

Position 79

Bioökonomie



Inhalt

1a.	Zusammenfassung	4
1b.	Summary	6
2.	Kernforderungen des BUND	8
3.	Einführung: Warum Bioökonomie diskutieren?	10
4.	Hintergründe und Kontext der Bioökonomie-Politik	15
5.	Anforderungen an Bioökonomie aus BUND-Sicht	18
5.1	Wirtschaft, Ökonomie, Wohlstandsbegriff, Suffizienz	19
5.2	Naturschutz	21
5.3	Landwirtschaft	22
5.4	Gentechnik	26
5.5	Meer und Küste	28
5.6	Internationale Umweltpolitik	29
5.7	Wald	31
5.8	Energie: Energieschwemme oder Energiekrise durch Bioökonomie?	33
5.9	Chemische Produktion	35
5.10	Kompostierung: Der „klassische“ Kreislauf der Biomasse durch Kompostierung	39
5.11	Biomasse als Ersatz für fossile, metallische und mineralische Rohstoffe	40
6.	Ausblick auf eine nachhaltige Bioökonomie	44
7.	Quellen	46
8.	Anhang	50
	Bioökonomie: Ziele, Diskurse, Erzählungen und Akteure. Eine Dekonstruktion	
9a.	Nachwort: Der BUND und seine BUND Positionen	60
9b.	Epilogue: BUND/FoE Germany and our BUND Positions	62

1a. Zusammenfassung

Das Wirtschaftssystem ist eingebettet in Ökosystemen und hängt neben der Energiezufuhr entscheidend von den Biomasse-, Mineralien- und Metall-Stoffströmen ab. Die tradierte Form des Wirtschaftens mit einer raubbau-artigen Entnahme von Rohstoffen und der Deponierung von Abfallstoffen führt zu immensen Schäden und gesellschaftlichen Kosten (BUND 2023c). Beschränkungen des global organisierten Raubbau-Deponierungs-Systems führen aber zu massivem sozio-ökonomischem Strukturwandel, der erhebliche Widerstände hervorrufen kann.

Mit dieser Position stellt der BUND seine Argumente und Vorschläge für eine nachhaltige Gestaltung der Bioökonomie vor. Bioökonomie muss als ein neues Politikfeld begriffen werden, welches quer durch die Bereiche bereits etablierten Felder von Umwelt-, Agrar-, Wirtschafts-, Entwicklungs- und Energiepolitik verläuft. Aufgrund der hohen Forschungsförderungsetats für die industrielle Bioökonomie ist auch die Forschungspolitik ein wichtiges Handlungsfeld. Rund 4,4 Millionen Erwerbstätige (einschließlich Land- und Forstwirtschaft) sind von der Gestaltung der Bioökonomie abhängig – das sind etwa 8–9% der gesamten Erwerbstätigen in Deutschland. Somit sind auch arbeitspolitische Fragen ebenso von Bedeutung. Die Relevanz von Bioökonomie-Politik liegt in den weitreichenden Veränderungsprozessen begründet, die in all diesen Bereichen bei einer zukunftsfähigen Gestaltung der Bioökonomie zu erwarten sind.

Damit eine Umstellung der Rohstoffbasis wichtiger Wirtschaftsbereiche auf Biomasse als Ausgangsmaterial und die davon angetriebene Nachfrage nach Biomasse nicht zu weiteren Verlusten an Biodiversität und Wassermangel, und insbesondere in den Staaten des globalen

Südens zur Unterminierung der Ernährungssouveränität und zu Nahrungsmangel führt, müssen zwei Voraussetzungen gegeben sein: Einerseits muss der deutsche Ressourcenkonsum deutlich gesenkt werden, auch damit der verbleibende Bedarf aus einheimischen Quellen nachhaltig gedeckt werden kann (BUND 2023c). Zum anderen muss klar bestimmt werden, wie viel Biomasse überhaupt nachhaltig zur Verfügung steht. Hier hilft das Konzept der Planetaren Grenzen: um im sicheren Bereich für den Erhalt der biologischen Vielfalt zu sein, dürfen demnach nicht mehr als 10% der weltweiten Nettoprimärproduktion (d. h. der von Pflanzen und Algen erzeugten Biomasse) vom Menschen in Anspruch genommen werden. Von 10% bis 20% befinden wir uns demnach im Bereich ansteigenden Risikos, und über 20% beginnt die Hochrisikozone (Richardson et al. 2023). Heute entnehmen wir rund 30%, ein Zustand der wesentlich zum galoppierenden Artenverlust beiträgt. Eine nachhaltige Bioökonomie kann deshalb nicht auf zusätzliche Biomasse zurückgreifen, sondern muss dazu beitragen, den Verbrauch an Biomasse deutlich zu senken.

Die Kriterien für „nachhaltige Biomasse“ müssen dafür, gekoppelt an strenge natur- und klimaschutzfachliche Kriterien, bindende Obergrenzen setzen. Das gilt insbesondere für den Flächenbedarf, denn national wie global drohen sich Flächenkonkurrenzen durch Bioökonomie weiter zu verschärfen (BUND 2025). Dazu ist es notwendig, die Flächenkonkurrenz mit dem Naturschutz, der Energiewende oder der Bodenversiegelung durch Siedlungs- und Infrastrukturausbau sowie dem natürlichen Klimaschutz zu verringern – im novellierten Bundesklimaschutzgesetz ist die Stärkung der Klimaschutzfunktion natürlicher Ökosysteme wie Wälder und Moore als Ziel festgelegt.

Vermeiden lässt sich die Konkurrenz nach Auffassung der Bundesregierung so nicht, denn man geht davon aus, dass in Zukunft die Nachfrage nach Biomasse steigen und damit die Planetare Grenze für die Integrität der Biosphäre noch stärker überschritten wird. Leider ist die Biomassestrategie der Bundesregierung, die diese Fragen klären sollte, bis zum Abschluss der 20. Legislaturperiode 2025 nicht zustande gekommen.

Bioökonomie-Szenarien, die auf eine Ausweitung des Imports von Biomasse von außerhalb der EU setzen, müssen ausgeschlossen werden, um Umwelterstörung, Menschenrechtsverletzungen und Vertreibungen in Exportländern zu verhindern. Die Einhaltung der Grenzen für Biomasseproduktion und -import muss klaren Vorrang vor wirtschaftlichen Interessen an einer ausgeweiteten Biomassenutzung haben: Ernährungssouveränität, Natur- und Arten- sowie Klimaschutz müssen Vorrang vor der Verwendung von Biomasse für neue bioökonomische Produkte und Prozesse haben. Dieser Vorrang muss durch ordnungspolitische Maßnahmen und andere Rechtssetzungen sichergestellt werden.

Die Ökologisierung der Land- und Forstwirtschaft als heute größte Teilbereiche der Bioökonomie muss im Mittelpunkt der Bioökonomiepolitik stehen. Instrumente wie Gesetze und Verordnungen, die negative Umweltauswirkungen von Land- und Forstwirtschaft schon heute begrenzen, sollten dafür konsequenter gestaltet und umgesetzt werden. Bei der kommenden Gestaltung von Regeln für Land- und Forstwirtschaft muss der Klima- und Biodiversitätsschutz konsequent vorrangig berücksichtigt werden. Bestehende umweltschädliche Subventionen (z. B. Anreize zur Waldholzverbrennung, Förderung von Agrartreibstoffen) müssen abgebaut und die Mittel auf ökologische Land- und Forstwirtschaft umgelenkt werden. Das Primat der techno-

logischen Lösungen in der bioökonomischen Forschungsförderung Deutschlands und der Europäischen Union, einschließlich des Einsatzes neuen Gentechniken in Nahrungsmittelproduktion und in freien Natur, muss abgelöst werden von einer Neuausrichtung auf ökologische und soziale Innovationen.

Wenn die Belange von Klima-Natur und Umweltschutz nicht deutlich stärker in die Gestaltung der Bioökonomie einfließen, droht sie nach Auffassung des BUND das Überschreiten der planetaren Grenzen noch weiter voranzutreiben und globale Ungleichheiten weiter zu zementieren. Dabei sind Lösungen gefragt, die die Krisensituationen Klima, Energieversorgung, Biodiversität und Ernährung nicht gegeneinander ausspielen, sondern übergreifend bearbeiten. Bioökonomie ist aus diesen Gründen ein unverzichtbares Handlungsfeld für den BUND. Um ihre Expertise in die Gestaltung der Bioökonomie einbringen zu können, müssen jedoch zivilgesellschaftliche Akteure mit den notwendigen Ressourcen ausgestattet werden – eine Forderung, die auch der Bioökonomierat der Bundesregierung unterstützt hat. Erst durch frühzeitige Information, Partizipation und Konsenssuche entsteht die Legitimität, die eine Transformation weiterer Teile der Wirtschaft benötigt.

1b. Summary

The economic system is embedded in ecosystems and, in addition to the energy supply, depends crucially on biomass, minerals and metal material flows. The traditional form of economic activity with the depletion-like extraction of raw materials and the dumping of waste materials leads to immense damage and social costs (BUND 2023c). However, restrictions on the globally organised over-exploitation-landfill system lead to massive socio-economic structural change, which can cause considerable resistance.

With this position, BUND presents its arguments and proposals for a sustainable bioeconomy. The bioeconomy must be understood as a new policy field that cuts across the established fields of environmental, agricultural, economic, development and energy policy. Due to the high research funding budgets for the industrial bioeconomy, research policy is also a central field of action. Around 4.4 million workers (including agriculture and forestry) depend on the design of the bioeconomy – that is about 8–9% of the total workforce in Germany. Thus, labour policy issues are also important. The relevance of bioeconomy policy lies in the far-reaching change processes that are to be expected in all these areas if the bioeconomy is to be designed in a sustainable way.

Two conditions must be met to ensure that the conversion of the raw material base of important economic sectors to biomass as a starting material and the resulting demand for biomass does not lead to further biodiversity loss and water shortages, and in particular to the undermining of food sovereignty and food shortages in the countries of the Global South: On the one hand, German resource consumption must be significantly reduced, so that the remaining demand can be sustainably met

from domestic sources (BUND 2023c). On the other hand, it must be clearly determined how much biomass is sustainably available at all. The criteria for ‘sustainable biomass’ must set binding upper limits for this, based on the Planetary Boundary for human appropriation of the net primary production of the world’s ecosystems. This threshold has been set at 10% of the natural production, with 10–20% described as the zone of increasing risk for biodiversity and ecosystem integrity. Above 20% we are in the high risk zone – and currently global human appropriation is close to 30%. A sustainable bioeconomy cannot claim additional biomass but must instead contribute to a drastic reduction of biomass use, coupled with strict nature and climate protection criteria. This applies in particular to the land requirements – nationally and globally, competition for land threatens to intensify further, not least driven by a growing bioeconomy (BUND 2025). To this end, it is necessary to reduce the competition for land with nature conservation, energy system transformation, soil sealing due to the expansion of settlements and infrastructure and natural climate protection – the amended Federal Climate Protection Act sets out the strengthening of the climate protection function of natural ecosystems such as forests and moors as an objective. However, in the opinion of the German federal government, increasing competition cannot be avoided, because it is assumed that the demand for biomass will increase in the future. Unfortunately, the German government’s biomass strategy, which was supposed to clarify these issues, has not materialised by the end of the 20th legislative period in 2025.

