie sich flexibel an die regionalen Gegebenheiten anzupassen und auf einer biodiversen Rohstoffbasis zu operieren lernt. Ein globales Sourcing von z.B. Zuckerrohrsaft für den deutschen Bioökonomiemarkt wird es auf Basis des Rechts auf Nahrung wahrscheinlich nicht geben können. Vielmehr wird es sehr diverse Rohstoffe für eine lokale Produktion geben müssen. Zusätzlich muss sich die Bioökonomie bewusst machen, dass sie eine Überschusswirtschaft ist. Gibt es keine Überschüsse, dann müsste die Bioökonomie auch einmal Monate oder Jahre auf einen neuen Produktionszyklus warten.

Ein Mensch braucht zur Erfüllung seiner Rechte drei Mahlzeiten am Tag. Eine Fabrik zur Produktion von Bioplastik oder Treibstoff muss auch einmal Tage oder Monate stillstehen können. Daher muss sehr sorgfältig geplant werden, was wie auf der Basis von Bioökonomie produziert wird. In jedem Fall sollten ihre Produkte sehr langlebig sein, nur dann kann Bioökonomie sinnvoll und menschenrechtlich funktionieren.

3.5 Bioökonomie und Ressourcenschutzrecht

Nadja Salzborn

Umweltbundesamt

Der folgende Text gibt im Wesentlichen einen Impulsvortrag der Autorin auf dem Workshop „Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit“ der Internationalen Naturschutzakademie auf der Insel Vilm im September 2021 wieder. Ziel des Vortrages war es, einen Blick auf die Frage zu werfen, inwieweit die Forschung des Umweltbundesamtes zum Ressourcenschutzrecht, insbesondere zu einem Ressourcenschutzgesetz des Bundes Ideen und Schlüsse für die Debatte um eine nachhaltige Bioökonomie zulässt. Die von der Autorin angestellten Überlegungen sind erste Ideen und bedürfen der weiteren Vertiefung.

Das aufstrebende Wirtschaftsfeld der Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit zu betrachten, ist aus Gründen des Klimawandels, der Ressourcenschonung und der Erhaltung der Artenvielfalt und Biodiversität (um nur die zentralen betroffenen Umweltbelange zu nennen) zwingend notwendig. Die Bundesregierung möchte dieser Aufgabe mit ihrer Bioökonomiestrategie³⁸ Rechnung tragen. Das setzt voraus, dass in der Sache eine fachlich fundierte Vorstellung davon existiert, was nachhaltige Bioökonomie ist und wie deren grundsätzliche Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zu definieren sind. Mit dieser Frage beschäftigen sich mittlerweile zahlreiche Forschungsinstitutionen und -projekte. Dies ist angesichts der Komplexität des Themas auch notwendig und zielführend. Diese wissenschaftliche Befassung kann nur ein erster Schritt sein. Darüber hinaus stellen sich weitere gesellschaftliche, ethische und wirtschaftliche Fragen.

Bei der Forschung zu einer nachhaltigen Bioökonomie kommt man zudem nicht umhin, auch nach der Regulierung einer solchen zu fragen. Dabei sind verschiedene Rechtsbereiche tangiert, manche sogar unmittelbar und im Kern betroffen.

Denkt man an den nachhaltigen Einsatz von Biomasse für Bioenergie, bewegt man sich nutzungsbezogen im Energie- und Klimaschutzrecht, produktionsbezogen im Agrarumweltrecht und – global gedacht – im Bereich der Lieferkettenregulierung und des Welthandelsrechts einschließlich der Freihandelsabkommen. Die Herstellung, Nutzung und Verwertung biobasierter Produkte wiederum ist weitgehend Gegenstand des Kreislaufwirtschaftsrechts, wobei damit nicht die Frage beantwortet ist, ob das Rechtsregime der Kreislaufwirtschaft die damit verbundenen Problematiken ausreichend erfasst. Das Kreislaufwirtschaftsrecht findet jedenfalls grundsätzlich auch bei einer nicht auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft Anwendung. Vermeidungs-, Verwertungs- und Rücknahmepflichten und generell das Schließen von Stoffkreisläufen sollten bei einer verstärkt biobasierten Wirtschaft sogar besser funktionieren. Auch das Stoffrecht findet Anwendung: Hauptziel des Chemikalienrechts ist es u.a. gefährliche Stoffe durch weniger gefährliche Stoffe aufgrund entsprechender Substitutionspflichten zu ersetzen. Auch dies dient dem Schutz von endlichen Primärrohstoffen und soll negative Umweltfolgen durch deren Gewinnung, Verarbeitung und Nutzung reduzieren helfen.

Geht man von den durch bioökonomische Aktivitäten betroffenen Schutzgütern Biodiversität, Klima und den natürlichen Ressourcen einschließlich der Fläche aus, so wird deutlich, dass es bisher jedenfalls kein Biomasserechtsregime in einem engeren Sinne gibt, sondern dass

³⁸ <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/nationale-bioeconomie-strategie.html>

verschiedene Rechtsbereiche wie Klimaschutzrecht, Ressourcenschutzrecht, Naturschutzrecht und das Agrarumweltrecht gemeinsam eine Lösung finden müssen. Diese verschiedenen Handlungsfelder regeln bisher jedoch nur Teilaspekte und sind nicht konsistent. Es stellt sich also die rechtswissenschaftliche Frage, ob es eines eigenen Rechtsregimes bedarf und inwieweit es Anpassungen im bestehenden Recht bedarf.

So, wie es bisher kein Biomasserechtsregime i.e.S. gibt, ist auch der Begriff eines Bioökonomierechts bislang nicht allgemeingebäuchlich in der Rechtswissenschaft, wird aber ins Spiel gebracht³⁹. Die Unterscheidung in Bioökonomierecht i.e.S. (alle Rechtsnormen, die sich unmittelbar auf die einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette beziehen) und i.w.S. (alle Rechtsnormen, die sich auf die Bioökonomie auswirken ohne sie direkt zu adressieren, z.B. Klimaschutzrecht, Chemikalienrecht, Kreislaufwirtschaftsrecht aber auch Förderinstrumente wie das Vergaberecht, Steuerrecht und Subventionsrecht) dient Erwägungen einer besseren systematischen Einordnung der Regelungsmaterie.⁴⁰

Solche Systematisierungsüberlegungen sind hilfreich, da sie die Vielschichtigkeit der Regulierungsaspekte der Bioökonomiediskussion aufzeigen und Schnittstellen, Synergien und Konflikte sichtbar machen. Mit diesem Ziel hat seinerzeit das Umweltbundesamt auch zum Ressourcenschutzrecht geforscht⁴¹. Die Parallelen sind deutlich. Es gibt übergreifende politische Handlungsanforderungen: hier die enorme Ressourceninanspruchnahme mit ihren ökologischen und sozialen Folgen, dort der gesteigerte ökonomische Druck auf den Biomasseanbau und die Biomasseverwendung mit ihren ebenfalls weitreichenden und zum Teil unerwünschten sozial-ökologischen Folgen. Die Politik reagiert mit Forschungs- und Handlungsprogrammen: hier das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm I bis III (kurz ProgRess I bis III)⁴², dort die Bioökonomiestrategie der Bundesregierung aus 2020⁴³. Deutlich wird auch: die Bemühungen sind wichtig. Sie sind aber nicht ausreichend, betrachtet man sie im Verhältnis zum Zeitablauf. Im Gegenteil, die beobachteten Probleme werden drängender und größer. Es werden verlässliche, verbindliche und allgemeingültige Lösungen dringend gebraucht. Obwohl dies so ist, hält sich das Engagement des Gesetzgebers allerdings in Grenzen. Hier setzt die Idee eines Ressourcenschutzrechts an.

Die Vorstellung von einem Ressourcenschutzrecht ist nicht wirklich neu. Ähnlich dem Klimaschutzrecht, welches klimaschutzbezogene Regulierungen unter einem Dach (und nunmehr auch unter einem Bundesgesetz, dem Bundes-Klimaschutzgesetz) vereint, geht es darum, gewünschte und bestehende Regulierungen zum Ressourcenschutz unter einem Begriff und vielleicht auch unter einem Gesetz, einem sogenannten Ressourcenschutzgesetz, zusammenzuführen.

Konkret gefragt nach dem Zusammenhang zwischen der Idee eines Ressourcenschutzrechts und -gesetzes und der Debatte zur Bioökonomie bedarf es zunächst der genaueren Darlegung, was Ressourcenschutzrecht ist und was es will.

³⁹ Ludwig, Köck, Tronicke, Gawel, Der Rechtsrahmen für die Bioökonomie in Deutschland, DÖV 2015, S. 41 ff.

⁴⁰ Ebenda, S. 43.

⁴¹ Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/ressourcenschutzrecht> m.w.N. z.B. Sanden, Schomerus, Schulze, Entwicklung eines Regelungskonzepts für ein Ressourcenschutzrecht des Bundes, Erich-Schmidt-Verlag 2012; Roßnagel, Henschel, Rechtliche Instrumente des allgemeinen Ressourcenschutzes, UBA-Texte 23/2017.

⁴² Abrufbar unter <https://www.bmu.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm>

⁴³ Abrufbar unter <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/nationale-bioeconomiestrategie.html>

Gegenstand und Ziel eines Ressourcenschutzes ist, wie der Name schon sagt, der Schutz der natürlichen Ressourcen. Der Ressourcenbegriff ist umweltwissenschaftlich weit zu verstehen und muss für regulatorische Zwecke handhabbar gemacht werden (Schutzgutdefinition). Hier kann ein Ressourcenschutzgesetz helfen, indem es eine allgemeingültige Begriffsbestimmung vorsieht. Der Vorschlag des UBA für ein Stammgesetz zum Ressourcenschutz sieht einen weiten Anwendungsbereich vor⁴⁴. Der Gesetzentwurf erfasst die stoffliche und energetische Nutzung sämtlicher biotischer und abiotischer Ressourcen über die gesamte Wertschöpfungskette (Gewinnung, Verarbeitung, Nutzung, Verbrauch). Biomasse ist also erfasst. Ausgenommen werden nur strömende Ressourcen, wie Wind, Wasserströme, Erdwärme und Sonnenenergie. Sie werden aufgrund ihrer vorherrschenden Funktion als Energielieferanten bereits durch das Energierecht adressiert und aufgrund ihrer hohen Regenerationsrate besteht für sie ein grundlegend anderes Schutzbedürfnis als für andere natürliche Ressourcen. Auch die Fläche kann als Ressource ausdrücklich geschützt werden. Für dieses Schutzgut fehlt es bislang an einer ausdrücklichen fachgesetzlichen Schutzregulierung. Hier kann ein Ressourcenschutzgesetz eine Auffangfunktion haben.

Allerdings wäre das von der Bioökonomie ebenfalls betroffene Schutzgut Biodiversität vom Ressourcenbegriff nicht erfasst, hier bliebe es bei der Forderung, das zuständige Naturschutz- und Agrarumweltrecht stärker zu befähigen. Dazu jedoch weiter unten.

Der Ressourcenschutzgedanke ist bereits in Art. 20 a GG angelegt: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.“ Das Ressourcenschutzrecht setzt dieses Staatsziel um und dient darüber hinaus der (Um)setzung der konkreteren umweltpolitisch definierten Ziele des Ressourcenschutzes, wie sie sich vor allem in den oben bereits angesprochenen Politikstrategien der Bundesregierung finden. In jedem Falle sollte auch die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie⁴⁵ zugrunde gelegt werden. Sie legt Ziele sowohl für den Ressourcenverbrauch (Ziel 8.1) als auch für den Flächenverbrauch fest (Ziel 11.1.a). Diese Ziele sind mit Indikatoren unterlegt, um die Zielerreichung monitoren zu können. Gerade im Bereich der Ressourcenschonung ist die Diskussion über aussagekräftige Indikatoren jedoch noch nicht abgeschlossen. Zudem werden bereits etablierte Indikatoren (z. B. Ressourceneffizienz) stetig weiterentwickelt und verbessert.

Ein Ressourcenschutzgesetz kann diese und andere qualitative und quantitative Ziele verbindlich verankern. Daneben legt es Grundsätze des Ressourcenschutzes fest. Diese gehen über Effizienzanforderungen hinaus und umfassen auch Suffizienzgebote, Ganzheitlichkeitsbetrachtungen und Gebote der Sozialverträglichkeit⁴⁶. Letzteres trägt dem übergeordneten Ziel einer sozial-ökologischen Transformation Rechnung.

Zur Erfüllung der selbst gesetzten Ziele braucht es verbindliche Konkretisierungs- und Monitoringprozesse⁴⁷. Ein Ressourcenschutzgesetz kann die Erstellung eines Ressourcenschutzprogramms mit detaillierten Maßnahmen in einem regelmäßigen Turnus verbindlich festle-

⁴⁴ Domke u.a., Positionspapier Ressourcenschutzrecht, Umweltbundesamt 2013, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/positionspapier-ressourcenschutzrecht>

⁴⁵ Vom 10. März 2021, abrufbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/nachhaltigkeitsstrategie-2021-1873560>

⁴⁶ Domke u.a., Positionspapier Ressourcenschutzrecht, Umweltbundesamt, 2013, S. 11 f.

⁴⁷ Siehe hierzu die Ideen von Roßnagel, Henschel, Rechtliche Instrumente des allgemeinen Ressourcenschutzes, UBA-Texte 23/2017, S. 294 ff.

gen. Für die Aufstellung und Änderung dieser Programme ist dann auch eine Öffentlichkeitsbeteiligung vorzusehen. Die Umsetzung der Ziele und Maßnahmen sollte wissenschaftlich begleitet werden. Der turnusmäßige Monitoringbericht ist dem Bundestag und Bundesrat zuzuleiten.