Bioeconomy scenarios that rely on an increase in biomass imports from outside the EU must be ruled out in order to prevent environmen-

tal degradation, human rights violations and displacement in exporting countries. Respecting the limits for biomass production and import given by the Planetary Boundary must have clear priority over the economic interests in expanded biomass use: food sovereignty, nature and species conservation, and climate protection must take precedence over the use of biomass for new bioeconomic products and processes. This priority must be ensured by regulatory measures and other legislation.

The greening of agriculture and forestry, which are currently the largest sub-sectors of the bioeconomy, must be at the centre of bioeconomic policy. Instruments such as laws and regulations that already limit the negative environmental impacts of agriculture and forestry should be designed and implemented more consistently to achieve this. When designing future rules for agriculture and forestry, climate and biodiversity protection must be consistently given priority. Existing environmentally harmful subsidies (e. g. incentives for forest wood burning, promotion of agrofuels) must be redirected towards organic farming and forestry. The primacy of technological solutions in bioeconomic research funding in Germany and the European Union, including applying new genetic engineering technologies in food production and in nature, must be replaced by a reorientation towards ecological and social innovations.

If the concerns of climate, nature and environmental protection are not incorporated much more strongly into the design of the bioeconomy, it threatens to further push the planetary boundaries and to further cement global inequalities. What is needed are solutions that do not play off the crisis situations of climate, energy supply, biodiversity and nutrition against each other, but rather address them comprehensively. For these reasons, bioeconomy is an indispensable field of action for

BUND. However, in order to be able to contribute their expertise to the design of the bioeconomy, civil society actors must be provided with the necessary resources – a demand that has also been supported by the German Federal Government's Bioeconomy Council. Only through early information, participation and consensus-building can the legitimacy be achieved that a transformation of large parts of the economy requires.

2. Kernforderungen des BUND

Bioökonomie ist ein Sammelbegriff für viele unterschiedliche Anwendungen. Dazu zählen etwa der ökologische Landbau und die artgerechte Tierhaltung, die der BUND unterstützt. Ebenso gehören jedoch gentechnische Eingriffe in Lebensmittel und Ökosysteme dazu, die der BUND klar ablehnt. Deshalb lässt sich keine pauschale Bewertung der Bioökonomie abgeben – wohl aber eine über ihre konkreten Anwendungen und deren Rahmenbedingungen.

Reduzierung des Ressourcenverbrauchs ist eine Nachhaltigkeits-Voraussetzung. Für eine nachhaltige Bioökonomie ist entscheidend: Sie muss Teil einer Politik sein, die den Ressourcenverbrauch systematisch senkt. Biomasse darf nicht als Ersatz für fossile Rohstoffe missverstanden werden. Ein solcher Ersatz ist aus zwei Gründen nicht möglich:

- Die verfügbaren Rohstoffmengen sind gering, und die Natur wird schon heute weit über alle Planetaren Grenzen hinaus ausgeplündert. Der weltweite Verbrauch an Biomasse muss zum Erhalt der biologischen Vielfalt um 2/3 gesenkt werden (Richardson et al. 2023). Bioökonomie bleibt damit mengenmäßig eine Nischentechnologie, und das muss so bleiben.
- Der politische Fokus darf nicht auf der Erschließung neuer Ressourcen liegen. Vorrang muss die Vorbereitung auf eine postfossile Wirtschaft haben, mit deutlich reduziertem Energie- und Rohstoffverbrauch im Sinne einer dekarbonisierten Postwachstumsgesellschaft.

Eine verstärkte Förderung von Ressourceneffizienz und Suffizienz ist notwendig, denn Effizienz alleine genügt nicht. Ohne Maßnahmen zur Erforschung und Umsetzung von Suffizienz-Strategien kann Bioökonomie nicht nachhaltig sein, denn Wirtschaftswachstum und Ressour-

cenverbrauch lassen sich nur sehr begrenzt voneinander entkoppeln (Parrique et al. 2019; Haberl et al. 2020). Besonders kritisch bei der Biomasseproduktion sind der Flächen- und Wasserverbrauch sowie die damit einhergehende Gefährdung der biologischen Vielfalt.

DER BUND FORDERT:

Prioritäten rechtlich verankern

- Flächenvorrang für Naturschutz. Flächen für den Naturschutz sind schon jetzt zu knapp. Die Nutzung von Flächen für industrielle Biomasseproduktion (für Stoffe und Energie) darf diese Flächenkonkurrenz nicht weiter befördern.
- Keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung. Keine Ausweitung von Biomasse-Importen. Flächenkonkurrenz darf nicht zu einer Verlagerung ökologischer oder sozialer Probleme in den Globalen Süden führen. Das Menschenrecht auf genügend gesunde Nahrung muss gesetzlich verankert und mit Maßnahmen wie weniger Intensivtierhaltung und Futtermittelimporte, Lieferkettenregelungen und Schutz der Agrobiodiversität unterstützt werden.
- Umsetzung einer sozial wie ökologischen nachhaltigen Landwirtschaft. Landwirtschaftliche Nutzung zur Lebensmittelerzeugung muss Vorrang haben. Der Mehrbedarf an Fläche für eine ökologische Lebensmittelerzeugung – etwa für Extensivierung, Agroforstsysteme oder Brachflächen – ist zu berücksichtigen.
- Einsatz von Primärrohstoffen begrenzen. Der Anbau von Biomasse für industrielle Zwecke sollte auf wenige Anwendungen beschränkt bleiben, die die geringsten ökologischen Schäden verursachen und dem Klima- und Biodiversitätsschutz am besten dienen. Biomasse für industrielle Zwecke darf nur ge-

nutzt werden, wenn keine bessere Alternative besteht. In jedem Fall gilt: die Mengen müssen durch Vermeidung und Effizienz so gering wie möglich bleiben.

- Sekundärrohstoffe im Kreislauf halten. Biogene Stoffe sollen so lange wie möglich im Kreislauf bleiben – durch Wiederverwendung, Reparatur und Recycling auf hohem Qualitätsniveau. Dafür braucht es rechtliche und wirtschaftliche Anreize.
- Strikte Gentechnik-Regulierung. Gentechnisch veränderte Organismen (GVO), auch in der Bioökonomie, müssen dem europäischen Gentechnikrecht unterliegen. Ihr Anbau oder Import darf nur nach Risikoprüfung und Zulassung, sowie mit Kennzeichnung und Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit erfolgen. Eine Deregulierung nach US-Vorbild widerspricht dem europäischen Vorsorgeprinzip (Then 2019).

Quellen nachhaltig nutzen

- Vorrang für Reststoffe. Biomasse für industrielle Zwecke soll vorrangig aus Reststoffen aus der Herstellung und dem Konsum von Lebens- und Futtermitteln stammen. Der direkte Anbau von Pflanzen für diesen Zweck ist zu minimieren. Die Menge verfügbarer Reststoffe ist begrenzt und setzt dem Wachstum der Bioindustrie natürliche Grenzen.
- Energie aus Biomasse begrenzen. Die energetische Nutzung von Biomasse ist ineffizient und flächenintensiv. Ein verbindlicher Ordnungsrahmen muss den zulässigen Flächeneinsatz regeln und stoffliche Nutzung klar vorziehen.
- Nachhaltige Anbaumethoden. Wird Biomasse land- oder forstwirtschaftlich angebaut, muss dies umweltgerecht erfolgen. Monokulturen für Bioraffinerien sind in Land- und Forstwirtschaft auszuschließen. Die Rückführung von Nährstoffen soll ortsnah erfolgen. Wasserverfügbarkeit ist vor der Anbauentscheidung zu prüfen – auch wegen zunehmender Dürrefahren durch die Klimakrise.

Wirtschaftliche Perspektiven schaffen

- Paludikultur fördern. Für nicht mehr ackerfähige Flächen, etwa durch Wiedervernässung von Mooren, sollen neue Märkte für nachhaltige Paludikultur-Produkte geschaffen und staatlich unterstützt werden. Einkommensverluste sind auszugleichen.
- Umweltschädliche Subventionen abschaffen. Statt das Wachstum der Bioökonomie-Industrie weiter zu fördern, müssen umweltschädliche Subventionen abgebaut werden. Diese benachteiligen oft nachhaltigere Nutzungen.
- Forschung neu ausrichten. Die Förderung darf sich nicht auf industrielle Verwertbarkeit, Anlagentechnik und Gentechnik konzentrieren. Stattdessen muss sie der nachhaltigen Gestaltung der Bioökonomie nach den genannten Kriterien dienen.

3. Einführung: Warum Bioökonomie diskutieren?

Während sich die sozialökologischen Krisen rasant verschärfen, kommt der Ausstieg aus den fossilen Energieträgern weiterhin oft nur holprig voran und droht in der 21. Legislaturperiode weiter in den Hintergrund gedrängt zu werden. Die Debatte über die möglichen Transformationswege nimmt zwar zu, aber auch die Forderungen nach einem Roll-back werden lauter, von der Wiedererweckung der Atomenergie bis zu Maßnahmen wie der Errichtung von unterirdischen CO₂-Deponien (CCS, Carbon Capture and Storage), die den Ausstieg aus fossilen Energieträgern auf die lange Bank schieben würden (BUND 2023b). Vor diesem Hintergrund hat die Bioökonomie verstärkte Aufmerksamkeit erfahren. Das Konzept steht im weitesten Sinne für eine Wirtschaftsform, die sich aus der Nutzung von biogenen Ressourcen speist, einschließlich des biologischen Wissens. Über die diese vage Definition hinaus gibt es allerdings kein einheitliches Begriffsverständnis, das von allen an der Debatte beteiligten Akteuren geteilt wird. Vielmehr ist die Bioökonomiedebatte von einer großen Heterogenität an interesseliterten Vorschlägen geprägt, wie der Begriff letztlich zu füllen sei – die Vorschläge reichen von „von allem, was von Biologie inspiriert ist“ über „alles was Biomasse produziert und verarbeitet“, insbesondere Land- und Forstwirtschaft, bis hin zu „Nutzung von Biomasse als Ersatz für fossile Rohstoffe in der chemischen Industrie“. Die prinzipielle Unbestimmtheit des Begriffes zeigt sich auch in der Definition der Bundesregierung in ihrer Bioökonomiestrategie (BMBF 2020):

„Bioökonomie umfasst die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte,

Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen. Bioökonomische Innovationen vereinen biologisches Wissen mit technologischen Lösungen und nutzen die natürlichen Eigenschaften biogener Rohstoffe hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit, Erneuerbarkeit und Anpassungsfähigkeit. Die Bioökonomie birgt das Potenzial, neuartige Produkte und Verfahren hervorzubringen, um Ressourcen zu schonen und Wohlstand zu schaffen.“

Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen sollen also verstärkt für ein breites Feld an Nutzungsbereichen erschlossen werden. Bioökonomie wird dabei als Politikfeld begriffen, welches quer durch die Bereiche der etablierten Felder von Chemie-, Lebensmittel-, Energie, Bau-, Auto- und die Pharmaindustrie ebenso wie durch die traditionelle Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft schneidet. Umwelt-, Agrar-, Wirtschafts-, Naturschutz-, Industrie- und Energiepolitik sind damit ebenfalls betroffen.