Es wäre nun für die Weiterentwicklung eines Ressourcenschutzgesetzes mit Blick auf die Bioökonomie zu prüfen, inwieweit auch konkrete oder konkretisierbare Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie bestehen und ob hierfür ein indikatorenbasiertes Monitoring vorgesehen ist oder erarbeitet werden kann. Diese Ziele können dann im Gesetz verankert und damit verbindlich gemacht werden und deren Überwachung in einem überprüfbaren Prozess stattfinden. Denkbar wäre auch die Regulierung allgemein geltender Nachhaltigkeitskriterien für den Anbau und die Nutzung von Biomasse oder die Festlegung einer Nutzungsrangfolge in dem Sinne, dass der Anbau von Nutzpflanzen, die der unmittelbaren Ernährung der Menschen dienen, Vorrang vor Futtermittel- und Energiepflanzenanbau hat. Das sind jedoch inhaltliche und damit politische Entscheidungen.

Eine solche Dachregulierung schafft letztlich ein level playing field für alle Akteure durch verbindliche und nachvollziehbare Zielsetzungen und deren Monitoring, das für alle gleichermaßen gilt. Sie legt nicht nur verbindlich Begrifflichkeiten, Grundsätze und Prozesse fest, die für alle Ressourcen im Anwendungsbereich des Gesetzes gleichermaßen gelten, auch wenn sie in diversen Fachgesetzen⁴⁸ unabhängig voneinander reguliert werden. Sie schafft zudem Raum für die verbindliche Festlegung von Maßnahmen und Instrumenten, soweit solche Fachgesetze noch nicht existieren (Stichwort Fläche und Nachhaltigkeitskriterien für den Biomasseanbau und Biomassenutzung).

Betrachtet man die Wirkungen eines Stammgesetzes in Kombination mit den von der Regelungsmaterie ebenfalls betroffenen Fachgesetzen (s.o.), so lässt sich feststellen, dass ein solches Gesetz einheitliche (!), verbindliche und somit verlässliche Rahmenbedingungen für weitere fachgesetzliche Umsetzungsmaßnahmen schafft, die im Interessen des übergreifenden Zieles, also des Ressourcenschutzes erforderlich sind. Die grundrechtsrelevanten Einzelmaßnahmen und Instrumente werden in den Fachgesetzen verankert, so regeln sie problem- und situationsgerecht Verpflichtungen der Regelungsadressaten, das Ganze jedoch abgestimmt und kohärent unter dem Dach des Stammgesetzes. Verbindliche Ziele erleichtern es zudem dem Vollzug, in Abwägungs- und Ermessenentscheidungen im Einzelfall dem Ressourcenschutz das nötige Gewicht zu verleihen. Hierdurch sollte auch die notwendige Rechtssicherheit für private Investitionen und unterstützende staatliche Förderung geschaffen werden.

Ein Dachgesetz oder Stammgesetz kann – das wird deutlich – nicht davon ablenken, dass es, um Ressourcenschutz und eine nachhaltige Bioökonomie zu erreichen, mutiger und klarer Änderungen vor allem im Fachrecht bedarf. Maßnahmen in politischen Programmen, egal ob diese rechtlich verbindlich vorgesehen sind oder nicht, dürfen sich nicht auf die finanzielle Förderung von potentiell nachhaltigen Investitionen und Forschungen beschränken, auch Absichtserklärungen der Politik helfen nur bedingt weiter. Wie bereits für den Ressourcenschutz gefordert, braucht es eine stärker auf die übergreifenden Ziele ausgerichtete Fachgesetzgebung. So hat das UBA Novellierungsempfehlungen für ein nachhaltigeres Bergrecht

⁴⁸ S.o.: dazu gehören z.B. auf nationaler Ebene das Kreislaufwirtschafts- und Verpackungsgesetz, das Naturschutzrecht, das Agrarumweltrecht, das Energie- und Klimaschutzrecht, das Raumordnungs- und Bauplanungsrecht. Auch das neue deutsche Lieferkettengesetz ist von großer Relevanz für den Ressourcenschutz und eine nachhaltige Bioökonomie (BGBl I 2021, S. 2959 ff.)

vorgelegt⁴⁹ und eine Ökologisierung des Landwirtschaftsrechts begutachten lassen⁵⁰. Das ist aber nur ein Ausschnitt. Deutlich wurde in unserer langjährigen Arbeit zum Ressourcenschutzrecht, dass es eines sehr breiten Regulierungsblickes bedarf: es braucht nicht nur eine Überarbeitung, sprich Transformation des Umweltrechts im engeren Sinne, sondern des gesamten Fachrechts, das die für Ressourcenschutz und Bioökonomie relevanten Wirtschaftsprozesse beeinflusst. Hier ist auch an die europäische und internationale Rechtsordnung und deren Weiterentwicklung zu denken, da beide einen starken Einfluss auf die Weiterentwicklung des nationalen Rechts haben. Auf europäischer Ebene sind beispielhaft die Gemeinsame Agrarpolitik und die ihr zugrundeliegenden Verordnungen⁵¹, die Ökodesign-Richtlinie⁵² und deren Produkt-Verordnungen, die Verpackungsrichtlinie⁵³ und die Erneuerbare-Energien-Richtlinie⁵⁴ zu nennen. Auf internationaler Ebene sind die Diskussionen um eine UN-Plastikkonvention⁵⁵ interessant, aber auch und vor allem das Welthandelsrecht und die Freihandelsverträge haben eine enorme Relevanz für den Ressourcenschutz und eine nachhaltige Bioökonomie.

⁴⁹ Weber u.a., Politikempfehlungen für eine verantwortungsvolle Rohstoffversorgung Deutschlands als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung, Umweltbundesamt 2020, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/politikempfehlungen-rohstoffversorgung>

⁵⁰ Möckel, Köck, u.a., Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft, UBA-Texte 42/2014, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rechtliche-andere-instrumente-fuer-vermehrten>

⁵¹ Zu finden unter: https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_de

⁵² Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbandsrelevanter Produkte.

⁵³ Richtlinie (EU) 2018/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle.

⁵⁴ Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.

⁵⁵ Die UN-Umweltversammlung UNEA 5.2 vom 28. Februar bis 2. März 2022 hat deshalb die Diskussionen darüber auf die Agenda gesetzt. Verschiedene Staaten haben zwei Resolutionsentwürfe vorgelegt. Siehe dazu https://planet-tracker.org/heading-towards-a-global-plastic-treaty/#_edn3

3.6 Gentechnik und Synthetische Biologie in der Bioökonomie

Kristin Hagen

Bundesamt für Naturschutz

Das Politikfeld der Bioökonomie ist maßgeblich aus der Biotechnologie hervorgegangen (vgl. (Meyer, 2017; Patermann & Aguilar, 2018), und Biotechnologie ist ein Eckpfeiler internationaler und deutscher Bioökonomiestrategien. Im Diskurs, der die Bioökonomiestrategien begleitet, ist somit auch die Rolle der Biotechnologie ein wichtiges Thema. Zwei Bereiche der Biotechnologie, die der Gentechnik zuzuordnen sind, sind im Kontext von Bioökonomie und Naturschutz aktuell besonders relevant: Die Synthetische Biologie und die Neuen Gentechniken in der Pflanzenbiotechnologie. Während die Synthetische Biologie eine treibende Kraft v. a. für die fermenterbasierte⁵⁶ Biotechnologie darstellt, ist der Anbau gentechnisch veränderter (GV) Pflanzen im Zusammenhang mit der Biomasse-Produktion zu sehen. Dabei unterscheiden sich die beiden Bereiche sowohl hinsichtlich ihrer potentiellen Umweltwirkungen als auch in ihrem Einfluss auf politische Diskurse.

3.6.1 Gentechnik in unterschiedlichen Bioökonomiestrategien

Der Fokus der Bioökonomiestrategien, die auf unterschiedlichen Organisationsebenen in Politik und Industrie veröffentlicht worden sind, ist unterschiedlich, aber die Biotechnologie – und innerhalb dieser wiederum die Gentechnik – spielt immer eine Rolle (vgl. Backhouse et al., 2017; BÖR, 2015a, 2015b, 2018).

Die erste Bioökonomiestrategie der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) wurde explizit auf Grundlage der Biotechnologie konzipiert: „[...] The continued commercial application of biotechnology could lead to the development of a bioeconomy [...]“ (OECD, 2009, S. 1). Die Gentechnik wurde dabei als entscheidender Fortschritt der Biotechnologie gesehen, z. B. für die Anpassung von Mikroorganismen in der industriellen Biotechnologie oder für die Weiterentwicklung von Pflanzen für die Energiegewinnung (OECD, 2009, Tabelle 2 auf S. 14).

Die Synthetische Biologie wurde erwähnt, aber nicht ins Zentrum gerückt. Die wenige Jahre später veröffentlichte Bioökonomiestrategie der USA (The White House, 2012) hingegen thematisierte ausführlich die Potentiale der Synthetischen Biologie. In Großbritannien wurde die Politikstrategie zur Bioökonomie u. a. innerhalb der Strategie zur Synthetischen Biologie formuliert (vgl. auch BÖR, 2018, S. 102 ff.; Synthetic Biology Leadership Council, 2015).

Die Bioökonomiestrategien auf deutscher und europäischer Ebene rückten hingegen schon früh stärker die sektorübergreifende Verwendung biogener Rohstoffe mit dem Ziel größerer Nachhaltigkeit bei weiterem Wirtschaftswachstum in den Fokus. Zu diesem Zweck sollte wiederum biotechnologische Forschung und Entwicklung gefördert werden, etwa im Rahmen der europäischen Forschungsstrategie zur „wissensbasierten Bioökonomie“ (vgl. Aguilar et al., 2009).

In neueren Veröffentlichungen im Rahmen der Bioökonomiestrategien steht die Biotechnologie oft nicht explizit im Zentrum, aber ihr wird nach wie vor große Bedeutung zugeschrieben. Die revidierte OECD-Bioökonomiestrategie etwa würdigt die Erkenntnisse aus einem

⁵⁶ Bei der fermenterbasierten Biotechnologie handelt es sich um Anwendungen, die in einem geschlossenen System – im Fermenter – stattfinden. In der Regel wird Biomasse mit Hilfe von GV Mikroorganismen in hochwertige Moleküle und Produkte umgewandelt, wie beispielsweise industriell genutzte Enzyme.

Jahrzehnt kritischer Debatten so: „The bioeconomy concept has [...] grown from a biotechnology-centric vision [...]“ (OECD, 2018, S. 11)⁵⁷. Klar bleibt trotzdem: „Biotechnologies, including industrial biotechnology and engineering (or synthetic) biology, remain a big part of the bioeconomy concept [...]“ (ibid.). Auch die Neufassungen der Bioökonomiestrategien in der EU und in Deutschland (BMBF & BMEL, 2020; European Commission, 2018) sind in diesem Sinne zu interpretieren (Lehmann et al., 2020; Lühmann, 2019). So kommt in der deutschen Bioökonomiestrategie von 2020 der Begriff „Gentechnik“ zwar nicht vor, aber der Einsatz gentechnischer Verfahren ist durchaus vorgesehen: „[...] soll die Forschung methoden- und technologieoffen sein und in geschlossenen Systemen auch moderne molekularbiologische Ansätze mit einbeziehen“ (BMBF & BMEL, 2020, S. 27).

Im Plenarprotokoll der Bundestagssitzung, die auf die Veröffentlichung der Strategie folgte, lassen sich einige der in der letzten Legislaturperiode teilweise weit auseinander liegenden Positionen dazu nachvollziehen. Sie reichen von der Forderung, die Bioökonomiestrategie müsse gentechnische Anwendungen erleichtern, bis zu der Position, die Bioökonomiestrategie müsse weniger auf Gentechnik fokussiert sein (2021, S. 25668 ff.). Die verschiedenen Positionen reflektieren einen kritischen Diskurs, in dem auch thematisiert worden ist, dass durch die bisherige Ausrichtung der Bioökonomie eine agrarindustrielle Produktion und Nutzung von Biomasse befördert werden kann, die global asymmetrisch, sozial ungerecht und umweltschädlich ist (Backhouse et al., 2018; Backhouse et al., 2021; Gottwald & Krätzer, 2014; Spangenberg & Kuhlmann, 2020). In diesem Zusammenhang können auch gentechnische Verfahren eine Rolle spielen.

3.6.2 Synthetische Biologie in der fermenterbasierten Bioökonomie

Die industrielle Biotechnologie als ein zentraler Produktionssektor und treibende Kraft der Bioökonomie – hauptsächlich in fermenterbasierten geschlossenen Anlagen – basiert in großem Maß auf klassischer Gentechnik. Zunehmend profitiert der Sektor auch von gentechnischen Verfahren aus dem konvergierend entstandenen Forschungsfeld der Synthetischen Biologie.

Während in der klassischen Gentechnik meist nur einzelne Gene verändert oder neu eingeführt werden, zielt die Synthetische Biologie auf komplexe Veränderungen oder Neugestaltung von Erbgut und Organismen ab⁵⁸. Die Synthetische Biologie ist dabei von einem stark mechanistischen Blick auf Gene, Zellen und Organismen geprägt. Durch Umsetzung ingenieurwissenschaftlicher Prinzipien wie Modularisierung und Standardisierung soll die Konstruktion effektiver biologischer Produktionseinheiten ermöglicht werden, teilweise durch Konstruktion von Genen, die nicht in der Natur vorkommen. Durch Synergien mit den digitalen Technologien und den Nanowissenschaften konnten zudem Automatisierung und Miniaturisierung als wichtige Prozesse in die Synthetische Biologie einfließen. Die ersten Schritte in diesen Prozessen wurden verhältnismäßig schnell umgesetzt (z. B. standardisierte DNA-Komponenten, sog. „BioBricks“). Die komplexere Umsetzung in den Stoffwechselkreisläufen lebender Organismen gestaltet sich jedoch schwieriger (Lorenzo & Schmidt, 2018).

⁵⁷ Zu Deutsch: „Das Konzept der Bioökonomie ist [...] einer auf Biotechnologie zentrierten Vision entwachsen [...]“ (Übersetzung der Autorin).

⁵⁸ Die operative Definition der Biodiversitätskonvention CBD für Synthetische Biologie lautet: “[...] synthetic biology is a further development and new dimension of modern biotechnology that combines science, technology and engineering to facilitate and accelerate the understanding, design, redesign, manufacture and/or modification of genetic materials, living organisms and biological systems” (CBD/COP (2016), Pkt. 4). Vgl. auch z. B. Sauter et al. (2016), Engelhard (2016).

Die Synthetische Biologie hat der fermenterbasierten Biotechnologie weitreichende neue Anwendungsfelder erschlossen. Folgerichtig werden für die industrielle Produktion in der Synthetischen Biologie große Potentiale gesehen (BMBF, 2015). Die enge Verknüpfung des Bioökonomie-Konzeptes mit der Synthetischen Biologie spiegelt sich auch in solchen politischen bzw. Forschungsstrategien, deren primäres Thema die Entwicklung der Technologie ist, etwa in der UK Synthetic Biology Roadmap (Synthetic Biology Leadership Council, 2015). Hier wird v. a. technische Innovation, verbunden mit ökonomischem Wachstum, als Lösung für globale Herausforderungen gesehen.

Die globalen Herausforderungen können allerdings nur in einer Gesamtschau adressiert werden, die weder das Vorsorgeprinzip noch die weiteren ökologischen und sozialen Implikationen aus den Augen verliert. Die fermenterbasierte industrielle Biotechnologie in geschlossenen Anlagen muss bei geregelten hohen Sicherheitsstandards keine direkte Gefahr für die Umwelt darstellen, obwohl mit einer Erhöhung der Volumina die Gefahr von Unfällen steigt. Aber auch indirekte Wirkungen müssen berücksichtigt werden. Durch eine Ausweitung der Anwendungsfelder der industriellen Biotechnologie kann der Biomassebedarf stark steigen, und es können Anforderungen an die Qualität der Biomasse gestellt werden, die eine wenig nachhaltige Pflanzenproduktion bewirken.

3.6.3 Gentechnisch veränderte Nutzpflanzen zur Produktion von Biomasse

Anwendungsfelder für die Gentechnik in der Bioökonomie finden sich nicht nur in der industriellen Biotechnologie, sondern auch beim Anbau von GV Pflanzen als Futter- und Nahrungsmittel (sofern diese, je nach Definition, als Teil der Bioökonomie gesehen werden), für Kraftstoffe oder für die stoffliche Nutzung. Damit dienen GV Pflanzen zum Teil als Rohstoff für die industrielle Biotechnologie.

Oftmals ist das Ziel der gentechnischen Veränderung eine größere Biomasseleistung, etwa durch die stärkere Industrialisierung des Anbaus. Aktuell sind die meisten GV Nutzpflanzen dementsprechend für die Flächennutzung von Herbiziden konzipiert (gentechnisch herbeigeführte Herbizidresistenz), und/oder sie produzieren Toxine gegen Fraßinsekten. Weltweit werden auf etwa 13% der Ackerfläche GV Pflanzen angebaut, v. a. in den USA, Kanada, Brasilien, Argentinien und Indien. Etwa zur Hälfte handelt es sich bei den GV Pflanzen aktuell um Soja, ansonsten hauptsächlich Mais, Baumwolle und Raps (ISAAA, 2019). Für Soja lag der Anteil des GV Anbaus 2019 weltweit bei 74% (Mais 31%, Baumwolle 79%, Raps 27%; *ibid.*). Ob bzw. für welchen Preis in Hinblick auf Bewässerung, Düngung, Artensterben und bäuerliche Landwirtschaft letztendlich durch diese Ansätze langfristig Ertragsteigerungen erreicht werden, bleibt umstritten.

Eine effizientere Produktion wird auch über veränderte stoffliche Anteile für die verarbeitende Industrie angestrebt. Beim Anbau von Pflanzen wie Mais oder Zuckerrohr für Bioenergie soll mit gentechnischen Veränderungen z. B. ein höherer Gehalt von Zucker, Cellulose, oder auch bestimmten Enzymen erreicht werden. Zunehmend werden GV Pflanzen für solche Ziele mit neuen gentechnischen Verfahren⁵⁹ entwickelt, die es technisch einfacher machen, die angestrebten Veränderungen zu bewirken, und deren Risikobewertungsstandards aktuell diskutiert werden.

⁵⁹ Für ausführlichere Darstellungen, vgl. BfN (2017).

3.6.4 Gentechnik kann nur sicher angewandt werden, wenn sie ausreichend reguliert bleibt

Die Frage nach der Rolle der Gentechnik in der Bioökonomie steht an dieser Stelle in direktem Zusammenhang mit der Debatte rund um die Gentechnikregulierung. Befürworter einer weniger umfassenden Regulierung von GV Pflanzen argumentieren u. a., die Regulierung verhindere die Realisierung des Potentials der Gentechnik für die Bioökonomie. Dies wird auch in der o. g. Sitzung des Bundestags zu der 2020 verabschiedeten Bioökonomiestrategie beispielhaft deutlich. Die Bioökonomie sollte allerdings nicht als Rechtfertigungsstrategie für eine Abschwächung der Gentechnik-Gesetzgebung genutzt werden (vgl. auch Aktionsforum Bioökonomie, 2021), denn nur mit einer guten Regulierung kann Gentechnik sicher eingesetzt werden.

Aus Sicht des BfN dürfen die aktuell geltenden Standards in der Gentechnikregulierung der EU nicht gesenkt werden. Sie sind auch für GV Pflanzen, die mit Neuen Gentechniken entwickelt wurden, notwendig, um Mensch, Tier und Umwelt vor potentiellen Gefahren zu schützen und mögliche Nachhaltigkeitsziele im Rahmen europäischer Strategien nicht zu konterkarieren (BfN, 2021). Die Regulierung ist als Chance zu verstehen, die es möglich macht, z. B. Umweltauswirkungen gentechnisch veränderter Organismen systematisch zu untersuchen. Dies gilt auch für vermeintlich „präzise“ oder „kleine“ Änderungen des Genoms, durch die Organismen durchaus substantiell verändert werden können (Eckerstorfer et al., 2021; Ribarits et al., 2021; Shah et al., 2021)

Über die gegenwärtige Regulierung sollten nicht nur direkte, sondern auch indirekte Auswirkungen gentechnischer Anwendungen in den Blick genommen werden – und zwar global. In der industriellen Biotechnologie betrifft dies besonders Auswirkungen der Industrie auf den Biomassebedarf. Der Anbau von Pflanzen zur Produktion von Biokraftstoffen oder die stoffliche Nutzung kann (ebenso wie die Futter- und Lebensmittelproduktion) Teil eines sozial ungerechten und umweltschädlichen Landnutzungssystems sein, und für GV Pflanzen sollte daher jeweils bewertet werden, inwieweit sie zu solchen Systemen beitragen. Methoden der Technikfolgenabschätzung können genutzt werden, um Auswirkungen systematisch zu erfassen und Entscheidungsgrundlagen und Wissensaustausch für die internationale Zusammenarbeit bereit zu stellen.

3.6.5 Wesentliche Leitplanken und Ausblick

Die Gentechnik ist weiterhin – auch international – ein kontrovers diskutierter Eckpfeiler der Bioökonomie, und ein grundsätzlicher Richtungswechsel hat in der Bioökonomie bisher kaum stattgefunden. Gentechnik kann in der Bioökonomie nur dann zu Nachhaltigkeit beitragen, wenn ihre Risiken für Mensch, Tier und Umwelt überprüft werden. Für eine sichere Nutzung von Gentechnik – einschließlich der Neuen Gentechniken in Pflanzen – ist daher die in der EU gesetzlich vorgeschriebene Risikobewertung unerlässlich. Darüber hinaus sollten auch indirekte Auswirkungen von Gentechnik und synthetischer Biologie in der Bioökonomie, etwa über Auswirkungen auf Landnutzungssysteme, systematisch bewertet werden und in politische Entscheidungen einfließen.

3.7 Das deutsche Lieferkettengesetz – eine Möglichkeit zur Regulierung der Bioökonomie?

Lia Polotzek

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)

Der Begriff der Bioökonomie hat sich innerhalb der letzten fünfzig Jahre stark gewandelt. Ursprünglich bezeichnete er eine Wirtschaftsform, die innerhalb der ökologischen Grenzen bleibt. Seit gut zehn Jahren wird der Begriff jedoch von der Industrie-Lobby gekapert, um damit die umfängliche wirtschaftliche Nutzung der Natur, inklusive der Nutzung von Biotechnologie und Gentechnik voranzubringen (Grefe 2016: 36). Ist mit Bioökonomie der Teil der Wirtschaft gemeint, der sich aktuell aus nachwachsenden Ressourcen speist, lassen sich im bestehenden System mehrere Probleme feststellen. Denn ein großer Teil der natürlichen Ressourcen, die zum Beispiel in Deutschland genutzt werden, wird importiert. Die industrielle Land- und Forstwirtschaft, welche die Biomasse für Produkte wie Lebens- und Futtermittel, Europaletten oder Agrosprit produziert, führt insbesondere im Globalen Süden zu Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörung. Beispiele sind Regenwaldabholzung für den Anbau von Palmöl oder Arbeitsrechtsverletzungen für den Anbau von Tee in Indien (Christliche Initiative Romero 2019; Oxfam 2019). Eine Ausweitung der Nutzung und Importe solcher Ressourcen würde die Nachfrage noch weiter steigern und die bestehenden Probleme, insbesondere im Globalen Süden, verstärken.

Zivilgesellschaftliche Organisationen in Deutschland fordern schon seit vielen Jahren ein Lieferkettengesetz, das deutsche bzw. in Deutschland ansässige Unternehmen verpflichten würde, in ihren Liefer- und Wertschöpfungsketten Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörung zu vermeiden. Ein solches Gesetz setzt zwar nicht an der Wurzel der Probleme an, und es würde auch nicht die ausgeweitete Nutzung nachwachsender Ressourcen oder gefährlicher Technologien verhindern. Nichtsdestotrotz scheint ein ambitioniertes Lieferkettengesetz eine gute Möglichkeit, um den schlimmsten negativen Auswirkungen einer Bioökonomie im Globalen Süden entgegenzuwirken. Denn die weltweiten Stoffströme der Bioökonomie fließen fast ausschließlich durch die Lieferketten transnationaler Unternehmen.

Die politische Debatte zur Regulierung von Unternehmen über Ländergrenzen hinweg hat eine lange Vorgeschichte. Schon seit den 1970er Jahren gibt es Versuche, auf Ebene der Vereinten Nationen die negativen Auswirkungen der Macht transnationaler Unternehmen einzudämmen. Diese Initiativen sind jedoch immer wieder am Widerstand der Industrieländer gescheitert. Nach einem längeren Prozess der Konsensfindung wurden im Juni 2011 im UN-Menschenrechtsrat einstimmig die UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte verabschiedet. Sie bestehen aus drei Säulen: Der Pflicht von Staaten zur Einhaltung der Menschenrechte durch die Wirtschaft, der Verantwortung von Unternehmen für die Menschenrechte und dem Zugang zu Abhilfe von Betroffenen von Menschenrechtsverletzungen durch die Wirtschaft (DGCN 2014). Die Leitprinzipien machen keine Vorgaben mit Blick auf die Umweltzerstörung oder Ausbeutung der Natur durch Unternehmen. Der Menschenrechtsrat legte den Staaten daraufhin nahe, „Nationale Aktionspläne Wirtschaft und Menschenrechte“ (NAP) zu erarbeiten, um die freiwilligen Leitprinzipien umzusetzen. Ein solcher nationaler Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte wurde in Deutschland im Dezember 2016 verabschiedet. Der gesamte Prozess liest sich jedoch eher wie ein Lehrstück über Lobbyismus als ein Prozess, der den Schutz der Menschenrechte vor der Wirtschaft zum Ziel hatte. So

versuchten die Wirtschaftsverbände, jegliche Verbindlichkeit im deutschen NAP zu verhindern, was ihnen am Ende auch gelang: Der finale NAP formuliert lediglich Erwartungshaltungen an Unternehmen ohne jegliche Verbindlichkeit.

Eine weitergehende Formulierung hat es hingegen in den NAP geschafft: Hier heißt es, dass ein gesetzlicher Rahmen für menschenrechtliche Sorgfaltspflichten dann kommt, wenn bis 2020 weniger als die Hälfte der deutschen Unternehmen ihre Verantwortung für die Menschenrechte freiwillig wahrnehmen würden (Auswärtiges Amt 2016). Die Ergebnisse des Nationalen Aktionsplans wurden durch entschiedenes Verhandeln der SPD auch in den Koalitionsvertrag von 2018 aufgenommen. Daraufhin wurde ein Prozess des Monitorings gestartet, um herauszufinden, wie viele große deutsche Unternehmen bereits freiwillig ihren Sorgfaltspflichten nachkommen. Trotz Verwässerungen der Methodik durch das Bundeswirtschaftsministerium fiel das Mitte Juli 2020 bekannt gewordene Ergebnis drastisch aus: Gerade einmal 13 bis 17 Prozent der großen deutschen Unternehmen nehmen ihre Verantwortung mit Blick auf die Menschenrechte wahr. Nach der Verantwortung mit Blick auf den Umweltschutz wurden sie gar nicht erst befragt. Dieses Ergebnis veranlasste dann auch Bundeskanzlerin Merkel dazu, ein Lieferkettengesetz zu unterstützen. Trotzdem sollte es noch mehr als ein ganzes Jahr dauern, bis das finale Lieferkettengesetz vom Bundestag verabschiedet werden konnte. Das Bundeswirtschaftsministerium sperrte sich immer wieder gegen einzelne Punkte im Gesetz und zwischendurch drohte das gesamte Projekt zu scheitern.