Damit sind auch wirtschafts- und arbeitspolitische Fragen zahlreicher Branchen in der Gestaltung der Bioökonomie zu berücksichtigen. Aufgrund der hohen Forschungsförderungsetats im Namen der Bioökonomie ist auch die Forschungspolitik ein wichtiges Handlungsfeld. Die Relevanz von bioökonomischer Politik liegt in den weitreichenden und stark verzweigten Veränderungsprozessen begründet, die bei einem Wandel hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie gestaltet werden müssen, und die einen ökologisch-sozialen Strukturwandel in all diesen Feldern hemmen oder fördern können.

Biomassebilanz Deutschland

Auf den land- und forstwirtschaftlichen Flächen in Deutschland wird Biomasse produziert, die als begrenzte Ressource gleichzeitig u. a. die Basis für Nahrungsmittel, Tierfuttermittel, Energieträger, Industrierohstoffe sowie die „Substanz“ der Biodiversität ist. 2015 wurden insgesamt 185 Millionen Tonnen Biomasse in Land- und Forstwirtschaft, sowie Fischerei und Aquakultur erzeugt (Bringezu et al. 2020). Zusätzlich wurden 72 Mio. t importiert und 65 Mio. t exportiert. In der Verwendung spielen Futtermittel die mit Abstand größte Rolle (89 Mio. t.); nur 21 Mio. t. werden für Lebensmittel genutzt. Am Beispiel der Getreideverwendung zeigen sich die Missverhältnisse besonders deutlich, da 60% für Futtermittel und nur 17% als Nahrungsmittel eingesetzt werden. 48 Mio. t. der Gesamtbiomasse werden energetisch verwendet, davon 93% für Wärme und Strom und 7% für Kraftstoffe. Das entspricht rund einem Viertel der inländischen Biomasseproduktion, macht insgesamt nur 8,3% des Endenergieverbrauches in Deutschland aus. Der stofflichen Verwendung von Agrarbiomasse, der in bioökonomischen Zukunftsszenarien eine besondere Bedeutung zugeschrieben wird, kommen bislang nur 4 Mio. t zu. An forstlicher Biomasse werden ca. 34 Mio. t stofflich verwendet (SYMBOIO 2024).

Oft wird die Bioökonomie 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“ dargestellt (Krieg, Vorbeck 2021: 47).¹ Demnach wäre Bioökonomie per se zukunftsfähig – offen bleibt, was denn die Nachhaltigkeit der Bioökonomie ausmachen soll. Auch dafür gibt es nicht eine allgemein anerkannte Definition, sondern unterschiedliche Sichtweisen verschiedener Akteure, basierend auf unterschiedlichen Interessen, Weltbildern und Theorieansätzen (Giampietro 2019) – das ist in einer demokratischen Gesellschaft legitim. So sind z. B. Gentechnik und Ökolandbau beide 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, und deren Förderung oder Begrenzung eine politische Entscheidung ist, die von einer informierten Öffentlichkeit getroffen werden sollte. Die von der EU auf Druck der Industrie geplante Abschaffung der Kennzeichnungspflicht würde es den Verbraucher*innen unmöglich machen, bei ihrem Einkauf mit dem Portemonnaie ‚abzustimmen‘. Dann besteht das Risiko, dass mit Begriffen wie „Bio“, „Natürlichkeit“ oder „Naturnähe“ von potenziellen Hinterfragungen abgelenkt und eine tiefergehende Debatte verschüttet wird. Es kommt dabei darauf an, diese Wertungen transparent zu machen, da nur so die Öffentlichkeit die Chance zu einer qualifizierten Meinungsbildung erhält, was wiederum die Voraussetzung für demokratische und transparente Entscheidungen ist.²

¹ Dazu zählen in der Medizin z. B. neue Medikamente, Diagnostika und Verfahren, und in der Technik neue Baustoffe, riechende Roboter und atmende Wände (IPA, IBG 2021).

² Die unterschiedlichen Sichtweisen und die resultierenden Anwendungsziele werden im Anhang dargestellt und näher analysiert.

Bioökonomie ist also nicht per se nachhaltig, sondern gestaltungsbedürftig, wenn sie nicht dazu beitragen soll, die Planetaren Grenze weiter und immer stärker zu sprengen – das betont auch der Bioökonomierat der Bundesregierung (Bioökonomierat 2023a). Dies gilt insbesondere immer dann, wenn neue Nutzungskonflikte auftreten, oder sich seit Jahren bekannte zu verschärfen drohen. Altbekannt ist z. B. der Interessenkonflikt zwischen maximalen Erträgen aus dem Fischfang und der Begrenzung der Fänge, aus ökologischen Gründen ebenso wie zum Erhalt der Bestände. Da es in der Bioökonomie um Produkte und Verfahren auf biologischer Basis geht, entstehen häufig zusätzliche Flächenkonkurrenzen durch den Flächenbedarf für ökologischen Klimaschutz (z. B. für die Beendigung der Entwässerung von Niedermooren – Hochmoore stehen in Deutschland weitgehend unter Naturschutz) und Artenschutz (z. B. für Biotopverbundsysteme), die aber in der Bioökonomie-Debatte fast immer außen vor bleiben (BUND 2023a; 2025).

Nicht jede Form der Biomasseproduktion als Teil der Bioökonomie ist flächenintensiv (Enzyme in Produktionsprozessen oder bakterielle Biomasseproduktion brauchen wenig Zusatzfläche, aber zum Teil viel Wasser und Energie). Dafür sind Lösungen gefragt, die die teils potenziellen, teils akuten Krisen in Feldern wie Klima, Energieversorgung, Biodiversität und Ernährung nicht gegeneinander ausspielen, sondern übergreifend bearbeiten. Eine aus Sicht des BUND bisher vernachlässigte Option ist die Gewinnung zusätzlicher Biomasse als Nebenprodukt von Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen. Würde z. B. die Entwässerung von Moorflächen eingestellt und eine großflächige Wiederver-

Begrenzte Flächen

Deutschland hat eine Gesamtfläche von 35,8 Millionen Hektar, davon wird knapp die Hälfte landwirtschaftlich genutzt (16,6 Mio ha). 22% dieser Fläche wird für den Anbau von Nahrungsmittel verwendet, auf 14% werden Energiepflanzen angebaut, auf 2% Industriepflanzen und 2% machen Brachen und Stilllegungen aus. Auf dem größten Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen (60%) werden Futtermittel angebaut. Neben der landwirtschaftlich genutzten Fläche entfallen 11,4 Mio. ha auf Wald und 7,8 Mio ha auf Siedlungs-, Verkehrs- und Wasserfläche (für eine detaillierte Beschreibung konkurrierender Nutzungen mit Lösungsvorschlägen siehe BUND 2025).

Auf den land- und forstwirtschaftlichen Flächen sowie in Gewässern wird Biomasse produziert, die als begrenzte Ressource gleichzeitig u. a. die Basis für Nahrungsmittel, Tierfuttermittel, Energieträger, Industrierohstoffe sowie die Grundlage der Biodiversität ist (SYMOBIO 2024).

nässung von degradierten Moorflächen, z. B. in der Größenordnung von zusammen einer Million Hektar, tatsächlich in Angriff genommen, dann könnten auf Niedermooren signifikante Mengen an Schilf, Rohrkolben und anderen Paludikulturen³ abgeerntet und als Rohstoffe der Bioökonomie genutzt werden. Das würde sowohl den die ‚Moorbauern‘ zu einem vielversprechenden Zusatzeinkom-

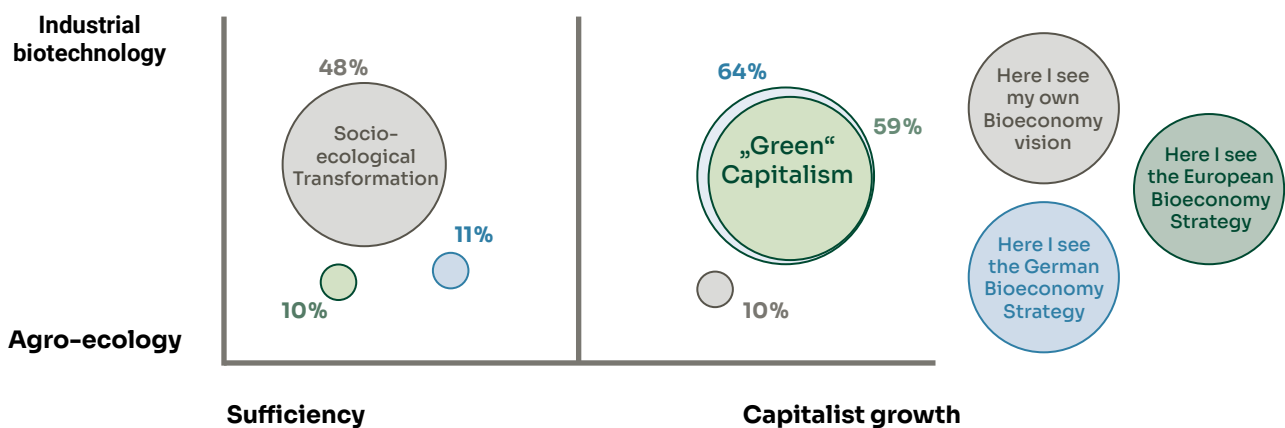
³ nasse Bewirtschaftung von Moorböden bei gleichzeitigem Erhalt des Torfkörpers

men verhelfen, als auch dem Naturschutz, der Biodiversität und dem Klimaschutz wie der Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts dienen (Moore als Kohlenstoffsenke und Wasserspeicher).

Soll die Bioökonomie als eine Wirtschaftsform, die auf erneuerbaren Ressourcen basiert, zu einer sozial-ökologischen Transformation beitragen, die gesellschaftlichen Bedürfnisse innerhalb der planetaren Grenzen befriedigt, muss das Regelungs- und Fördersystem also deutlich geändert werden. Das sieht nicht nur der BUND, sondern die Mehrheit der Bioökonomie-Stakeholder so – sie teilen die Vision einer sozial-ökologischen Transformation, betrachten aber die deutschen und europäischen Bioökonomie-Strategien überwiegend als Business-as-usual-Kapitalismus mit zusätzlichen erneuerbaren Ressourcen, ohne die notwendige Förderung von nachhaltigen

Konsum- und Produktionsmustern, globaler Verantwortung und Einhaltung der planetaren Grenzen, sowie ohne ökonomische und ökologische Gerechtigkeit und Teilhabe an der Gestaltung der Gesamtwirtschaft (Zeug et al. 2021). Die wichtige Rolle der Beteiligung der Gesellschaft betont auch der Bioökonomierat (2023a).