Die Zivilgesellschaft hatte sich schon im September 2019 zur „Initiative Lieferkettengesetz“ zusammengeschlossen. Fünf Forderungen waren der Initiative von Anfang an wichtig, um sicherzugehen, dass das Lieferkettengesetz überhaupt eine Wirkung entfalten kann: Erstens wurde eine Orientierung an den UN-Leitprinzipien gefordert, die beschreiben, dass Unternehmen ihre Sorgfaltspflichten entlang der gesamten Wertschöpfungskette wahrnehmen müssen. Diese bestehen laut UN-Leitprinzipien daraus, Risiken zu untersuchen, angemessene Maßnahmen zu ergreifen, um diesen entgegenzuwirken, über diese Prozesse zu berichten, Beschwerdestelle einzurichten, sowie im Fall von Menschenrechtsverletzungen Abhilfe zu schaffen. Zweitens sollte das Lieferkettengesetz auf alle Unternehmen ab 250 Mitarbeiter*innen, die in Deutschland geschäftstätig sind sowie auf KMUs aus Risikosektoren, in denen besonders häufig Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörung stattfinden, Anwendung finden. Dies sind etwa Bergbau, Textilindustrie und die Lebensmittelindustrie. Drittens wurde die Verankerung sowohl von menschenrechtlichen als auch von umweltbezogenen Sorgfaltspflichten im deutschen Recht gefordert. Viertens sollten Unternehmen für vorhersehbare und vermeidbare Schäden auch im Ausland haften, so dass Betroffene die Möglichkeit auf Schadensersatz erhalten. Fünftens wurde gefordert, dass eine Behörde die Einhaltung des Lieferkettengesetzes überprüfen und bei Nichteinhaltung entsprechend hohe Sanktionen verhängen sollte (Initiative Lieferkettengesetz 2020)

Aufgrund des massiven Widerstandes der Wirtschaftsverbände und der daraus folgenden Blockade des Wirtschaftsministeriums wurde das Lieferkettengesetz jedoch fast bis zur Unkenntlichkeit verwässert. So gelten die Sorgfaltspflichten vollumfänglich nur für den eigenen Geschäftsbereich und für unmittelbare, nicht aber für mittelbare Zulieferer. Das ist insofern problematisch, als dass die schlimmsten Menschenrechtsverletzungen häufig mit dem Anbau von Lebensmitteln oder dem Abbau von Rohstoffen ganz zu Beginn der Lieferkette verbunden sind. Zweitens gilt das Lieferkettengesetz zunächst für Unternehmen ab 3.000 Mitarbeiter*innen. Ab 2024 gilt es dann auch für Unternehmen ab 1.000 Mitarbeiter*innen mit Sitz oder Zweigniederlassung in Deutschland. Somit sind auf Wunsch des Wirtschaftsministeriums viel weniger Unternehmen umfasst als ursprünglich geplant. In den geleakten Eckpunkten für ein Lieferkettengesetz sollte dieses noch für alle Unternehmen ab 500 Mitarbeiter*innen gelten. Extrem schwach schneidet das Gesetz auch im Bereich Umweltschutz ab

– ein für die Bioökonomie besonders relevantes Thema. So regelt das Gesetz nur einige ganz wenige umweltbezogene Pflichten. Diese ergeben sich aus drei von Deutschland ratifizierten Übereinkommen, die jedoch vor allem auf den Schutz der menschlichen Gesundheit abzielen: Der Vermeidung von langlebigen Schadstoffen (Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe), der Vermeidung von Quecksilber-Emissionen (Minamata-Abkommen) und der Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von gefährlichen Abfällen (Basler Übereinkommen). Über die Abkommen hinaus erfasst das Gesetz die Schutzgüter Boden, Wasser und Luft nur im Rahmen der menschenrechtlichen Risiken. Eine eigenständige umweltbezogene Sorgfaltspflicht wird nicht verankert. Die Schutzgüter Biodiversität und Klima finden gar keine Berücksichtigung im Gesetz. Eine besonders schwere Verwässerung des Gesetzes ist das Fehlen einer zivilrechtlichen Haftungsregel, wonach Unternehmen für Schäden haften würden, die sie durch Missachtung ihrer Sorgfaltspflichten verursacht haben. So gibt es durch das Gesetz keinerlei Verbesserung des Zugangs zu Rechtsmitteln von Betroffenen von Menschenrechtsverletzungen durch deutsche oder in Deutschland ansässige Unternehmen. Die Behörde, welche die Umsetzung des Lieferkettengesetzes kontrollieren soll, ist das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Das BAFA hat, wenn Unternehmen ihre Sorgfaltspflichten nicht erfüllen, theoretisch die Möglichkeit, diese mit Bußgeldern zu belegen, die sich an der Schwere des Vergehens wie am Gesamtumsatz des Unternehmens orientieren. In der Praxis ist das BAFA jedoch eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Insbesondere, da das Wirtschaftsministerium sich im Prozess sehr gegen die Einführung eines Lieferkettengesetzes gesperrt hat, bleibt abzuwarten, wie weitgehend das BAFA seine Sanktionsbefugnisse einsetzen wird.

Ein ambitioniertes Lieferkettengesetz wäre ein geeignetes Instrument gewesen, um den schlimmsten negativen Auswirkungen einer Bioökonomie im Globalen Süden entgegenzuwirken. Leider ist das aktuelle deutsche Lieferkettengesetz so verwässert, dass es diesen Erwartungen nicht gerecht werden kann. Es gibt jedoch einen Hoffnungsblick: Voraussichtlich im Dezember 2021 wird die EU-Kommission einen Regulierungsvorschlag für ein EU-Lieferkettengesetz machen. Dieses soll im Rahmen des Green Deal stehen. Damit bleibt auch zu hoffen, dass hier umwelt- und klimabezogene Sorgfaltspflichten für Unternehmen eigenständig verankert werden. Auch auf internationaler Ebene gibt es im Moment mit Blick auf die Regulierung transnationaler Unternehmen Bewegung. Schon seit 2014 wird das UN-Abkommen für Wirtschaft und Menschenrechte im Menschenrechtsrat in Genf verhandelt. Die EU und Deutschland haben bisher nicht aktiv an den Verhandlungen teilgenommen, da sie verpflichtenden Regelungen für Unternehmen skeptisch gegenüberstanden. Erst im Oktober 2021 wurde der vierte Entwurf für ein UN-Abkommen verhandelt, der Staaten dazu verpflichten würde, Lieferkettengesetze zu erlassen, um ihre Unternehmen zu verpflichten, menschenrechtliche und umweltbezogene Sorgfaltspflichten einzuhalten. Nach Verabschiedung des deutschen und des europäischen Lieferkettengesetzes bleibt zu hoffen, dass sowohl EU als auch Deutschland ihre Blockadehaltung aufgeben und auf internationaler Ebene mitverhandeln.

3.8 Die Bioökonomie – (k)ein Beitrag zur sozio-ökologischen Transformation?

Vivienne Huwe und Steffi Ober

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V.

3.8.1 Ausgangssituation

Globale Umweltprobleme wie der voranschreitende Klimawandel, massive Biodiversitätsverluste, die Ausbeutung von Ökosystemen, die anhaltende Ressourcenübernutzung oder gestörte Stoffkreisläufe verstärken sich wechselseitig und belasten somit die Tragfähigkeit und Regenerierbarkeit der Erde (IPCC 2019). Es besteht die zwingende Notwendigkeit, die derzeitigen Muster der Ressourcennutzung grundlegend zu verändern: Hin zu einer dauerhaft umweltgerechten und ressourcenschonenden Wirtschaftsweise.

Vor diesem Hintergrund gerät seit einigen Jahren die energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse in den Fokus der politischen Aufmerksamkeit: die Bioökonomie.

Das politisch angestrebte Ziel der Bioökonomie besteht darin, eine Wirtschaftsweise zu etablieren, die in dauerhafter und globaler Perspektive Klimaschutz, Biodiversitätsschutz und Ressourcenschonung stärker als bislang in den Vordergrund rückt (Ekardt et al. 2021). Im Kern geht es dabei um die Transformation eingefahrener Produktions- und Konsummuster zugunsten einer nachhaltiger ausgerichteten, postfossilen Gesellschaft. Doch damit entsteht ein grundlegendes Spannungsverhältnis:

Einerseits ist Postfossilität für die Erreichung der vereinbarten Klima- und Biodiversitätsziele unabdingbar und die Ausweitung der Biomasseproduktion und -nutzung erscheint dabei als logische Konsequenz. Andererseits droht die energetische und stoffliche Biomassenutzung die bereits bestehenden Probleme der Land- und Forstwirtschaft weiter zu befeuern, anstatt diese zu entschärfen (Ekardt et al. 2021). Die Reduzierung der Bioökonomie auf eine einfache Substitution der fossilen Rohstoffbasis sowie eine rein technisch ausgerichtete Modernisierungspolitik sind in diesem Zusammenhang nicht zielführend. Um den Einsatz fossiler Ressourcen zu begrenzen, gleichzeitig die Welternährung zu sichern und ökologische Rückzugsorte zu erhalten, muss das Wirtschaftswachstum vom Verbrauch natürlicher Ressourcen entkoppelt werden. Im Rahmen konsequenter Suffizienz-Strategien müssen nachhaltige Produktions- und Konsummuster, Lebensgewohnheiten und Infrastrukturen etabliert werden. Nur auf diese Weise können alle Flächenbedarfe auf ein ökologisch und sozial tragfähiges Mindestmaß reduziert werden. Dazu ist die gesellschaftliche Einbettung in eine sozial-ökologische Transformation notwendig, um etablierte Muster der Ressourcennutzung grundlegend umkehren und eine dauerhaft umweltgerechte und ressourcenschonende Wirtschaftsweise etablieren zu können.

Solch ein Transformationsprozess erfordert intensive gesellschaftliche Aushandlungsprozesse, um verschiedene Akteur*innen auf allen Ebenen miteinbeziehen zu können und so für gesellschaftliche Akzeptanz und Verständnis zu werben. Allerdings wird die Bioökonomie bislang zu wenig in Verbindung mit wissenschaftlichen Transformationstheorien bearbeitet, daher erfolgt an dieser Stelle eine explizite Erklärung dieser Ansätze.

Exkurs: Forschung und Bildung für die Transformation

Transformationsprozesse sind komplex. Der Begriff der Transformationsforschung wurde in Deutschland durch das 2011 erschienene Gutachten des WBGU „Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“ geprägt (WBGU 2011). Die Gestaltung der

Transformation bezieht verschiedenste Akteur*innen und Wissenschaftsdisziplinen mit ein. Die nachstehende Grafik verdeutlicht dabei das Zusammenspiel von Forschung und Bildung im Transformationsprozess:

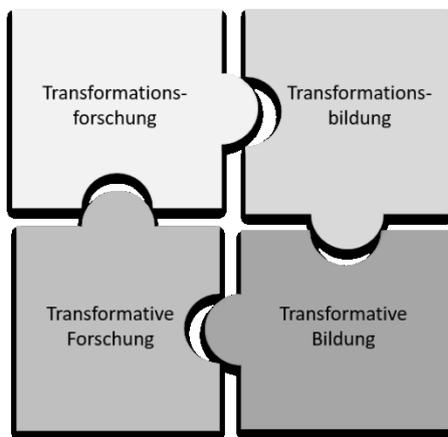


Abbildung 14. Typisierung der Forschung und Bildung für die Transformation (eigene Darstellung in Anlehnung an WBGU 2011, S. 23)

Transformationsforschung untersucht die Grundlagen und Bedingungen, die zu notwendigen Übergangsprozessen führen. Erkenntnisse der Transformationsforschung erzeugen Verständnis und Handlungsdruck in der Gesellschaft. Transformationsbildung ermöglicht auf diese Weise Teilhabe und leitet dazu an, Verantwortung zu übernehmen.

Transformative Forschung hingegen begleitet den Umbauprozess durch spezifische Erkenntnisse und identifiziert passende technische und soziale Innovationen. Potenzielle Umbauprozesse werden durch den Einbezug relevanter Stakeholder gefördert. Im Rahmen der Transformativen Bildung kann Verständnis für spezifische Handlungsoptionen und Lösungsansätze erzeugt werden (WBGU 2011).

Vor dem Hintergrund der aktuellen Herausforderungen unserer Zeit spielen Bildung und Forschung demnach eine wichtige Rolle. Sie sollten sich gegenseitig befruchten und im Austausch mit Gesellschaft, Wirtschaft und Politik die Transformation unterstützen.

3.8.2 Integration unterschiedlicher Wissensansätze

Transformationsforschung muss sich perspektivisch im Forschungsdesign stärker widerspiegeln, um gesellschaftliche Herausforderungen angehen und mögliche Veränderungsprozesse katalysieren zu können (Schneidewind 2012). Nur wenn sich verschiedenste Akteur*innen aus Gesellschaft und Praxis im Forschungsprozess einbringen, kann sozial robustes Wissen für die sozial-ökologische Transformation generiert werden. Der Prozess der Transformationsforschung basiert auf einem transdisziplinären Wissensverständnis und gliedert sich darauf aufbauend in mehrere Einzelschritte:

Zu Beginn stehen die Problemanalyse des Status-Quo und die Erzeugung von notwendigem Systemwissen (1): Dabei erfolgt insbesondere die Analyse komplexer sozio-technischer Systeme in ihrer Umwelteinbettung (Städte, Landnutzung, Klima, Ressourcen). Um Zielwissen (2) erzeugen zu können, wird ein integratives Verständnis einer ökologischen, lebenswerten und fairen Gesellschaft (Visionsentwicklung) benötigt. Transformationswissen (3) trägt dazu bei, die Komplexität gesellschaftlicher Übergänge zu verstehen und zu gestalten. In Reallaboren kann bspw. gemeinsam mit Praxispartner*innen an der Lösung realweltlicher Probleme geforscht und gearbeitet werden.

Ein wichtiges Analysewerkzeug, um gesellschaftliche Transformationsprozesse sowie die Entwicklung von Nischeninnovationen beschreiben und Interaktionen zwischen Systemebenen und Systemelementen sichtbar machen zu können, ist die Mehrebenenperspektive (Multi-level Perspective – MLP). Der Ansatz besteht aus den drei Grundelementen Landschaften, Regime und Nischen, die in Abbildung 2 schematisch dargestellt sind:

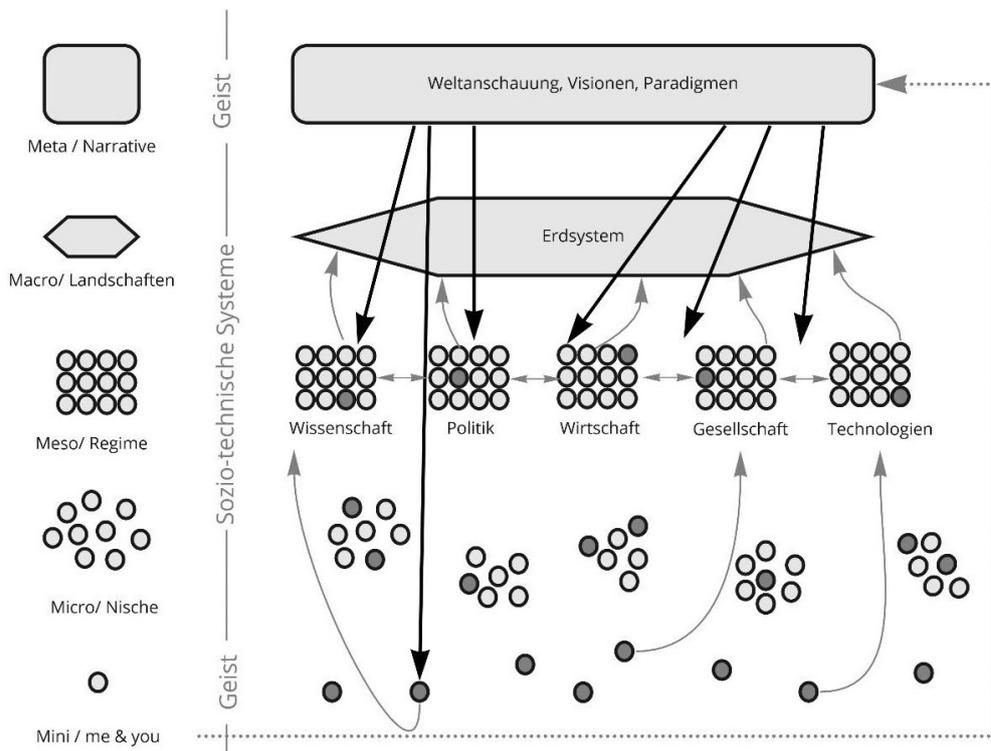


Abbildung 15. Erweiterung der klassischen MLP-Darstellung um Mini- und Meta-Level (eigene Darstellung und Übersetzung in Anlehnung an Göpel 2016, S. 47)

Das vorherrschende Modell in einer MLP ist das Regime, das eine Problemlösung in einem etablierten gesellschaftlichen Teilbereich darstellt (z. B. die Energieversorgung mit fossilen Energieträgern). Dabei handelt es sich um ein verwobenes Netzwerk aus Politik und Regulierungen, der bestehenden Wissensbasis, Technologien sowie Industrie-, Infra- und Marktstrukturen (UBA 2015).

Einen weiteren zentralen Punkt in einem Transformationssystem stellen die Nischen dar. Sie stehen für Räume, in denen (soziale und technische) Innovationen unabhängig vom bestehenden Regime entwickelt werden können. Damit besitzen Nischen eine besondere Flexibilität und bergen Potenzial für (radikale) Veränderungen, die nicht nur eine Weiterentwicklung bestehender Strukturen forcieren, sondern auch zu einer Veränderung des Regimes führen können (z. B. die Entwicklung innovativer Energiekonzepte in der Nische des EEG). Nischen stehen jedoch nicht für einzelne (zeitlich begrenzte) Projekte oder Experimente. Vielmehr stellen sie eine bereits bestehende Vereinigung aus diversen Akteur*innen, Projekten und Initiativen dar. Bei der Entwicklung einer Nische ist daher die Verknüpfung lokaler Aktivitäten als besondere Herausforderung anzusehen.

Die oberste Ebene einer MLP stellt die Landschaft dar, in die die einzelnen Regime eingebettet sind. Sie liegt außerhalb des Einflusses der Nischen oder einzelner Akteur*innen. Allerdings können ausgehend von der Landschaft Veränderungen in den Regimen ausgelöst werden.

Der Veränderungsdruck auf der Landschaftsebene kann vielfältig sein, bspw. in Form von Umweltveränderungen, demografischem Wandel oder soziokulturellen Bewegungen. Ein besonders populäres Beispiel ist in diesem Zusammenhang die international aktive Klimastreik-Bewegung Fridays For Future, die innerhalb weniger Jahre ein verändertes Umweltbewusstsein in vielen Teilen der Gesellschaft etabliert und eine umfassende gesellschaftliche und politische Debatte über die Klimakrise und die deutsche Klimapolitik angestoßen hat (Kooß & Lauth 2020).

Maja Göpel erweiterte diesen klassischen Dreiebenen-Ansatz einer MLP um zwei weitere Ebenen (vgl. Abbildung 15):

- die Mini-Ebene beschreibt Individuen, die die Basis jeder institutionellen Einrichtung ausmachen,
- die Meta-Ebene beschreibt gesellschaftlich etablierte Denkweisen.

Die grauen und schwarzen Pfeile in Abbildung 2 veranschaulichen, dass Ideen wie Klebstoff wirken können, der Gesellschaften zusammenhält. Die schwarzen Pfeile stehen dabei für gesellschaftlich etablierte Denkweisen, die auch als Referenz für individuelle Erzählungen dienen und sowohl in Regimestrukturen als auch in einzelnen Nischen verankert sein können. Gleichzeitig können individuelle Denkweisen (die grauen Pfeile) alternative Paradigmen beinhalten, die bestimmte Pionierstrategien beeinflussen. Demzufolge kann sich jede Person individuell in „paradigmen-sprengender“ Arbeit engagieren, um das Fortbestehende gesellschaftlich herauszufordern (Göpel 2016).

3.8.3 Wie werden Transformation und Partizipation in der aktuellen Bioökonomie-Politik umgesetzt?

Zahlreiche Aktionspläne, Strategiepapiere, Projektausschreibungen und das Wissenschaftsjahr 2020/2021 zielen als Maßnahmen gegen den Klimawandel auf die Umsetzung einer biobasierten, effizienten und zirkulär ausgerichteten Wirtschaftsweise ab (z. B. EC 2018; BMBF & BMEL 2020; www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/). Eine wichtige Rolle spielen dabei insbesondere neue Technologien und Verfahren aus Biotechnologie, Umwelttechnik, Robotik oder Künstlicher Intelligenz, mit denen eine möglichst effiziente Nutzung biogener Ressourcen (inkl. Reststoffen), aber auch begrenzter Umweltmedien wie Flächen, Boden oder Wasser gelingen soll. Das in vielen nationalen und internationalen Bioökonomie-Strategien verankerte Verständnis einer Substitution fossiler stofflicher Grundlagen greift jedoch zu viel kurz. Stattdessen müssten sich die zuvor erläuterten Ansätze der Transformationsforschung und -bildung in der Bioökonomie-Politik und den entsprechenden Strategiepapieren viel stärker widerspiegeln. Nur so kann ein strategischer Ansatz gelingen, damit eine so umfassende gesamtgesellschaftliche Veränderung, wie die Bioökonomie, realisiert werden kann. Anhand der Multilevel-Perspektive wird deutlich, dass es nicht ausreicht, in bestehenden Strukturen zu denken und dazu passende Technologien und erfolgreiche Geschäftsideen zu entwickeln. Stattdessen müssen die großen Herausforderungen mit der Gesellschaft gemeinsam angegangen werden. Nur auf diese Weise können nachvollziehbare Strategien entwickelt werden, um Klimawandel und Biodiversitätskrise zu begrenzen. Doch auch hier fehlen noch viele Bausteine: Von ökonomisch sinnvollen betriebs- und volkswirtschaftlichen Konzepten bis zur individuellen Verhaltensänderung.

Einen Beitrag zum gesellschaftlichen Austausch leistete das vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) geförderte Kommunikationsprojekt „Bürgerdialog zu Chancen und Risiken der Bioökonomie für die biologische Vielfalt“, das vom NABU fachlich begleitet wurde.

Das Projekt zielt darauf ab, interessierte Bürgerinnen und Bürger für dieses umfassende Querschnittsthema und entsprechende politische Umsetzungsmaßnahmen zu sensibilisieren sowie einen breiten gesellschaftlichen Dialog anzuregen.

3.8.4 Bürgerdialog Bioökonomie: Warum lohnt die Partizipation?

Im Rahmen des Partizipationsprojekts „Bürgerdialog Bioökonomie“ konnte ein regionsübergreifendes Stimmungsbild gezeichnet sowie Handlungsoptionen und mögliche Umsetzungsstrategien der Bioökonomie identifiziert werden.

Den Bürgerinnen und Bürgern war sehr bewusst, dass der Wandel viel umfassender hinsichtlich ökonomischer, ökologischer wie sozialer Herausforderungen angegangen werden muss und dieser nicht allein mit dem Wechsel der Rohstoffbasis erledigt ist. Ein Großteil der Beteiligten forderte im Rahmen der Online- und Präsenzformate einen grundsätzlichen Wandel zu nachhaltigeren Verhaltens- und Wirtschaftsweisen – den vor allem die Politik umsetzen soll.

Neben dem Aufruf zu stärkerem persönlichem Engagement in Bürgergremien, dem Wunsch nach mehr sozialen Nachhaltigkeitsinnovationen (z. B. SoLaWi, Repair-Cafés, Räume für Urban Gardening etc.) wurden auch Forderungen nach einem konsequenteren umweltpolitisch orientierten Handeln laut. Damit sind insbesondere Maßnahmen wie der beschleunigte Ausbau der Erneuerbaren Energien, die Übersetzung der planetaren Grenzen in konkrete Grenzwerte, die Kennzeichnung ökologisch-vorteilhafter Produkte oder die Verpflichtung zu mehr Transparenz bei Produktions- und Lieferketten gemeint. Auch die Etablierung verlässlicher Anreizsysteme für Konsument*innen und Produzent*innen, um umweltschädliche Konsum- und Verbrauchsgewohnheiten zu ändern, werden als wichtige Stellschrauben angesehen. Verstärkt wird auch ein Umdenken konventioneller Wirtschaftsweisen gefordert und auf Post-Wachstums- bzw. Degrowth-Konzepte verwiesen (für detailliertere Einblicke in Methodik und Ergebnisse siehe Berger et al. 2021).

Diese Eindrücke zeigen, dass die Bürger*innen hier viel weiter als die Politik sind: Business as Usual ist keine Option. Dennoch hat das Projekt auch deutliche Defizite in der Kommunikation und Diskussion der Bioökonomie identifiziert:

Im gesamten Partizipationsprozess wurden niedrige Teilnehmendenzahlen dokumentiert. Dies werten wir als ein Symptom für die fehlende persönliche Betroffenheit zum Thema Bioökonomie. Im Rahmen des Projektes konnte kein einheitliches Bioökonomie-Begriffsverständnis unter den Teilnehmenden identifiziert werden, was mit dem Blick auf die offizielle Definition aus der Nationalen Bioökonomie Strategie nicht verwundert (BMBF 2020, S. 10). Die Bandbreite an möglichen Rohstoffen, Anwendungen, Produkten, Wissenschafts- und Wirtschaftsbereichen gestaltet das Verständnis und die Identifikation mit dem Themenkomplex für die Teilnehmer*innen so schwierig. Das fehlende Verständnis trägt zu einer geringen persönlichen Betroffenheit der Bürger*innen bei. Dies ist insofern relevant, da ohne den Rückhalt, das Verständnis und das Engagement der Zivilgesellschaft kein grundlegender sozial-ökologischer Transformationsprozess vollzogen werden kann (Berger et al. 2021).

3.8.5 Herausforderungen mutig angehen

Eine entscheidende Voraussetzung für eine breitere gesellschaftliche Beteiligung erscheint uns, von der bisher stark technisch-ökonomischen Sicht und Darstellung hin zu einem umfassenderen, gesellschaftlich relevanten Konzept der Bioökonomie zu kommen. Dieses sollte gemeinsam im Austausch mit gesellschaftlichen Akteuren formuliert und getragen werden.

Eine notwendige Voraussetzung für den zukünftigen Bioökonomie-Diskurs ist daher eine stärkere Problemorientierung und Offenheit für alternative ökonomische, ökologische und institutionelle Innovationen, die in transdisziplinären Kollaborationen mit verschiedenen Wissenschaftler*innen entwickelt und im partizipativen Austausch mit Vertreter*innen der Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft erprobt und weiterentwickelt werden. Dafür sind klare Strukturen und Kriterien für die Benennung der Expert*innengremien sowie die finanzielle Unterstützung der zivilgesellschaftlichen Organisationen notwendig. Auf diese Weise könnte auch die Schaffung neuer transdisziplinärer Räume und Schnittstellen zwischen Zivilgesellschaft und Wissenschaft gelingen, um die Gesellschaft als wichtigen Transformationstreiber einzubinden (vgl. MLP).

Durch die Etablierung deliberativer Beteiligungsformate muss eine dringend notwendige, breite gesellschaftliche Debatte über die Rahmenbedingungen einer zukünftigen Bioökonomie bzw. einer nachhaltigen und lebenswerten Zukunft angestoßen werden. Solche Diskurse und Formate sollten nicht nur europa- und deutschlandweit, sondern auch regional mit lokalen Interessensvertreter*innen stattfinden. Vor Ort können so regionsspezifische Strategien transparent erarbeitet werden. Digitale Formate wie Online-Seminare oder -Beteiligungsplattformen zum Austausch und Wissensmanagement, zum Beispiel in Form einer digitalen, transdisziplinären Akademie aus Wissenschaft und Gesellschaft, könnten hier zudem einen wertvollen Beitrag leisten (Ober & Huwe 2020).

Die großen Herausforderungen des voranschreitenden Klimawandels, der zunehmenden Ressourcenübernutzung und des massiven Verlustes an biologischer Vielfalt können nicht durch ein Forschungskonzept allein gelöst werden. Stattdessen erfordern sie die Überwindung eingefahrener Denkweisen, entschlossene politische Maßnahmen sowie eine gute Vernetzung und Integration der Bioökonomie in alle Politikbereiche. Eine systemische Agenda, die mit neuen, transdisziplinären Allianzen die sozial-ökologische Transformation voranbringt, ist längst überfällig.