Mit dieser Position liefert der BUND Argumente und Vorschläge für die nachhaltige Gestaltung von Bioökonomie als einem zentralen Querschnittsthema. Aus Sicht des BUND müssen die Belange von Klima-, Natur- und Umweltschutz die Gestaltung von Bioökonomie vorrangig prägen. Denn ohne eine nachhaltige Bioökonomie-Politik, die auch das Setzen von Grenzen beinhaltet, droht Bioökonomie das Überschreiten der planetaren Grenzen noch weiter voranzutreiben und globale Ungleichheiten weiter zu zementieren.



Planetare Belastungsgrenzen

Die planetaren Grenzen beschreiben einen sicheren Handlungsraum („safe operating space“), innerhalb dessen mit hoher Wahrscheinlichkeit die Funktionsfähigkeit des Erdsystems in einer für den Menschen günstigen Konstellation erhalten bleibt (Rockström et al. 2009). Wurden 2009 noch drei von neun Grenzen überschritten, sind es 15 Jahre später bereits sechs der neun Grenzen. Die Versauerung der Ozeane steht kurz vor der Überschreitung einer siebten, während die Aerosolbelastung regional eine achte Grenze überschreitet. Der Grad der Überschreitung hat sich bei allen zuvor als überschritten identifizierten Grenzen erhöht (Richardson et al. 2023). Die planetare Grenze, deren Überschreitung bisher am ausgeprägtesten ist, betrifft die Integrität der Biosphäre, d. h. den Verlust der biologischen Vielfalt auf Ökosystem/Habitat-, Arten- und Genomebene. Außerdem sind die Nährstoffkreisläufe von Stickstoff und Phosphor und der Bereich der Landnutzung überschritten. Bioökonomie verspricht, diese Überschreitungen zu verringern, kann sie aber, wenn als Teil des „business as usual“ gestaltet, deutlich verschlimmern. Gegenwärtig trägt der Klima-Fußabdruck der Bioökonomie 18–20% zum gesamten Klima-Fußabdruck des inländischen Konsums bei (Bringezu et al. 2021).

Will man Schritte zur Einhaltung der planetaren Grenzen unternehmen, so reicht deren statische Betrachtung jedoch nicht aus, da mit dem Überschreiten einer Grenze die Schwellenwerte

anderer Grenzen sinken können. Mit zunehmender Erderwärmung stehen außerdem die Kippunkte des Erdklimasystems davor eine kritische Grenze zu überschreiten, was zu Domino-Effekten führen kann, die auch die weiteren Kippelemente negativ beeinflussen und zur starken und irreversiblen Veränderungen im Erdklimasystem führen, mit weitreichenden ökologischen wie sozialen Folgen (Wunderling et al. 2021). Wichtige Kippelemente sind u. a. der Golfstrom (wissenschaftlich: die globale Zirkulation AMOC), der Amazonas-Regenwald und das Westantarktische Eisschild.

4. Hintergründe und Kontext der Bioökonomie-Politik

Seit bald 40 Jahren wird über Bioökonomie diskutiert. Seit der Strategie „Nachwachsende Rohstoffe“ der Bundesregierung (BMFT 1986) ist der Tenor: Biomasse soll verstärkt für die industrielle Verarbeitung genutzt werden und fossile Rohstoffe ersetzen – und Gentechnik soll dabei helfen, maßgeschneiderte Rohstoffe und höhere Erlöse zu erreichen. Der 2009 von der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) entwickelten Bioökonomie-Agenda, die die besondere Rolle der Biotechnologie betonte, folgte 2012 die Bioökonomiestrategie der EU (European Commission 2012) und 2020 – nach sektoralen Vorläufern – die Nationale Bioökonomiestrategie der Bundesregierung (BMBF, BMEL 2020).

Laut EU soll Bioökonomie die Ernährungssicherheit gewährleisten, gegen die Verknappung der Ressourcen wirken, der Anpassung an den Klimawandel dienen und gleichzeitig Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum ermöglichen. Agrarökologie, Kreislaufwirtschaft und planetare Grenzen werden in der EU-Strategie zwar erwähnt, jedoch ohne konkrete Vorschläge, wie Bioökonomie dazu beitragen soll, die planetaren Grenzen einzuhalten – das fehlt auch in den darauf aufbauenden Förderprogrammen. Auch in der deutschen Nationalen Bioökonomiestrategie sieht es ähnlich aus: sie nennt als übergeordnetes Ziel die Verbindung von „Ökonomie und Ökologie für ein nachhaltiges Wirtschaften“. Eine nachhaltige Wirtschaft solle durch die Nutzung von biologischem Wissen, höherer Ressourceneffizienz und durch eine kreislauforientierte Wirtschaft, die biologische Ressourcen nutzt, erreicht werden.

Bioökonomie könne so wichtige Beiträge zum Schutz von Klima, Biodiversität und Res-

ourcen leisten und gleichzeitig Wirtschaftswachstum und einen Wettbewerbsvorteil für Deutschland ermöglichen. Eine „nachhaltige Ertragssteigerung auf den bestehenden landwirtschaftlichen Flächen“ sowie der Anbau auf bislang nicht genutzter Fläche, Precision Farming und Züchtung sollen zu mehr Biomasse führen. Von diesen Maßnahmen verspricht sich die Bundesregierung auch eine Verringerung des Flächendrucks und der Flächenkonkurrenz, ohne jedoch die Nachfrage nach Biomasse abschätzen zu können und sie begrenzen zu wollen. Ziel ist die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen. Leider bleibt meist offen, wie die Bioökonomie diese Ziele erreichen soll, und eine nähere Betrachtung zeigt, dass derartige deutsche wie europäische Vorhersagen entweder voraussetzungsreich oder unrealistisch sind.

Auch die Formulierung in der Zusammenfassung der Bioökonomie-Strategie ist vielversprechend: „Um die Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Pflanzen zu erhalten, muss der Ressourcenverbrauch auf ein ökologisch verträgliches Maß reduziert werden.“ Leider findet sich dieses Ziel im Text sonst nicht wieder. Ein Bekenntnis zur Einhaltung der planetaren Grenzen, erneut ohne Hinweis, wo diese auf nationaler Ebene liegen und wie ihre Einhaltung erreicht werden soll, ist ebenfalls enthalten. Die am 15. Januar 2020 vom Bundeskabinett beschlossene Nationale Bioökonomiestrategie ist zwar das zentrale Dokument für die weitere Förderung der Bioökonomie durch die Bundesregierung, aber keinesfalls das einzige. Da

in weiten Teilen eher eine Absichtserklärung, sollte sie durch einen Umsetzungsplan mit politischen Maßnahmen konkretisiert werden, zu dem auch Vorschläge und Empfehlungen des Bioökonomierats beitragen sollten, eines aus Fachleuten aus Wissenschaft und Industrie sowie Vertreter*innen thematisch relevanter zivilgesellschaftlicher Organisationen pluralistisch zusammengestellten Beratungsgremiums.⁴ Am 2.6.2023 hat der Bioökonomierat der Bundesregierung 57 Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie übergeben (Bioökonomierat 2023a), aber der Umsetzungsplan liegt auch am Ende der 20. Legislaturperiode im Februar 2025 nicht auf dem Tisch. Das Mandat des Rates endete Anfang 2024 – ein Nachfolgegremium wurde bis Ende der Legislaturperiode nicht wieder eingesetzt.

In der Nationalen Biomasse-Strategie, kurz NABIS, sollten strategische Leitprinzipien formuliert werden, um mehr Anreize und Vorgaben für die nachhaltige Biomasseerzeugung und -nutzung zu setzen. So sollte nach Aussage der 2022 veröffentlichten „Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie“ sichergestellt werden, „dass diese wertvolle Ressource bestmöglich eingesetzt wird. Außerdem soll dem erhöhten Nutzungsdruck – etwa auf Naturschutzflächen- und der Konkurrenz um Flächen etwa zur Lebensmittelerzeugung begegnet werden“ (BMEL 2022). Auch die NABIS liegt zum Ende der Legislaturperiode 2025 noch nicht vor.

Die 2022 vorgestellten „Eckpunkte“ enthalten drei Leitprinzipien: Priorisierung der stofflichen Nutzung, Vorrang der Mehrfachnutzung (was einen gewaltigen, heute noch nicht erkennbaren Schritt in Richtung Kreislaufwirtschaft

voraussetzt), und schließlich Nutzung von Biomasse als Energieträger (nicht als Vollsubstitut für fossile Ressourcen, aber als Beitrag zur langfristigen Energie- und Rohstoffversorgungssicherheit und als Treibstoff für nicht zu elektrifizierende Transportmittel). Letzteres steht im Gegensatz zu den Empfehlungen des Bioökonomierats wie den Wünschen der chemischen Industrie, die auf eine stoffliche Nutzung derselben Rest-Biomasse setzen. Es ist auch insofern ambitioniert, als für eine Priorisierung von Nutzungspfaden nachwachsender Rohstoffe jenseits der Ernährungssicherung⁵ eine umfassende Bilanzierung der Hauptkomponente der Biomasse, des Kohlenstoffs, erforderlich wäre und bisherige Studien nur einzelne ausgewählte Themenbereiche beleuchten: die quantitative Grundlage der Planung fehlt – ein Defizit, auf das auch der Bioökonomierat hingewiesen hat (Bioökonomierat 2023b). Wenn dann die Umsetzung der Kreislaufwirtschaftsstrategie von Rechtsregelungen wie der Verpackungsverordnung begleitet werden, die auf biobasierte Verpackungen als Alternative zur Vermeidung von Kunststoffverpackungen setzen, wird zusätzliche Nachfrage nach Biomasse stimuliert mit dem Ziel, Produktionsumstellungen vermeiden zu können, weil äquivalente Rohstoffe, jetzt aus biogenen Quellen, auf denselben Maschinen zu denselben Produkten verarbeitet werden können.

Auf demselben schwankenden Grund von Investitionsplanung ohne genaue Kenntnis der Fakten, die ja die Planungsgrundlage sein sollten, aber mit einer klaren politischen Ausrichtung wurde unter Federführung des Bundeswirtschafts- und Klimaschutzministeriums (BMWK) eine „Richtungsentscheidung“ (Robert Habeck) vorangetrieben. Die Klimapoli-

⁴ Im Bioökonomierat sollten zudem „unter breiter Beteiligung der Zivilgesellschaft [...] insbesondere auch Konflikte thematisiert werden, die bei der Umsetzung der mit der Bioökonomie verknüpften Nachhaltigkeitsziele auftreten können“, so die Strategie. Bemerkenswert ist dabei, dass Konflikte infolge der Nachhaltigkeit erwartet werden, nicht infolge der Entfaltung der Bioökonomie – die dann aber im Rat manifest wurden.