3.9 Systemische Ansätze für eine nachhaltige Bioökonomie

Jan Siegmeier

Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)

Die Bioökonomie erfährt zunehmende Aufmerksamkeit, als mögliche Alternative zur fossil-basierten Wirtschaft sowie als möglicher Innovations- und Wachstumsbereich. Doch schon heute ist unsere Umwelt durch immer ausgedehntere und intensivere Landnutzung extrem unter Druck und Biomasse knapp. Zusätzliche stoffliche und energetische Nutzungen können sich global auswirken und die Biodiversitäts-, Klima- und Ernährungskrise verschärfen. Nachhaltige Bioökonomie braucht daher eine systemische Einbettung und einen begrenzenden Rahmen, in dem dann bestimmte Bereiche (wie z.B. nachhaltiger Holzbau) einen Beitrag zur Transformation leisten können.

Dieser Beitrag nimmt eine globale, systemische Perspektive auf die Bioökonomie und ihre Nachhaltigkeitswirkungen ein, um Anforderungen und ausgewählte Empfehlungen für staatliche Rahmensetzungen zu skizzieren. Für Details verweise ich auf das Hauptgutachten des WBGU (2020) „Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration“, zu dessen Koautoren ich gehöre und auf das ich mich stark stütze, zum Teil auch wörtlich. Themenauswahl, Zusammenfassungen und Ergänzungen in diesem Artikel stammen von mir, dieser Beitrag gibt also meine persönliche Sicht und nicht die des WBGU wieder.

3.9.1 Ambitionierte Bioökonomiestrategien

Fast 60 Länder verfolgen für die Bioökonomie relevante Strategien (IACGB 2020). Diese werden oft mit Umweltzielen motiviert. Tatsächlich kann eine maßvolle, gezielte stoffliche und z.T. auch energetische Biomassenutzung einen begrenzten, aber wichtigen Beitrag zur vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft leisten. In der Umsetzung liegt der Fokus dann jedoch häufig auf wirtschaftlichen Potenzialen – Innovationen, Wachstum, Jobs, höhere Unabhängigkeit der Rohstoffversorgung – während Aspekte wie Landnutzung, Konkurrenz mit Ernährung und Biodiversität sowie Verteilungseffekte unterbelichtet bleiben, auch weil sie aufgrund ihrer hohen Komplexität und überregionalen, systemischen Effekten schwerer zu adressieren sind.

Diese Unwucht ist gefährlich, da einer wachsenden Bioökonomie und Landnutzung eine verarmende Biosphäre, hohe Treibhausgasemissionen und die Mangelernährung von Milliarden von Menschen gegenüberstehen.

3.9.2 Steigende Biomassenachfrage

Der globale Biomasseverbrauch hat sich seit 1950 mehr als verdoppelt (Krausmann et al. 2013), in erster Linie durch die Viehhaltung, auf die 60 % der genutzten Biomasse entfällt – verglichen mit 12 % für pflanzliche Ernährung. Bei energetischen und stofflichen Nutzungen dominiert die Bioenergie (16 %) und hier das Kochen und Heizen mit Holz, von dem 2,8 Mrd. Menschen v.a. in Afrika und Asien weiterhin abhängen und das 55 % der globalen Holzernte verbraucht (Carus et al. 2020; Bailis et al. 2015). „Moderne“ Bioenergie wie Biogas und flüssige Kraftstoffe (bisher ca. 2 % des globalen Biomasseverbrauchs) wächst jedoch sehr stark und wird auch zunehmend international gehandelt. Stoffliche Nutzungen machen nur ca. 10 % der Biomassenutzung aus, davon 4 % für Bauen und Möbel (Piotrowski et al. 2015). Die EU hat einen besonders großen Anteil am globalen Biomasseverbrauch, er liegt pro Kopf bei 170 % des globalen Durchschnitts und insgesamt bei 120 % der EU-Produktion (Kastner et al. 2015).

Durch den nötigen Verzicht auf fossile Energie und Rohstoffe sowie die Dekarbonisierung des Bausektors ist zu erwarten, dass die Biomassenachfrage weiter ansteigt. Bauen mit Holz kann emissionsintensiven Stahl und Zement ersetzen und langfristig Kohlenstoff speichern, aber der globale Holzbedarf angesichts von 2,3 Mrd. zusätzlichen Menschen, die bis 2050 in Städten erwartet werden, ist immens und voraussichtlich nur nachhaltig zu decken, wenn andere Holznutzungen z.T. reduziert werden (Churkina et al. 2020; WBGU 2020, Kap. 3.5.3). In 2050 könnte allerdings auch der vollständige Ersatz fossiler Flugzeugtreibstoffe durch biogene Alternativen alle international verfügbare nachhaltige Biomasse allein verbrauchen, und der Biomassebedarf für Bioplastik oder für Bioenergie / BECCS in manchen Klimaschutzenszenarien könnte beim 1,5- bzw. dreifachen des nachhaltigen Angebots liegen (Committee on Climate Change 2018).

3.9.3 Das Trilemma der Landnutzung durch Mehrgewinnstrategien überwinden

Dem bereits hohen Biomasseverbrauch und weiteren starken Nachfragerwachstum stehen gleich drei die Landnutzung betreffende Krisen gegenüber.

Erstens eine massive Biodiversitätskrise: Der Mensch verursacht ein weltweites Massensterben, dessen Umfang mit dem Aussterben der Dinosaurier verglichen wird. Die Aussterberate ist heute 100-1000fach höher als zu vormenschlicher Zeit, dabei sind alle Regionen und Biome vom Biodiversitätsverlust betroffen (De Vos et al. 2015, Ceballos et al. 2015, Hoekstra et al. 2004). Größte Treiber sind veränderte Landnutzung, direkte Übernutzung, Klimawandel, Verschmutzung und invasive Arten (IPBES 2019). Mehr als drei Viertel der globalen Landfläche wurde durch den Menschen umgewandelt (IPBES 2018). In Deutschland ist je ein Drittel der Lebensraumtypen in einem schlechten oder unzureichenden Erhaltungszustand, mit intensiver Landwirtschaft als Haupttreiber (BfN 2020). Ökosystemleistungen, die unsere Lebensgrundlage bilden, wie die Reinigung von Luft und Wasser, Bodenbildung oder Regulierung von Schädlingen, Krankheiten und Extremereignissen, nehmen z.T. stark ab (IPBES 2019).

Zweitens die Klimakrise: 13 % der globalen CO₂-Emissionen und 23 % der Treibhausgasemissionen entfallen auf Land- und Forstwirtschaft und auf Landnutzungsänderungen (IPCC 2019: 10), diese müssen gesenkt werden. Umgekehrt kann Land der Atmosphäre CO₂ entziehen, durch Photosynthese und Biomasseaufbau (aktuell ca. ein Viertel der anthropogenen Emissionen), wenn auch nicht immer dauerhaft speichern. Die Folgen des Klimawandels erfordern schon heute vielerorts eine Anpassung der Landnutzung. Land kann also zum Klimaschutz beitragen, das Problem aber nicht lösen und ist selbst auf Klimaschutz angewiesen.

Drittens eine anhaltende Ernährungskrise auf allen Kontinenten: 2,4 Mrd. Menschen haben keinen ausreichenden Zugang zu Nahrungsmitteln oder hungern (FAO et al. 2021), 1,9 Mrd. sind übergewichtig oder adipös (WHO 2021), rund 2 Mrd. leiden an Mikronährstoffmangel (FAO et al. 2012), und die Nahrungsmittelproduktion hat große externe Effekte (z.B. Überdüngung, Pestizide, Treibhausgase, Flächenumwandlungen, Bodendegradation). Das globale Ernährungssystem produziert zwar insgesamt Lebensmittel in ausreichender Menge, aber z.T. die falschen (lagerbar und kalorienreich, aber mikronährstoffarm), nicht für alle zugänglich, und zu hohen Umweltkosten.

Alle drei Krisen begründen Landnutzungsansprüche (z.B. Landflächen für negative Emissionen, Schutzgebietsausweitungen, Bevölkerungswachstum und Ernährungsstile mit vielen Tierprodukten), die Lösung einer Krise scheint nur auf Kosten der anderen möglich.

Zur Überwindung dieses „Trilemmas der Landnutzung“ schlägt der WBGU fünf beispielhafte Mehrgewinnstrategien vor, die Synergien nutzen, um im Rahmen eines integrierten Landschaftsansatzes zu verschiedenen Zielen beizutragen.

Eine verantwortungsvoll ausgestaltete Bioökonomie kann eine solche Mehrgewinnstrategie sein, wenn sie nachhaltig produzierte Rohstoffe innerhalb planetarischer Grenzen nutzt und auf bestimmte Nutzungen ausgerichtet wird (v.a. den Holzbau). Ihr Erfolg hängt z.T. von weiteren Mehrgewinnstrategien ab – Renaturierung bzw. eine synergistisch gestaltete landbasierte CO₂-Entfernung, Schutzgebietssysteme ausweiten und aufwerten, Landwirtschaft diversifizieren, Wandel der Ernährungsstile – die im WBGU-Gutachten näher beschrieben sind.

3.9.4 Prioritäten nachhaltiger Biomassenutzung

Um unsere natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten, muss (1) von der innerhalb planetarischer Leitplanken mit nachhaltigen Methoden produzierbaren bzw. nutzbaren Biomasse und Landfläche ausgegangen und die hohe Priorität von Ernährungs- und Biodiversitätssicherung berücksichtigt werden. Dies begrenzt, wieviel Biomasse stofflich und energetisch (sowie zur Tierproduktion) verwendet werden kann – und macht sie sehr wertvoll. (2) Daher sollten bei allen neuen und „traditionellen“ Anwendungen und beim Ersatz fossiler Ressourcen zunächst Alternativen ausgeschöpft werden: Nicht-biobasierte emissionsarme Technologien, Effizienzsteigerungen und ggf. Nachfragereduktion. Z.B. sind Wind- und Solarenergie deutlich flächeneffizienter als Bioenergie, landgebundener Verkehr kann weitgehend elektrifiziert und viel energieeffizienter werden. (3) Nachhaltig erzeugte Biomasse sollte gezielt dort genutzt werden, wo es (noch) keine andere Möglichkeit zur CO₂-Vermeidung gibt (z.B. im Flugverkehr), ihre stofflichen Eigenschaften besonders wichtig sind oder langfristig Kohlenstoff gespeichert werden kann (z.B. im Holzbau). In diesen Anwendungen sollten gesellschaftliche und technische Innovationen gefördert werden, die die Effizienz und Nutzungsdauer (z.B. in Kreisläufen) steigern und damit die „Reichweite“ der knappen Biomasse erhöhen können.

3.9.5 Ambitionierte Bioökonomiestrategien

Fast 60 Länder verfolgen für die Bioökonomie relevante Strategien (IACGB 2020). Diese werden oft mit Umweltzielen motiviert. Tatsächlich kann eine maßvolle, gezielte stoffliche und z.T. auch energetische Biomassenutzung einen begrenzten, aber wichtigen Beitrag zur vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft leisten. In der Umsetzung liegt der Fokus dann jedoch häufig auf wirtschaftlichen Potenzialen – Innovationen, Wachstum, Jobs, höhere Unabhängigkeit der Rohstoffversorgung – während Aspekte wie Landnutzung, Konkurrenz mit Ernährung und Biodiversität sowie Verteilungseffekte unterbelichtet bleiben, auch weil sie aufgrund ihrer hohen Komplexität und überregionalen, systemischen Effekten schwerer zu adressieren sind. Diese Unwucht ist gefährlich, da einer wachsenden Bioökonomie und Landnutzung eine verarmende Biosphäre, hohe Treibhausgasemissionen und die Mangelernährung von Milliarden von Menschen gegenüberstehen.

3.9.6 Steigende Biomassenachfrage

Der globale Biomasseverbrauch hat sich seit 1950 mehr als verdoppelt (Krausmann et al. 2013), in erster Linie durch die Viehhaltung, auf die 60% der genutzten Biomasse entfällt – verglichen mit 12% für pflanzliche Ernährung. Bei energetischen und stofflichen Nutzungen dominiert die Bioenergie (16%) und hier das Kochen und Heizen mit Holz, von dem 2,8 Mrd. Menschen v.a. in Afrika und Asien weiterhin abhängen und das 55% der globalen Holzernäte verbraucht (Carus et al., 2020; Bailis et al., 2015).

„Moderne“ Bioenergie wie Biogas und flüssige Kraftstoffe (bisher ca. 2% des globalen Biomasseverbrauchs) wächst jedoch sehr stark und wird auch zunehmend international gehandelt. Stoffliche Nutzungen machen nur ca. 10% der Biomassenutzung aus, davon 4% für Bauen und Möbel (Piotrowski et al., 2015). Die EU hat einen besonders großen Anteil am globalen Biomasseverbrauch, er liegt bei 170% des globalen Pro-Kopf-Durchschnitts und 120% der EU-Produktion (Kastner et al., 2015).

Durch den nötigen Verzicht auf fossile Energie und Rohstoffe sowie die Dekarbonisierung des Bausektors ist zu erwarten, dass Biomassenachfrage weiter ansteigt. Bauen mit Holz kann emissionsintensiven Stahl und Zement ersetzen und langfristig Kohlenstoff speichern, aber der globale Holzbedarf angesichts von 2,3 Mrd. zusätzlichen Menschen, die bis 2050 in Städten erwartet werden, ist immens und voraussichtlich nur nachhaltig zu decken, wenn andere Holznutzungen z.T. reduziert werden (Churkina et al., 2020; WBGU, 2020, Kap. 3.5.3). In 2050 könnte allerdings auch der vollständige Ersatz fossiler Flugzeugtreibstoffe durch biogene Alternativen alle international verfügbare nachhaltige Biomasse allein verbrauchen, und der Biomassebedarf für Bioplastik, oder für Bioenergie / BECCS in manchen Klimaschutzszenarien, könnte beim 1,5- bzw. dreifachen des nachhaltigen Angebots liegen (Committee on Climate Change, 2018).

3.9.7 Das Trilemma der Landnutzung durch Mehrgewinnstrategien überwinden

Dem bereits hohen Biomasseverbrauch und weiterem starken Nachfragewachstum stehen gleich drei die Landnutzung betreffende Krisen gegenüber.

Erstens eine massive Biodiversitätskrise: Der Mensch verursacht ein weltweites Massensterben, dessen Umfang und Geschwindigkeit mit dem Aussterben der Dinosaurier verglichen wird. Die Aussterberate ist heute 100–1000fach höher als zu vormenschlicher Zeit, dabei sind alle Regionen und Biome vom Biodiversitätsverlust betroffen (De Vos et al.; 2015, Ceballos et al., 2015; Hoekstra et al., 2004). Größte Treiber sind veränderte Landnutzung, direkte Übernutzung, Klimawandel, Verschmutzung und invasive Arten (IPBES 2019). Mehr als drei Viertel der globalen Landfläche wurde durch den Menschen umgewandelt (IPBES, 2018); In Deutschland ist je ein Drittel der Lebensraumtypen in einem schlechten oder unzureichenden Erhaltungszustand, mit intensiver Landwirtschaft als Haupttreiber (BfN, 2020). Ökosystemleistungen, die unsere Lebensgrundlage bilden, wie die Reinigung von Luft und Wasser, Bodenbildung oder Regulierung von Schädlingen, Krankheiten und Extremereignissen, nehmen z.T. stark ab (IPBES 2019).

Zweitens die Klimakrise: 13% der globalen CO₂-Emissionen und 23% der Treibhausgase entfallen auf Land- und Forstwirtschaft und Landnutzungsänderungen (IPCC, 2019: 10), diese müssen gesenkt werden; umgekehrt kann Land der Atmosphäre CO₂ entziehen (aktuell ca. ein Viertel der anthropogenen Emissionen), wenn auch nicht immer dauerhaft; und die Folgen des Klimawandels erfordern schon heute vielerorts eine Anpassung der Landnutzung. Land kann also zum Klimaschutz beitragen, das Problem aber nicht lösen und ist selbst auf Klimaschutz angewiesen.

Drittens eine anhaltende Ernährungskrise auf allen Kontinenten: 2,4 Mrd. Menschen haben keinen ausreichenden Zugang zu Nahrungsmitteln oder hungern (FAO et al., 2021), 1,9 Mrd. sind übergewichtig oder adipös (WHO, 2021), rund 2 Mrd. leiden an Mikronährstoffmangel (FAO et al., 2012), und die Nahrungsmittelproduktion hat große externe Effekte (z.B. Überdüngung, Pestizide, Treibhausgase, Flächenumwandlungen, Bodendegradation). Das globale Ernährungssystem produziert zwar insgesamt Lebensmittel in ausreichender Menge, aber z.T. die falschen (lagerbar und kalorienreich, aber mikronährstoffarm), nicht für alle zugänglich, und zu hohen Umweltkosten.

Alle drei Krisen begründen Landnutzungsansprüche (z.B. Landflächen für negative Emissionen, Schutzgebietsausweitungen, Bevölkerungswachstum und Ernährungsstile mit vielen Tierprodukten), die Lösung einer Krise scheint nur auf Kosten der anderen möglich.

Zur Überwindung dieses „Trilemmas der Landnutzung“ schlägt der WBGU fünf beispielhafte Mehrgewinnstrategien vor, die Synergien nutzen um im Rahmen eines integrierten Landschaftsansatzes zu verschiedenen Zielen beizutragen.

Eine verantwortungsvoll ausgestaltete Bioökonomie kann eine solche Mehrgewinnstrategie sein, wenn sie nachhaltig produzierte Rohstoffe innerhalb planetarischer Grenzen nutzt und auf bestimmte Nutzungen ausgerichtet wird (v.a. den Holzbau). Ihr Erfolg hängt z.T. von weiteren Mehrgewinnstrategien ab – Renaturierung bzw. eine synergistisch gestaltete landbasierte CO₂-Entfernung, Schutzgebietssysteme ausweiten und aufwerten, Landwirtschaft diversifizieren, Wandel der Ernährungsstile – die im WBGU-Gutachten näher beschrieben sind.

3.9.8 Prioritäten nachhaltiger Biomassenutzung

Um unsere Lebensgrundlagen zu erhalten, muss (1) von der innerhalb planetarischer Leitplanken mit nachhaltigen Methoden produzierbaren bzw. nutzbaren Biomasse und Landfläche ausgegangen und die hohe Priorität von Ernährungs- und Biodiversitätssicherung berücksichtigt werden. Dies begrenzt, wieviel Biomasse stofflich und energetisch (sowie zur Tierproduktion) verwendet werden kann – und macht sie sehr wertvoll. (2) Daher sollten bei allen neuen und „traditionellen“ Anwendungen und beim Ersatz fossiler Ressourcen zunächst Alternativen ausgeschöpft werden: nicht-biobasierte emissionsarme Technologien, Effizienzsteigerungen und ggf. Nachfragereduktion. Z.B. sind Wind- und Solarenergie deutlich flächeneffizienter als Bioenergie, landgebundener Verkehr kann weitgehend elektrifiziert und viel energieeffizienter werden. (3) Nachhaltig erzeugte Biomasse sollte gezielt dort genutzt werden, wo es (noch) keine andere Möglichkeit zur CO₂-Vermeidung gibt, ihre stofflichen Eigenschaften besonders wichtig sind oder langfristig Kohlenstoff gespeichert werden kann, z.B. im Holzbau oder im Flugverkehr. In diesen Anwendungen sollten gesellschaftliche und technische Innovationen gefördert werden, die die Effizienz und Nutzungsdauer (z.B. in Kreisläufen) steigern und damit die „Reichweite“ der knappen Biomasse erhöhen können.

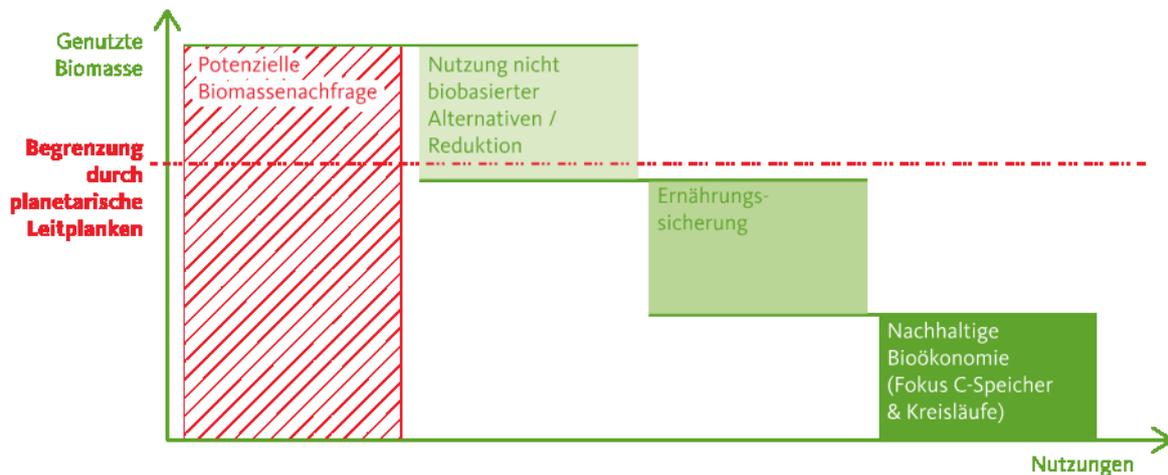


Abbildung 16. Zum Leitbild für eine verantwortungsvolle Bioökonomie: um den Biomasseverbrauch hinter die „planetarischen Leitplanken“ zurückzuführen und unsere natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten, müssen Alternativen genutzt und ggf. Verbrauch reduziert werden. Nach der Ernährungssicherung sollten stoffliche, kohlenstoffspeichernde Nutzungen wie der Holzbau (und ausgewählte energetische Nutzungen) priorisiert werden; die Reichweite knapper Biomasse hängt von Effizienzsteigerungen und Kreislaufnutzung ab. Quelle: WBGU (2020)

3.9.9 Rahmensetzungen für die Bioökonomie und einen solidarischen, nachhaltigen Umgang mit Land

Daraus ergeben sich einige grundsätzliche Anforderungen an Bioökonomiestrategien:

(1) Die Nachhaltigkeit der Bioökonomie entscheidet sich am nachhaltigen Umgang mit Land insgesamt. Dieser erfordert einen integrierten Landschaftsansatz (WBGU 2020, Kap. 2.3.1), der Synergien zwischen Nutzung und Schutz erschließt und Mehrgewinnstrategien für Landnutzung, Produktion und Nutzung von Biomasse eng verzahnt (Renaturierung, Schutzgebietssysteme und diversifizierte Landwirtschaft bzw. Ernährungstilwandel und Bioökonomie / Holzbau).

(2) Rahmensetzungen für nachhaltige Land- und Biomassenutzung (z.B. Verbrauchsreduktionsziele) müssen robust implementiert, mit den resultierenden Knappheiten technisch, politisch und gesellschaftlich umgegangen und hoher Nutzungsdruck ausgehalten werden (konsequenter Schutz der Ökosysteme und der Landrechte indigener / lokaler Bevölkerungsgruppen).

(3) Knappheiten schaffen Gewinner und Verlierer, z.B. wenn Agrarland durch Einschränkungen auf anderen Flächen wertvoller wird. Solche Renten sollten abgeschöpft und ökonomisch benachteiligte Menschen unterstützt bzw. abgesichert werden.

(4) Nachhaltigkeit kann nicht für einzelne Bioökonomiebereiche isoliert abgesichert werden, sondern nur systemisch: Eine lückenhafte Regulierung nur bestimmter Biomassearten, Nutzungen, Produkte, Flächen, Akteure oder Handelsströme (z.B. Nachhaltigkeitsauflagen für Bioenergie, aber nicht im Ernährungssystem) kann zu Verlagerungen auf andere Biomassearten, Länder usw. führen und die Gesamtwirkung stark beeinträchtigen (Woltjer et al. 2017). Solchen Verlagerungseffekten sollte durch umfassende, systemische Regulierungsansätze und internationale Kooperationen begegnet werden.

Systemische Rahmensetzungen und Maßnahmen sind unter anderem in folgenden Bereichen empfehlenswert (Details in WBGU (2020), insbes. Kap. 2.3.1, 3.5.4 und 4.2.6):

Strategische Ziele und Planung verbessern

- Quantifizierte Ziele zur Senkung des absoluten Ressourcenverbrauchs setzen.
- Integrierte Landschaftsansätze bei Planung und Flächenausweisungen, z.B. Ausweisung multifunktionaler Flächen.
- Internationale (Bio-)Rohstoffstrategien entwickeln, z.B. im Bausektor – verzahnt mit Mehrgewinnstrategien zu Renaturierung, Schutzgebieten, diversifizierter Landwirtschaft, Ernährung.
- Bei klimapolitischen Maßnahmen Auswirkungen auf Biomassenachfrage berücksichtigen (z.B. CO₂-Preise, Emissionshandel oder Subventionen) und rechtzeitig Vorkehrungen gegen Übernutzung treffen.
- Indikatoren und Monitoring zu Land und Biomasse verbessern (etwa zu Schutzgebietssystemen, Biodiversität, ökologischen Auswirkungen von Ernährungsstilen im In- und Ausland, Prognose des Biomasseangebots).

Effizienzsteigernde Innovationen und Wiederverwendung stärken

- Biobasierte Technologien / Innovationen v.a. entsprechend ihres Beitrags zum Ökosystemschutz durch Verringerung der Rohstoffnachfrage fördern.
- Kreislauf- und Kaskadennutzung auch für biogene Produkte und Materialien, z.B. (behandeltes) Bauholz und biobasierte Kunststoffe, über Ökodesign-, Rücknahme- und Recyclingvorgaben sowie Standardisierung fördern

Aus partiellen, sektoralen Anreizen, Standards und Ordnungsrecht ein konsistentes System für nachhaltige Biomasseproduktion entwickeln

- Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU in eine Gemeinsame Ökosystempolitik (GÖP) überführen, die die Erhaltung von Ökosystemleistungen honoriert, auch jenseits von Agrarflächen, und durch Lenkungsabgaben ergänzt wird, etwa für Pestizideinsatz.
- „Nachhaltigkeitsstandards 2.0“ möglichst umfassend und verpflichtend machen: Z.B. sollte man die Nachhaltigkeitskriterien, die in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU für Bioenergie angelegt wurden, verbessern (Böttcher et al. 2020), auf Länderebene anwenden (d.h. Kriterien für nachhaltige Landnutzung des Ursprungslands insgesamt), auf alle gehandelte Biomasse ausdehnen (v.a. auch Futter- und Nahrungsmittel) sowie aus Förderauflagen Verpflichtungen machen, da Biomassenutzung bei strenger Klimapolitik auch ohne öffentliche Förderung rentabler wird.

Handelspolitik neu ausrichten

- Impact Assessments für nachhaltige Handelsabkommen, die auch Kontrollmechanismen enthalten müssen
- Nachhaltigkeitsstandards kooperativ ausweiten, inklusive Monitoring von Biomasseströmen, und ggf. Grenzausgleichsmaßnahmen bei stark unterschiedlichen Standards
- Handelsrecht reformieren

Verteilungseffekte antizipieren und adressieren

- Subventionen für Landnutzung und Biomassenutzung (z.B. Bioenergie) reformieren.
- Landrenten abschöpfen, die z.B. bei Verknappung von Agrarland im Zuge von Schutzgebietsausweitungen entstehen, und für Ausgleichsmaßnahmen verwenden.
- veränderte Erzeuger- und Nahrungsmittelpreise z.T. abfedern.

3.9.10 Bioökonomie adaptiv weiterentwickeln und in größeren Transformationsprozess einbetten

Diese verantwortungsvolle Gestaltung der Bioökonomie kann nur als Teil einer größeren Transformation zur Nachhaltigkeit gelingen. Diese kann nicht einfach „verordnet“ werden, schon weil weder das Ziel in allen Details klar, gesellschaftlich breit akzeptiert oder überhaupt nur thematisiert ist, noch der Weg dorthin eindeutig und bekannt wäre; sie ist ein vielmehr gesellschaftlicher Suchprozess (WBGU 2011), der auf mehreren Governance-Ebenen ausgelöst wird. Einzelne Akteure, die bereits heute auf einen solidarischen, nachhaltigen Umgang mit Land hinarbeiten, wirken als Pioniere und Vorbilder, müssen gestärkt und zur Verantwortungsübernahme ermächtigt werden. Der gestaltende Staat muss dafür Rahmenbedingungen setzen und laufend weiterentwickeln. Dafür muss er auch international in bestehenden und neuen Institutionen und Formaten kooperieren (WBGU 2020), um eine globale Landwende zu erreichen.