⁵ „Food First“ ist eine politisch gesetzte Hierarchie, die sich in einer Vielzahl von internationalen politischen Dokumenten wiederfindet, für die es aber (wie für andere Hierarchisierungen) keine Operationalisierung gibt. Einen ersten Vorschlag für geeignete Schritte bieten zu Löwenstein et al. (2024).

tik wurde von der Ausrichtung auf Vermeidung und Reduktion verstärkt auf nachgeschaltete technologische Lösungen umgesteuert, einschließlich des Aufbaus einer großvolumigen Pipeline- und Verteilerknoten-Infrastruktur und von unterirdischen CO₂-Deponien unter der Nordsee. Diese Richtungsentscheidung schlägt sich in einer Vielzahl von bioökonomie-relevanten „Strategien“ nieder: Industriestrategie (BMWK 2023), Biomassestrategie, Carbon Management Strategie CMS (Bundesregierung 2024) mit dem nach dem Koalitionsbruch von der neuen Bundesregierung weitgehend unverändert verabschiedeten Kohlendioxid-Transport- und Speichergesetz (KTSG), sowie der Negativemissionsstrategie (Kurz et al. 2024). Es geht dabei nicht um die Rohstoffversorgung der Industrie mit Kohlenstoff, sondern um die Reststoffentsorgung und -deponierung, wobei diese als Vermeidung anerkannt wird (also eine Gleichsetzung von Abfallvermeidung und Abfalldeponierung). Das soll es den Nutzern bioökonomischer Verfahren (z. B. in der Chemieindustrie) ermöglichen, weiterhin Erdgas als Rohstoff zu nutzen und ihnen damit ersparen, Produkte und Produktionsprozesse grundlegend umzugestalten (BUND 2023b). Verpressung statt Vermeidung – das steht auch im direkten Gegensatz zur deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, die die Vermeidung von Abfällen fordert, auch wenn im Kreislaufwirtschaftsgesetz CO₂ aus der rechtlichen Definition als Abfall ausgeklammert wurde.

Während im Förderprogramm Industrielle Bioökonomie des Wirtschaftsministeriums (BMWK 2022) die Bioökonomie noch als Schlüsseltechnologie galt und in diesem und anderen Programmen, z. B. für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gefördert

wurde, stellt sie in der gesamtwirtschaftlichen Industriestrategie keinen zentralen Punkt mehr da (BMWK 2023). Sie wird auf 60 Seiten nur zweimal erwähnt und eng gefasst: zum einen soll geprüft werden, ob und wo die Wagniskapitalverfügbarkeit zur Wachstumsfinanzierung verbessert werden kann, zum anderen wird auf das Förderprogramm verwiesen, aber nur in Hinsicht auf die Substitution, d. h. die Verwendung biobasierter statt fossilbasierter Produkte und Verfahren (und damit im Gegensatz zur Bioökonomie- und den Eckpunkten einer Biomassestrategie). Anders die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation des Forschungsministeriums (BMBF 2023a): von deren sechs „Missionen“ sind mindestens drei eng mit der Bioökonomie verknüpft (Ressourceneffizienz/ Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz/Ernährung/ Biodiversität, Gesundheit, und ggf. noch Meeresforschung).

Auf die europäische Ebene (u. a. der unter von der Leyen II auf Wachstum und Wettbewerb zurückgeschnittene European Green Deal, die EU Bioökonomie-Strategie, eine umfangreiche Forschungsförderung, ein Net Zero Industry Act, der auf Biotechnologie setzt, und eine Agrarpolitik, die in der Biomasseproduktion eine willkommene Einnahmequelle sieht) kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden, ohne deshalb ihre Bedeutung als Handlungsdeterminante für die deutsche Politik zu unterschätzen.

5. Anforderungen an Bioökonomie aus BUND-Sicht

Die Bioökonomie hat als eines ihrer Hauptziele, knappe oder ökologisch problematische fossile, mineralische oder metallische Rohstoffe bei der Erstellung von Produkten, Dienstleistungen und Energie durch die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen durch Agrar-, Forst- und Fischereiwirtschaft oder Aquakultur zu ersetzen und so ein nachhaltigeres Wirtschaften und ein saubereres sogenanntes „Grünes Wachstum“ zu ermöglichen. Dies scheint im kleinen Maßstab auch unter bestimmten Bedingungen durchaus sinnvoll zu sein, stößt aber im nationalen wie im globalen Maßstab bei wachsender Bevölkerung, wachsender Wirtschaftsleistung und steigendem Ressourcenbedarf an natürliche Grenzen, schon allein deshalb, weil die dafür unbedingt erforderlichen Produktionsfaktoren Land bzw. Fläche und Wasser nicht unbegrenzt verfügbar sind und beide selbst vielfältigen konkurrierenden Ansprüchen ausgesetzt sind.

Der Flächenbedarf zur Erzeugung von Rohstoffen aus Biomasse steht daher in direkter Konkurrenz zu den Flächenbedarfen für die Erzeugung von Lebens- und Nahrungsmitteln, zur Erzeugung von Futtermitteln und als Weideland, für die Installation von Anlagen zur Energieerzeugung aus erneuerbaren Rohstoffen wie Geothermie, Fotovoltaik und Windkraft, für die Nutzung als Siedlungs- und Gewerbeflächen und für Infrastruktur wie Straßen, Eisenbahntrassen, Häfen, Flugplätzen usw., sowie zur Nutzung als CO₂-Senken und für den Bedarf des Erhalts der Biodiversität in Wäldern, Mooren und Seegraswiesen. Wollte man alle diese Ansprüche gleichzeitig so erfüllen, wie sie die verschiedenen Szenarien für die Zukunft skizzieren, würde man ein Mehrfaches

der heute nutzbaren Flächen benötigen. Derartige nutzbare Flächen sind aber nicht beliebig vermehrbar, da die Erschließung neuer landwirtschaftlich nutzbarer Flächen fast immer mit der Rodung von Wäldern und Zerstörung natürlicher Biotop und damit mit der Zerstörung von immer stärker gefährdeter Biodiversität einhergeht. Im Gegenteil, durch menschliche Aktivitäten wie den Bau von Siedlungen und Infrastruktur und die damit einhergehende Bodenversiegelung, die Kontamination mit Gefahrstoffen und Müll, die Herausnahme aus der landwirtschaftlichen Nutzung durch Aufforstung oder ein Stopp der Entwässerung von Mooren zur Beendigung der CO₂-emittierenden Bodenmineralisation und zur Wiederherstellung von effektiven CO₂-Senken, aber auch durch Prozesse wie den klimabedingten Anstieg der Meeresoberfläche, die Desertifikation, Versalzung durch Bewässerung und die Erosion der fruchtbaren Bodenschicht, gehen jedes Jahr große Flächen bisher landwirtschaftlich nutzbarer Flächen unwiederbringlich verloren. Die nutzbaren Land- und Bodenflächen und die darauf erzeugte Biomasse sind daher als kritische und begrenzte Ressourcen einzustufen, und ihre Inanspruchnahme für andere Anwendungen als zur Sicherstellung der menschlichen Ernährung muss daher auf solche Anwendungen beschränkt werden, für die es keine alternative Herstellungsmöglichkeit gibt oder für die sie die ökologisch sinnvollste Lösung darstellen, so dass vorhandene Potentiale ohne Vernachlässigung des Schutzes der Biodiversität und der langfristigen Sicherung der Nahrungsmittelproduktion für die Menschen nachhaltig genutzt werden können.

5.1 Wirtschaft, Ökonomie, Wohlstandsbegriff, Suffizienz

Die Bioökonomie ist ein wesentlicher Baustein in den Narrativen über Sustainable Development und „Green Growth“: Wenn es nämlich gelänge,

- den Wirtschaftskreislauf mit 100% erneuerbaren Energien klima-neutral anzutreiben sowie
- die Stoffströme vollständig auf Kreislaufwirtschaft und nachwachsende Rohstoffe umzustellen,

dann – und nur dann – wären einem weiteren Wachstum von Produktion und Konsum keine ökologischen Grenzen gesetzt.

Die Bioökonomie soll einerseits Ersatzrohstoffe bereitstellen und so die stoffliche Basis sichern und erweitern (Angebot). Sie soll aber auch durch die Erforschung und Entwicklung weiterer Anwendungsmöglichkeiten neue Produkte und Dienstleistungen bereitstellen und so neue Geschäftsfelder und Wachstumsmöglichkeiten erschließen (Nachfrage). Die Bioökonomie ist daher Teil jeder Zukunfts- und Industrie-Strategien der Regierungen aller Industriestaaten (vgl. z. B. BMWK 2023). Damit wird eine industriepolitische Weichenstellung vorbereitet – und schon in dieser Vorbereitungsphase durch staatliche Subventionen gutes Geld verdient.

Das Angebot hängt von zwei Faktoren ab:

- **Verfügbare Fläche:** Da alle Landflächen bereits für andere Zwecke genutzt werden (Nahrungsmittel, Energie, Biodiversität, Siedlungsfläche) kommt es zur Verschärfung der Nutzungskonkurrenz und sind Mechanismen zu deren Regulierung erforderlich.
- **Produktivität der Flächennutzung (Output/Hektar):** Diese kann Nutzungskonflikte partiell entspannen und soll gesteigert werden durch staatlich geförderte Forschung – und ggf. auch durch Anwendung gentechnischer Methoden.

Ob diese Rohstoffe auch auf eine Nachfrage treffen werden, hängt davon ab, wie die weitere Nutzung der nicht-regenerierbaren (insbes. der fossilen) Rohstoffe reguliert wird. Wenn deren Nutzung noch über längere Zeiträume kostengünstig möglich ist, werden Produkte der Bioökonomie entweder (fortgesetzt) subventioniert werden müssen oder aber ein („grünes“) Nischendasein führen.

Infolge der Flächenkonkurrenz kann die Entscheidung über die Allokation der Flächen nicht rein marktlich organisiert werden, so dass im Wettbewerb über die volkswirtschaftlich effizienteste Form der Nutzung entschieden würde. Flächennutzungsentscheidungen sind bereits heute hochgradig regulierte Prozesse und es ist zu erwarten, dass mit einer Zunahme der neuen Nutzungsoption weitere Regulierungen notwendig werden. So müsste – im gesellschaftlichen Diskurs – geklärt und festgelegt werden, welcher Flächenanteil für Biomasse-Anbau reserviert bzw. freigegeben werden soll. Flächen sind knapp und werden es bleiben; deshalb muss auch reguliert werden, welche Nachfrage (Zwecke) Priorität haben bzw. eine vorrangige Zuteilung erhalten sollen (Kontingente), z. B. für Pharma oder Rüstung. Da nicht zu erwarten ist, dass Siedlungs- oder Verkehrsflächen in Flächen zur Biomasseproduktion umgewandelt würden, würde jede Ausweitung eines Sektors der Bioökonomie einen anderen karnalisieren – so ginge z. B. eine erhöhte Rohstoffproduktion für industrielle Zwecke zu Lasten der landwirtschaftlichen Nutzflächen, von Wäldern oder Naturschutzgebieten. Das verdeutlicht erneut, dass es nicht darum geht, ob man eine Bioökonomie will, sondern welche Bioökonomie als eine Lebensgrundlage der Zukunft geeignet ist.