3.10 Literatur Teil 3: Rahmenbedingungen und Leitplanken für eine nachhaltige Bioökonomie

Aguilar, A., Bochereau, L., & Matthiessen, L. (2009). Biotechnology as the engine for the Knowledge-Based Bio-Economy. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 26(1), 371–388. <https://doi.org/10.5661/bger-26-371>

Aktionsforum Bioökonomie (2021). Impulse für den Bioökonomierat. <https://www.forumue.de/positionspapier-impulse-fuer-den-biooekonomierat/>

Backhouse, M., Lehmann, R., Lorenzen, K., Lühmann, M., Puder, J., Rodríguez, F., & Tittor, A. (Hrsg.) (2021). *Bioeconomy and Global Inequalities*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-68944-5>

Backhouse, M., Lehmann, R., Lühmann, M., & Tittor, A. (2018). Bioökonomie als technologische Innovation. *Forum Umwelt & Entwicklung Rundbrief* (1), 14–15.

Backhouse, M., Lorenzen, K., Lühmann, M., Puder, J., & Rodríguez, A. T. (2017). Bioökonomie-Strategien im Vergleich: Gemeinsamkeiten, Widersprüche und Leerstellen. Jena. <https://www.bioinequalities.uni-jena.de/publikationen/working+papers>
Auswärtiges Amt (2016) Nationaler Aktionsplan Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. <https://www.auswaertiges-amt.de/blob/297434/8d6ab29982767d5a31d2e85464461565/nap-wirtschaft-menschenrechte-data.pdf> (Abruf: 07.12.2021)

Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A. und Maserà, O. (2015): The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change* 5 (3), 266–272.

Berger, Lars; Ober, Steffi; Huwe, Vivienne (2021): Bürgerdialog Bioökonomie: Ein Beitrag zur sozial-ökologischen Transformation: Ergebnisse des F+E-Vorhabens „Bürgerdialog zu Chancen und Risiken der Bioökonomie für die biologische Vielfalt“ (FKZ 3519 85 0200) <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript615.pdf>

BfN (2017). Hintergrundpapier zu Neuen Techniken: Neue Verfahren in der Gentechnik: Chancen und Risiken aus Sicht des Naturschutzes. Bundesamt für Naturschutz. <https://www.bfn.de/suche?k=Hintergrundpapier+Neue+Techniken>

BfN (2021). New developments and regulatory issues in plant genetic engineering. Bundesamt für Naturschutz. <https://www.bfn.de/publikationen/positionspapier/new-developments-and-regulatory-issues-plant-genetic-engineering>

BMBF (2015). Weiße Biotechnologie – Chancen für eine biobasierte Wirtschaft. <https://biooekonomie.de/service/publikationen>

BMBF (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/nationale-biooekonomiestrategie-langfassung.pdf;jsessionid=3B108410335BDD5DE4E903E9D48AB4CA.live832?__blob=publicationFile&v=4

BMBF & BMEL (2020). Nationale Bioökonomiestrategie. <https://biooekonomie.de/themen/politikstrategie-deutschland>

BÖR (2015a). Bioeconomy Policy (Part II): Synopsis of National Strategies around the World. A report from the German Bioeconomy Council. 2. Deutscher Bioökonomierat. <https://www.biooekonomierat.de/publikationen/archiv.php>

BÖR (2015b). Bioeconomy Policy: Synopsis and Analysis of Strategies in the G7. report from the German Bioeconomy Council. Berlin. 2. Deutscher Bioökonomierat. <https://www.biooekonomierat.de/publikationen/archiv.php>

BÖR (2018). Bioeconomy Policy (Part III). Update Report of National Strategies around the World: A report from the German Bioeconomy Council. 2. Deutscher Bioökonomierat. <https://www.biooekonomierat.de/publikationen/archiv.php>

Böttcher, H., Hennenberg, K., Hünecke, K., Fehrenbach, H., Rettenmaier, N., Bischoff, M., Reise, J. (2020): Naturschutz und fortschrittliche Biokraftstoffe. BfN-Skripten 580, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

CBD/COP (2016). Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention of Biological Diversity. XIII/17. Synthetic Biology: CBD/COP/DEC/XIII/17, 16. December 2016. Thirteenth meeting, Cancun, Mexico, 4-17 December 2016.

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., Garcia, A., Pringle, R. M. und Palmer, T. M. (2015): Accelerated modern human– induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Environmental Sciences* 1:e1400253, 6.

Christliche Initiative Romero (2019) Der deutsche Rohstoffhunger und seine menschenrechtlichen Folgen im Globalen Süden. https://www.ci-romero.de/wp-content/uploads/2019/09/190925_Der-deutsche-Rohstoffhunger_Interaktiv_web.pdf (Abruf: 07.12.2021)

Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P. O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., Reck, B. K., Graedel, T. E. und Schellnhuber, H. J. (2020): Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability* 3 (1), 10.

Deutscher Bundestag (2021). Plenarprotokoll 19/204: Stenografischer Bericht, Donnerstag, den 14. Januar 2021. Berlin. <https://www.bundestag.de/dokumente/protokolle/plenarprotokolle>

De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R. und Pimm, S. L. (2015): Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology* 29 (2), 452–462.

DGCN (2014) Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. <https://www.auswaertigesamt.de/blob/266624/b51c16faf1b3424d7efa060e8aaa8130/un-leitprinzipien-de-data.pdf> (Abruf: 07.12.2021)

Eckerstorfer, M. F., Grabowski, M., Lener, M., Engelhard, M., Simon, S., Dolezel, M., Heisenberger, A., & Lüthi, C. (2021). Biosafety of Genome Editing Applications in Plant Breeding: Considerations for a Focused Case-Specific Risk Assessment in the EU. *BioTech*, 10(3), 10. <https://doi.org/10.3390/biotech10030010>

Ekardt, Felix; Wieding, Jutta; Zorn, Anika (2018): Paris Agreement, precautionary principle and human rights. Zero emissions in two decades? *Sustainability* 10(8) 2018, 2812 ff., <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2812/pdf>.

Ekardt, Felix; Stubenrauch, Jessica; Garske, Beatrice; Heß, Franziska (2021): Bioökonomie-Gesetzgebung: Steuerungsoptionen auf europäischer und nationaler Ebene. Studie im Auftrag des NABU e.V. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biooekonomie/211124-nabu-biooekonomie_2021_ekart.pdf

Engelhard, M. (2016). *Synthetic Biology Analysed: Tools for Discussion and Evaluation*. Springer.

European Commission (2018). A new bioeconomy strategy for a sustainable Europe. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/bioeconomy/bioeconomy-strategy_en

European Commission (2018) Bioeconomy: the European way to use our natural resources - Action plan 2018. European Commission Directorate-General for Research and Innovation Unit F – Bioeconomy. Brussels <https://doi.org/10.2777/79401>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, WFP und IFAD (2012): The State of Food Insecurity in the World 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rom: FAO.

Fritsche, Uwe., Eppler, Ulrike., Ribak, Sina. (2021): NABU-Studie: Zukunftsfähige Bioökonomie. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biooekonomie/210505_nabu-inas_biooekonomie-studie.pdf

Göpel, Maja (2016). The Great Mindshift. How a New Economic Paradigm and Sustainability Transformations go Hand in Hand. Cham – Heidelberg – New York – Dordrecht – London, Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-43765-1.

Gottwald, F., & Krätzer, A. (2014). Irrweg Bioökonomie. Kritik an einem totalitären Ansatz. Suhrkamp.

Grefe, Christiane (2016) Global Gardening: Bioökonomie - Neuer Raubbau oder Wirtschaftsform der Zukunft? Bundeszentrale für politische Bildung. Bonn.

Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts, T. H. und Roberts, C. M. (2004): Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8, 23–29.

IACGB – International Advisory Council on Global Bioeconomy (2020): Global Bioeconomy Policy Report (IV): A decade of bioeconomy policy development around the world. Berlin: IAC.

Initiative Lieferkettengesetz (2020) Anforderungen an ein wirksames Lieferkettengesetz. https://lieferkettengesetz.de/wp-content/uploads/2020/08/Initiative_Lieferkettengesetz_Forderungen_U%CC%88bersicht.pdf (Abruf: 07.12.2021)

IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018): The Assessment Report on Land Degradation and Restoration. Bonn: IPBES Secretariat.

IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019): The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: IPBES Secretariat.

IPCC (2019): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimawandel und Landsysteme: ein IPCC-Sonderbericht über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasfüsse in terrestrischen Ökosystemen. Deutsche Übersetzung auf Basis der Onlineversion inklusive Errata vom 12. Dezember 2019. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, Mai 2020. https://www.de-ipcc.de/media/content/SRCCL-SPM_de_barrierefrei.pdf

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2019b): Climate Change and Land. An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Summary for Policymakers. Genf: IPCC.

ISAAA (2019). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019: Biotech Crops Continue to Help Meet the Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier. ISAAA Brief No. 55 (Nr. 54). Ithaca, NY.

Kastner, T., Erb, K.-H. und Haberl, H. (2015): Global human appropriation of net primary production for biomass consumption in the European Union, 1986–2007. *Journal of Industrial Ecology* 19 (5), 825–836.

Krausmann, F., Erb, K. H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauk, C., Plutzer, C. und Searchinger, T. (2013): Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* doi:10.1073/pnas.1211349110, 6.

Koos, Sebastian; Lauth, Franziska (2020): Die gesellschaftliche Unterstützung von Fridays for Future In: Haunss, Sebastian; Sommer, Moritz (Hrsg.): Fridays for Future - Die Jugend gegen den Klimawandel: Konturen der weltweiten Protestbewegung. Transcript/ S. 205-226/ Bielefeld. <https://dx.doi.org/10.14361/9783839453476-010>

Lehmann, R., Puder, J., & Backhouse, M. (2020). Widersprüchliche Ziele: Neue Bioökonomiestrategie der Bundesregierung. *Informationsbrief Weltwirtschaft und Entwicklung*(01-02), 5–6.

Lorenzo, V. de, & Schmidt, M. (2018). Biological standards for the Knowledge-Based BioEconomy: What is at stake. *New Biotechnology*, 40(Pt A), 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.05.001>

Lühmann, M. (2019). Wessen Bioökonomie für Europa? Die Ausrichtung der EU-Bioökonomie nach ihrer Aktualisierung. Working Paper Nr. 4, Bioeconomy & Inequalities. <https://www.bioinequalities.uni-jena.de/publikationen/working+papers>

Meyer, R. (2017). Bioeconomy Strategies. Contexts, Visions, Guiding Implementation Principles and Resulting Debates. *Sustainability*, 9(6).

Ober, Steffi; Huwe, Vivienne (2020): Technikfixierung bremst Bürgerbeteiligung. Teilhabe in der bioökonomischen Transformation. In: oekom e.V. - Verein für ökologische Kommunikation (Hrsg.): Bioökonomie. Weltformel oder Brandbeschleuniger? (Politische Ökologie), S. 78–83.

OECD (2009). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Main Findings and Policy Conclusions.

OECD (2018). Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy. Executive summary. <https://doi.org/10.1787/9789264292345-3-en>

Oxfam (2019) Schwarzer Tee, weiße Weste Menschenrechtsverletzungen auf Teeplantagen in Assam und die Verantwortung deutscher Unternehmen. <https://www.oxfam.de/system/files/schwarzer-tee-weiße-weste-assam.pdf> (Abruf: 07.12.2021)

Patemann, C., & Aguilar, A. (2018). The origins of the bioeconomy in the European Union. *New Biotechnology*, 40, 20–24.

Piotrowski, S., Essel, R., Carus, M., Dammer, L. und Engel, L. (2015): Schlussbericht zum Vorhaben: Nachhaltig nutzbare Potenziale für Biokraftstoffe in Nutzungskonkurrenz zur Lebens- und Futtermittelproduktion, Bioenergie sowie zur stofflichen Nutzung in Deutschland, Europa und der Welt. Hürth: Nova-Institut.

Ribarits, A., Eckerstorfer, M., Simon, S., & Stepanek, W. (2021). Genome-Edited Plants: Opportunities and Challenges for an Anticipatory Detection and Identification Framework: 430. *Foods*, 10, 430. <https://doi.org/10.3390/foods10020430>

Sauter, A., Albrecht, S., van Doren, D., König, H., Reiß, T., & Trojok, R. (2016). Synthetic biology – The next phase of biotechnology and genetic engineering. Office of Technology Assessment at the German Bundestag.

Schneidewind, Uwe (2012): <https://wupperinst.org/forschung/transformative-forschung>

Shah, E., Ludwig, D., & Macnaghten, P. (2021). The complexity of the gene and the precision of CRISPR. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 9(1), E8. <https://doi.org/10.1525/elementa.2020.00072>

Spangenberg, J., & Kuhlmann, W. (2020). Bioökonomie im Lichte der planetaren Grenzen und des Schutzes der biologischen Vielfalt. <https://denkhausbremen.de/biodiversitaet-in-gefahr/>

Synthetic Biology Leadership Council (2015). *Biodesign for the Bioeconomy: UK Synthetic Biology Strategic Plan 2016*.

The White House (2012). *National Bioeconomy Blueprint*. Washington. <https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/eop/ostp/library/bioeconomy>

UBA Umweltbundesamt (2015): Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel: Gesellschaftlicher Wandel als Mehrebenenansatz. Bericht des AP2, ISSN 1862-4804, S. 13 ff. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/gesellschaftlicher-wandel-als-mehrebenenansatz>

WBGU (2011): *Welt im Wandel Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2011/pdf/wbgu_jg2011.pdf

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020): *Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration*. Berlin: WBGU.

WHO – World Health Organization (2021): *Obesity and Overweight*. WHO Factsheet. Abgerufen am 10.11. von <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

Woltjer, G., Daioglou, V. Elbersen, B., Barberena Ibañez, G., Smeets, E., Sánchez González, D., Gil Barnó, J. (2017): *Study report on reporting requirements on biofuels and bioliquids stemming from directive (EU) 2015/1513*. Brüssel: Europäische Kommission.