Als Orientierungshilfe für die Prioritätensetzung können auch allgemeine Regeln dienen („Kaskaden“): Artenschutz/Biodiversität und Ernährung (Landwirtschaft) vor stofflicher Nutzung (Industrie) und diese vor energetischer Nutzung (Energiewirtschaft). Bioökonomie kann dann nur in dem damit gesetzten Rahmen als Verwertung von „Rest-Mengen“ betrieben werden. Solche Hierarchien sind in der Bioökonomiestrategie durchaus vorgesehen, allerdings ohne jegliche Maßnahmen zu ihrer Umsetzung. Die Gefahr bei einem stark politisch geprägten Wirtschaftssektor ist stets, dass im polit-ökonomischen Prozess sich nicht die nachhaltigste Kaskade durchsetzt, sondern die der am besten organisierten Akteure/ Interessent*innen. Wenn also z. B. die Chemie-Industrie als Zulieferer für die Auto-Industrie Biomasse für einen besonders leichten Kunststoff braucht (attraktiv, teuer, zahlungskräftig), wird das sich auch im politischen Prozess niederschlagen und zu „Vorrangregelungen“ führen. Dann würden z. B. weniger Nahrungsmittel angebaut – und diese dann (unter sonst gleichen Bedingungen) teurer – mit tendenziell regressiven Verteilungswirkungen, d. h. Menschen mit niedrigerem Einkommen müssten einen höheren zusätzlichen Anteil ihres Einkommens für Nahrungsmittel aufbringen als Personen mit höherem Einkommen. Oder die zusätzlichen Flächen gingen zu Lasten des Naturschutzes – das schon von der Klimakrise verstärkte Artensterben würde weiter beschleunigt. Beides wären nicht-nachhaltige Folgen einer Bioökonomie-Strategie, die der BUND verhindern will.

Im politischen Entscheidungsprozess gewinnen aufgrund der geo-politischen Entwicklungen der letzten Jahre verstärkt auch Aspekte der Versorgungssicherheit – Auf-/Ausbau der heimischen Rohstoffbasis – einen hohen

Stellenwert. Stichworte sind hier Entkoppelung, DeRisking, Souveränität, Autonomie bis hin zu einer europäischen Autarkie. Wenn dafür andere Flächennutzungen eingeschränkt werden müssen, ist zu erwarten, dass insbes. der Druck auf Naturschutzflächen/Klimaschutzflächen zunehmen wird.⁶

Je erfolgreicher die industrielle Bioökonomie und je attraktiver ihre (innovativen, leichten, kreislauffähigen etc.) Materialien und Produkte sind, umso höher die Finanzkraft die beteiligten Firmen und die Machtposition in der politischen Flächenkonkurrenz, desto leichter fällt es, neue Flächen von alten Zweigen der Bioökonomie zu akquirieren. Als Folge würden die Flächenpreise steigen und so andere Nutzungsarten verdrängen:

- den Anbau von Energiepflanzen: Verteuern würden sich auch die Viehhaltung und damit das Fleisch. Landwirte hätten den Rohstoff-Anbau als zusätzliche Option und Einnahmequelle.
- Siedlungsfläche: Gewerbe- und Wohnflächen würden sich verteuern, damit die Gewerbeansiedlung und das Wohnen (Mieten).
- Wald, Moore etc., die dem Klimaschutz und der Biodiversität dienen, wären mit höheren Opportunitätskosten verbunden – und damit schwerer zu verteidigen bzw. zu erweitern.

Mögliche Ventile zur Entspannung der inländischen Flächenkonkurrenz:

Angebotsausweitung: Erschließung bisher ungenutzter, nachhaltig zu bewirtschaftender Biomassequellen, insbesondere

- durch Verlagerung der Biomassegewinnung in die Ozeane (Seetang, Algen etc.). Das kann Aqua- und Marikultur in nachhaltigem Ausmaß beinhalten sowie Algen- und Seegrasnutzung in Strandnähe. Massive Kelpwälder, die auch noch gedüngt würden, wären jedoch

⁶ Zu den Folgen des Ausbaus der Rohstoffbasis für Metalle und Mineralien, d. h. durch Bergbau, und zu seiner sozial- und umweltverträglichen Gestaltung, siehe BUND 2025b.

nicht nachhaltig. In diesen Bereich besteht ein erheblicher, bisher von der bioökonomischen Forschung eher vernachlässigter Forschungsbedarf.

- An Land könnte die großflächige Beendigung der Moorentwässerung und die Wiedervernässung von degradierten Niedermoorflächen, würde sie tatsächlich in Angriff genommen, sowohl zur Stabilisierung von Klima und Biodiversität beitragen, als auch eine signifikante Menge an Biomasse aus Paludikulturen als Rohstoff für Bioökonomie bereitstellen. Es geschieht nicht, weil die fiskalischen Rahmenbedingungen es verhindern: stofflich verwertete Chargen an Erdgas und Erdöl sind von der CO₂-Abgabe befreit, und so hat die Petrochemie einen fiskalischen Wettbewerbsvorteil gegenüber biomasse-basierten Produkten.

Nachfragebegrenzung: Der Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen (Energie) wird bestimmt davon, ob Produktion und Konsum weiter wachsen sollen (Suffizienz- bzw. Wachstumsfrage). Bedarfsprognose müssen daher mit (Post-)Wachstums-Szenarien abgeglichen werden. Begrenzung der Nachfrage nach flächenintensiven Biomasseprodukten und/oder Begrenzung der Flächennachfrage durch Regulation, z. B.

- Steigerung der Ressourcenproduktivität insbesondere in den industriellen Anwendungen.
- Festlegung, welcher Flächenanteil für Biomasse-Anbau reserviert bzw. freigegeben werden soll – vergleichbar der 2%-Marke für erneuerbare Energie.
- Verringerung des Fleischkonsums, Umstellung auf artgerechte Weidetierhaltung (BUND 2022a), Verringerung der Menge an ungenutzten Lebensmittelabfällen.
- Auslaufen von Förderung und Quoten für die energetische Nutzung von Biomasse.

5.2 Naturschutz

Bioökonomie ist aus Sicht des Naturschutzes nicht etwas wirklich Neues, sondern wird in Form von Jagd und Fischerei bereits seit der Altsteinzeit, in Form von Ackerbau und Viehzucht seit der Jungsteinzeit und in Form der Forstwirtschaft seit dem Mittelalter betrieben. Als Ergebnis ist ein nahezu vollständiger Verlust von Wildnisgebieten und eine annähernd vollständige Umwandlung des menschlichen Lebensraums in immer naturfernere Ausprägungen festzustellen. Naturschutz bedeutet deshalb überwiegend nicht die Bewahrung von Freiräumen für eine sich selbst regulierende und evolvierende Natur, sondern die Erhaltung von Kulturlandschaften, die in modernen Zeiten nicht mehr ausreichend Profit abwerfen, mit ihrem jeweiligen Arteninventar. Vor diesem Hintergrund stellt die sich abzeichnende moderne Bioökonomie als ein großes Risiko dar, das den Zwang zu noch mehr Intensivierung und Inanspruchnahme weiterer biologischer Ressourcen beinhaltet.

So hat die Nutzung von Biomasse für die Agrargasproduktion dazu geführt, dass Mais nun auf vormals für die Biodiversität wertvollen Grenzertragsstandorten angebaut wird und seine Nutzung als Futtermittelpflanze weitgehend aufgegeben wurde zugunsten von Futtermittelimporten aus tropischen Ländern, wo vor allem für den Sojaanbau riesige Regenwaldgebiete gerodet wurden und werden.

Eine zunehmende Nutzung biologischer Ressourcen für eine Wirtschaftsweise, die klimaverträglicher sein soll, ist ohne weiter verschärfte Intensivierung kaum denkbar. So kann die Notwendigkeit, auf dem Acker Produkte zu erzeugen, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel gedacht sind, dazu führen, dass eine Umkehr zu einer ökologisch sinnvollen Landnutzung konterkariert wird.

In ähnlicher Weise wird die Notwendigkeit, Alternativen zur Betonherstellung zu finden, dessen Herstellung extrem klimaschädlich und landschaftsvernichtend ist, zu einem Bumerang, weil die aus Klimaschutzgründen dringend notwendige Umwandlung von Nadelforstplantagen in funktionsfähige Laubwälder mit dem Hinweis auf steigenden Bauholzbedarf ausgehebelt wird, wie zum Beispiel im norddeutschen Kiefernforstgürtel.

Derlei Beispiele verheißen intensive Konflikte mit dem traditionellen Naturschutz, aber auch mit den Zielsetzungen eines naturbasierten Klimaschutzes. So ist es aus Klimaschutzgründen sinnvoll, Wälder möglichst ungenutzt zu lassen, so dass sie eine maximale CO₂-Senke bilden können (und gleichzeitig einer Fülle von Arten Lebensraum bieten können). Stattdessen wird die CO₂-Deposition in langlebigen Holzprodukten propagiert, deren mittlere Haltbarkeit in Deutschland aber bei nur etwa 50 Jahren liegt. Das kann mit der Lebensdauer ungefallter Bäume in keiner Weise konkurrieren.

Ebenso ist es für Klima und Biodiversität am sinnvollsten, Moore – insbesondere die bereits weitgehend geschützten Hochmoore – voll zu renaturieren. Tatsächlich zeichnet sich aber ab, dass auch nach einer ohnehin nur schleppenden Einstellung der Entwässerung urbar gemachter Niedermoorflächen diese in Nutzung behalten werden sollen und sogar als Photovoltaikstandorte herangezogen werden, was durch die Beschattung die Photosynthese der Pflanzen einschränken würde (BUND 2022b).

5.3 Landwirtschaft

In der traditionellen, vorindustriellen Landwirtschaft wurden die Nährstoffe und Mineralstoffe, die bei ihrem Wachstum in den Pflanzen gespeichert werden, zu einem großen Teil ortsnah wieder in den Nährstoffkreislauf zurück-

geführt, da die Nahrungs- und Futtermittel, die auf dem Hof erzeugt wurden, entweder dort direkt durch Menschen und Nutztiere konsumiert, oder aber in die nahegelegenen Städte geliefert oder sonst in der Region konsumiert wurden. Bei der Bodenbearbeitung wurden auf den Äckern verbleibende Reststoffe direkt wieder untergepflügt, und die entnommenen Nährstoffe und Mineralien aus dem menschlichen und tierischen Konsum dieser Nahrungsmittel wurden auf dem Hof über Kompost, Mist und Gülle gesammelt und wieder dem Boden zugeführt. Während das umgebende Land Nahrungsmittel in die Städte lieferte, bekam es von dort seinerseits die in Latrinen gesammelten Exkremente wieder zurück.

In der modernen industriellen Landwirtschaft ist dieser biologische Kreislauf unterbrochen, da die weitere Verarbeitung und der Konsum der erzeugten Nahrungs- und Futtermittel oft sehr weit vom Ursprungsort entfernt stattfindet, zum Teil sogar auf anderen Kontinenten, und eine Rückführung der beim Wachstum der Pflanzen verbrauchten Nährstoffe und Mineralien somit nicht direkt möglich ist. Daher müssen in der heutigen Landwirtschaft dem Boden in der Regel künstlicher, energieintensiv hergestellter Dünger und Mineralstoffe wie z. B. Phosphor zugeführt werden, um eine Auslaugung der Böden und einen Rückgang der Erträge zu vermeiden. So gehen heute durch Übernutzung, nicht standortangepasste degradierende Bewirtschaftung, die Versiegelung und den Klimawandel weltweit Böden verloren, und die Anbauerträge sinken.

Die Anforderungen an die landwirtschaftliche Nutzung sind vielfältig. Neben der Erzeugung von Lebensmitteln soll Fläche für die Energie- und Ressourcenwende bereitgestellt werden. Darüber hinaus soll landwirtschaftliche Fläche für Natur-, Klima-, Boden- und Wasserschutz

aus der Nutzung genommen oder extensiviert werden. Um die negativen Folgen der industriellen Landwirtschaft zu verringern sind dringend diverse bodenschonende Bewirtschaftungsformen, Extensivierungen und Ökologisierungen der landwirtschaftlichen Nutzung u. a. durch erhebliche Reduktion von chemisch – synthetischen Pestiziden und Nährstoffüberschüssen und der Um- und Abbau der Nutztierhaltung notwendig. Um die negativen Folgen der industriellen Landwirtschaft zu verringern: die Ziele, den Anteil des ökologischen Landbaus in Deutschland bis 2030 auf 30% zu steigern und die Nutztierhaltung, ebenfalls bis 2030, um 50% zu reduzieren, sind wichtige Beiträge um die Anforderungen einer enkeltauglichen Landnutzung zu erfüllen, und sie sind ohne einen Konsumwandel nicht zu erreichen (BUND 2022a). Mit der Extensivierung und Ökologisierung landwirtschaftlicher Nutzung geht in den meisten Fällen eine Reduktion der produzierten Menge pro Flächeneinheit und ein erhöhter Anbauflächenbedarf einher. Damit und aufgrund des Ziels, den Selbstversorgungsgrad für Gemüse und Obst zu erhöhen, ergibt sich ein erheblicher Mehrbedarf an Anbaufläche. Derzeit werden ca. 60% des Ackers in Deutschland für den Anbau von Futter verwendet, zusätzlich kommen insbesondere Eiweißfuttermittel aus Übersee in die Viehtröge. Beim Abbau der Nutztierzahlen kann somit Ackerfläche für pflanzliche Lebensmittelerzeugung frei werden. Der Dauergrünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche und die damit verbundene flächen-⁷ und grünlandgebundene Haltung von Wiederkäuern hingegen werden wachsen müssen, um die Ziele für Klima- und Biodiversitätsschutz zu erreichen.

Somit wird deutlich, dass eine Transformation der Landwirtschaft und eine Ernährungswende mit einer deutlichen Verringerung der Produktion und des Konsums tierischer Lebensmit-

tel hin zu einer pflanzenbasierten Ernährung zwingend notwendig ist, um die steigenden Flächenansprüche für die Lebensmittelerzeugung erfüllen zu können. Die Erzeugung tierischer Produkte ist meist extrem ineffizient, wenn auch zwischen den Erzeugungsformen unterschiedlich: 75% der landwirtschaftlichen Nutzfläche weltweit werden für die Erzeugung tierischer Lebensmittel genutzt (Parlasca, Qaim 2022); diese liefern jedoch nur 18% der Kalorien, die die wachsende Weltbevölkerung benötigt (aktuelle Studien, wie Pflanzenbau und Tierhaltung unter Berücksichtigung planetarer Grenzen und in Form einer Kreislaufwirtschaft aussehen würde, fehlen bisher). Die Erzeugung pflanzlicher Lebensmittel ist viel effizienter: von den verbleibenden 25% der landwirtschaftlichen Nutzfläche können 82% der Kalorien gewonnen werden, die die Menschheit benötigen würde (wenn sie gerecht verteilt würden). Und dabei stammen nur 37% der weltweit aufgenommenen Proteine aus tierischen Erzeugnissen, die restlichen 63% stammen bereits jetzt aus Hülsenfrüchten (Ritchie 2017). Der Fleischkonsum der Industrienationen muss laut verschiedenen Autoren erheblich und die Nutztierhaltung u. a. in Deutschland bis 2030 um 50% sinken, damit die Landwirtschaft innerhalb der planetaren Grenzen bleibt (BUND 2022a). Dabei sollte die Fütterung der verbleibenden Tiere aus Reststoffen und graslandbasiert erfolgen um den Anbau und den Import von Futtermitteln zu reduzieren.

Kleinräumige regenerative Anbauverfahren mit Mischkulturen und Agroforstsystemen können den Flächenverbrauch verringern, während gleichzeitig Gemeinwohl- und Ökosystemleistungen wie Humusaufbau, Wasserrückhalt, CO₂-Speicherung und Erosionsschutz sowie Schutz der Biodiversität und eine Stabilisierung und Verbesserung der Ökosystemfunktionen erreicht werden. Gleichzeitig kann auch der

⁷ Das sind 2 Großvieheinheiten pro Hektar (BUND 2022a).

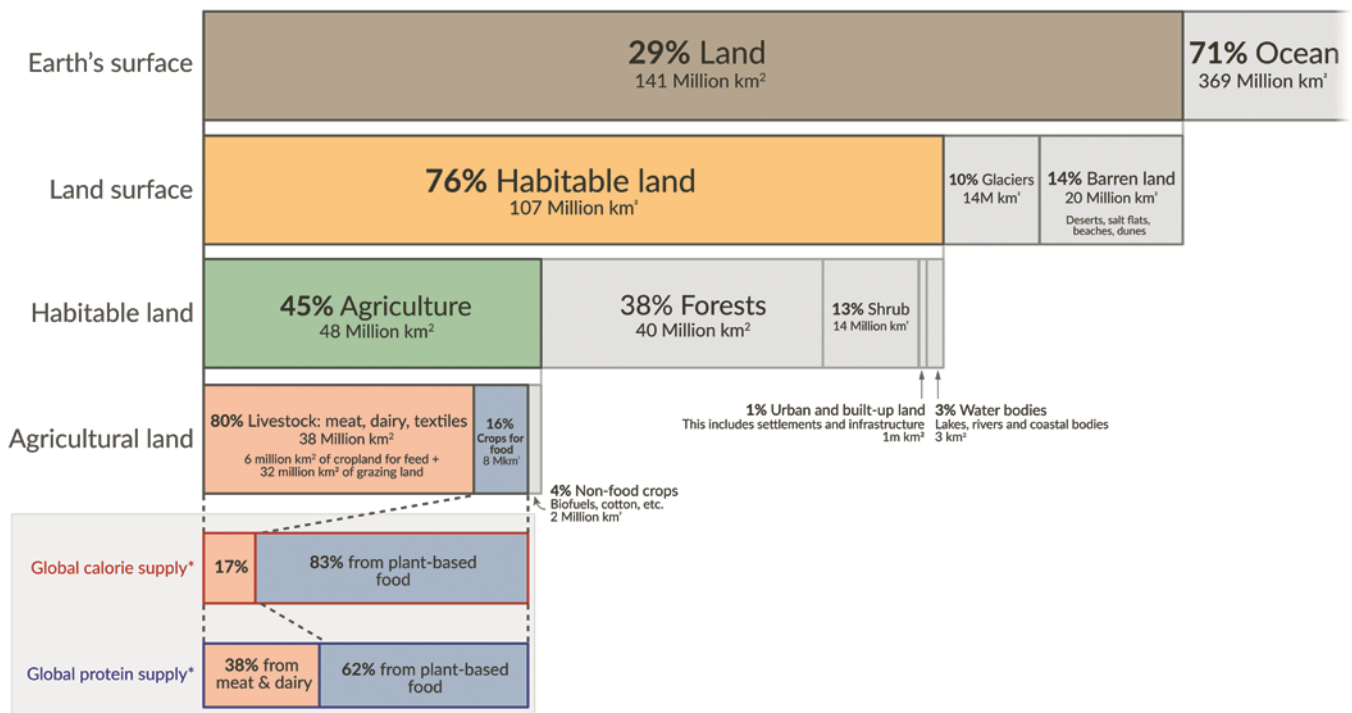
Selbstversorgungsgrad und dessen Absicherung bei pflanzlichen Lebensmitteln wie Obst und Gemüse erhöht werden (auch um die negativen Folgen des Anbaus in anderen Ländern zu verringern und Transportwege zu sparen). Durch Humusaufbau kann CO₂ im Boden in stabileren Kreislaufsystemen gehalten werden, Transportwege werden gespart und der Wasserrückhalt wird gesichert.

Agroforstsysteme können neben direkter Kohlenstoffbindung durch die Gehölze (in der ober- und unterirdischen Biomasse und im Boden) auch eine Vermeidung von Treibhausgasen bewirken, da fossile Energieträger und Baustoffe durch Holzprodukte ersetzt werden können. Durch die veränderte Landnutzung (verringert

ter Einsatz von Betriebsmitteln, Verringerung der Lachgasemissionen in Folge von reduzierter Stickstoffdüngung, besserer Nährstoffrückhalt) werden weitere Treibhausgase gespart. Durch die Synergieeffekte und eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Ressourcen des Standortes können insgesamt höhere Erträge erwirtschaftet werden. So konnten Böhm et al. (2020) für eine mit einem Agroforstsystem aus Pappeln bepflanzte Ackerfläche in Brandenburg eine Steigerung der Erträge der Ackerkulturen nachweisen (LER – land equivalent ration größer 1). Weiterhin vermindert der Anbau und die Nutzung von Gehölzen in Agroforstsystemen den Druck auf den Wald (Tsonkova et al. 2020).

Global land use for food production

Our World in Data



*Includes fish and seafood from aquaculture production, which uses land for feed. If wild fish catch is also included, animal products would provide 18% of calories and 40% of protein.

Data sources: UN Food and Agriculture Organization (FAO) and Poore and Nemecek (2018).

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser (September 2023).

Quelle <https://ourworldindata.org/agricultural-land-by-global-diets> -Under Creative Commons License

Die natürlichen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft) mit dem Sonnenlicht und Temperatur sind entscheidende Grundlagen für die Erzeugung von Lebensmitteln. Die Produktionsgrundlage Boden und dessen Bodenleben, Zusammensetzung und Gefüge sind auf Kreislaufwirtschaft angewiesen. Neben der Erzeugung von Lebensmitteln, die direkt oder indirekt in den Konsum einfließen, entstehen organische Reststoffe wie z. B. Stroh die entweder auch einer Nutzung (Einstreu) zugeführt werden, oder als organische Masse zum Humusauf- und -umbau dem Boden zugeführt werden. Reststoffe können über eine Nutzungskaskade (Beispiel: Stroh – Einstreu – organischer Dünger Festmist) dem Kreislauf im Boden zugeführt werden. Damit kann die Leistung als Produktionsgrundlage für die Erzeugung von Lebensmitteln erhalten werden und die Erfordernisse für Schutz des Bodenlebens, des Humusaufbaus und der Bindung von CO₂ werden erfüllt.

Der aktuellen Humusstatus in Böden Deutschlands ist defizitär. Nach den Prognosen des Thünen-Institutes im Bodenzustandsbericht wird für Gesamtdeutschland der Verlust bei sehr unterschiedlichen standörtlichen Gegebenheiten auf durchschnittlich jährlich 0,19 t/ha organischen Kohlenstoffs geschätzt (Thünen Institut 2018), insbesondere aufgrund geringer Einträge von Pflanzenresten oder organischem Dünger. Das bedeutet, dass das Bodenleben oft durch die vorherrschenden Nutzungsformen gestört ist und die Rückführung von organischer Masse nicht ausreichend stattfindet. Zusätzlich wird durch den Klimawandel mit einem beschleunigten Abbau der Kohlenstoffanteile in Böden gerechnet, und damit mit einem beschleunigten Humusabbau und der Freisetzung des im Humus gebundenen CO₂.

Angesichts dieser Situation steht organische Substanz aus landwirtschaftlichen Reststoffen als Biomasse für andere Nutzungen nur auf Kosten einer notwendigen Transformation hin

zu einer Kreislaufwirtschaft landwirtschaftlicher Lebensmittelerzeugung zur Verfügung. Das erfordert eine klare Bevorzugung des Anbaus von Lebensmitteln (Menschenrecht auf ausreichend und gesunde Nahrung/Food First, von Löwenstein et al. 2024). Die notwendige Rückführung der organischen Reststoffe in den Kreislauf landwirtschaftlicher Nutzungen ist ein weiterer Grund den Spielraum für eine derartige nicht-landwirtschaftliche Biomassenutzung einzuengen (BUND 2022a). Zudem ist die verfügbare Fläche sowieso viel zu knapp, um einen signifikanten Beitrag zum Ersatz fossiler Rohstoffe leisten zu können.

Die meist schlechte betriebswirtschaftliche Situation in der bäuerlichen Landwirtschaft führt oft notgedrungen zu Entscheidungen, die die beschriebenen Ziele einer nachhaltigen Landwirtschaft vernachlässigen müssen um ein ausreichendes Einkommen zu ermöglichen. Begriffe wie „Energiewirt“ deuten an, dass, bei bestimmten betrieblichen Situationen und Standorten, außerhalb der Erzeugung von Lebensmitteln eher gesicherte Einkommen zu erreichen sind. Z. B. bieten Verpachtungen an PV Anlagen Unternehmen die Chance, den Betrieb zu sichern und Verluste bei der Erzeugung von Lebensmitteln auszugleichen. Die Erzeugung bestimmter Pflanzen als Non-food-Rohstoffe kann entsprechend wirken (BUND 2022b).

Die Abkehr der Ackernutzung von organischen Böden wie Mooren ermöglicht es, die Entwässerung zu beenden, damit die Flächen nass zu halten und so die Mineralisation der organischen Bodenbestandteile zu stoppen, die heute eine signifikante Quelle von CO₂-Emissionen darstellt. Das kann allerdings aus hydrologischen Gründen nur großflächig gelingen, was die verfügbaren Flächen erneut verringert. Das wirft die Frage auf, ob auf Nassflächen (Entwässerungsende oder Wiedervernässung) nachhaltige, neue Nutzungen

möglich sind. Auf Niedermooren (Hochmoore sind in Deutschland weitgehend geschützt) sind z. B. sogenannte Paludi-Kulturen denkbar, mit denen Rohstoffe erzeugt werden können, die z. B. als Materialien für Dämmstoffe oder Gartenbauunternehmen genutzt werden können (Rammes, Beyer o.J.). Dabei sollte jedoch aus Gründen der Entwicklung von Biodiversität (Moore sind zwar relativ artenarm, bieten aber seltene und gefährdete Lebensräume) das Anlegen großflächiger Monokulturen vermieden werden.

5.4 Gentechnik

Gentechnik war von Beginn an ein Motor der Bioökonomie – das damalige Bundesministerium für Forschung und Technik beschäftigte sich schon im Jahr 1986 mit der Möglichkeit, Biomasse als Ersatz für Öl und Gas für die industrielle Verarbeitung zu nutzen und nannte den Anbau gentechnisch veränderter Organismen als Möglichkeit, hohe Ertragssteigerungen zu erreichen. Das vermeintliche Potential der Gentechnik bleibt in der Folge ein zentraler Bestandteil des bioökonomischen Diskurses. 1998 wird der Begriff Bioökonomie von den beiden Genetikern Juan Enríquez-Cabot und Rodrigo Martinez aufgegriffen und als der „Bereich der Wirtschaft, der neues biologisches Wissen zu kommerziellen und industriellen Zwecken nutzt“ definiert. Auch in den Folgejahrzehnten bleibt der Einsatz und vor allem die Förderung von Biotechnologie ein Kernbestandteil von Bioökonomie-Politik- und Förderstrategien.

Dabei setzt die Bioökonomie auf verschiedenste Arten biotechnologischer und gentechnischer Anwendungen: von der Nutzung biotechnologischer Verfahren in der Verarbeitung der Biomasse, über gentechnisch veränderte Produktionsorganismen, die die Verarbeitung erleichtern oder effizienter gestalten sollen, bis zum Einsatz von gentechnisch veränderter Biomasse.

So läuft auch der Großteil der Gentechnikanwendungsforschung für die landwirtschaftliche Nutzung, also die Entwicklung von Agrogentechnik, im letzten Jahrzehnt unter dem Deckmantel der Bioökonomieforschung. Die ehemalige Wissenschaftsministerin Annette Schavan äußerte dementsprechend schon 2010, „die Grüne Gentechnik habe ein großes Potential und sei Teil ... [der] Forschungsstrategie Bioökonomie, die wir in den kommenden Jahren mit insgesamt 2,4 Milliarden Euro fördern“ (Schwägerl 2010). Eine parlamentarische Kleine Anfrage der Grünen 2019 ergab über 100 Mio. Euro, die zwischen 2009 und 2021 explizit in die Forschung an gentechnisch veränderten Pflanzen und Tieren flossen, die auf dem Acker und im Stall quasi anwendungsbereit sein sollten (Bunderegierung 2019; BUND 2019).

Dies liegt begründet in der Hoffnung auf deutliche Ertragssteigerungen bzw. Qualitätsverbesserungen, mit denen trotz Nutzungskonkurrenzen und knapper Fläche die Ausweitung von Biomasseproduktion gelingen soll, die es bräuchte, um eine 1:1 – Umstellung von fossiler Wirtschaft auf „biobasiertes Wirtschaften“ zu erreichen. So sollten Glyphosat-resistente Pflanzen, z. B. Roundup-Ready-Soja, und insektenresistente Pflanzen wie der Mon810-Mais den Ertrag steigern, zumindest Ertragseinbußen vermeiden (BMBF 2011), und Kartoffeln mit einer veränderten Stärkezusammensetzung (Amflora-Kartoffel) wurden speziell als für industrielle Zwecke geeignet angekündigt (BMBF 2012).

Der Versuch, mit Gentechnik in den Pflanzen und Tieren, die die Biomasse für die Bioökonomie darstellen, Inhaltsstoffe, deren Gehalt oder Zusammensetzung zu verändern, ist aber auch Ausdruck des Ziels, die Biomasse optimal an die industrielle Verwertung anzupassen. Auch wenn die Amflora-Kartoffel letztlich ein Flop war, werden weiterhin Projekte verfolgt, die die Veränderung pflanzlicher Inhaltsstoffe für industrielle Zwecke zum Ziel haben. Die neue

Gentechnik (z. B. CRISPR/Cas) spielt hier eine besondere Rolle, wird ihr doch zugeschrieben, dass sie schneller zum Ziel kommt. So sollen beispielsweise bei Sojabohnen der Proteingehalt erhöht und die Ölzusammensetzung verändert werden (Gelinsky 2024) und bei Pappeln der Ligningehalt – zwecks einfacherer Verarbeitung zu Zellstoff – reduziert werden (Cieslak & Koller 2024).

Einer auf standardisierte Inputs angewiesenen Industrie sollen statt (möglichst homogener) fossiler Rohstoffe möglichst homogene bio-basierte Rohstoffe zur Verfügung gestellt werden; und, statt die industrielle Verarbeitung umzubauen, sollen deshalb Pflanzen und Tiere „umgebaut“ werden.

Bei der bisherigen Gentechnik blieb das noch ein weitgehend nicht-erfülltes Versprechen. Gentechnisch veränderte Organismen, die neue Inhaltsstoffe produzieren oder deren Zusammensetzungen und Gehalte von Inhaltsstoffen grundlegend geändert wären, spielen auf dem Markt aktuell keine Rolle. Stattdessen wurden in Masse Herbizid-resistente und/oder insekten-giftige Pflanzen (vor allem Soja, Mais, Baumwolle und Raps) entwickelt, die es ermöglichten, in Monokultur möglichst homogene Partien anzubauen, die aufgrund von Mengen- und Skaleneffekten und dem Wegfall von Bewirtschaftungsschritten außerhalb der Totalherbizidausbringung auch noch kostengünstige Massenrohstoffe waren: 99 Prozent der global angebauten GVO gehören in diese Kategorie (ISAAA 2019).

Wunschbild sind allerdings weiterhin Pflanzen, die so gentechnisch verändert sind, dass sie schon optimierte Inhaltsstoffe für die weitere Verwendung mitbringen. Unter den mit neuer Gentechnik erzeugten Pflanzen tauchen nun vermehrt „inhaltsoptimierte“ GVO auf. Aktuell sind dies vor allem Nahrungspflanzen mit längerer Haltbarkeit (Salat), verbessertem

Geschmack (Senf) oder höherem Gehalt einer angeblich gesundheitsfördernden Aminosäure (Tomate); ein Mais mit veränderter Stärkezusammensetzung ist hingegen als Rohstofflieferant für die Industrie gedacht (Gelinsky 2024). Der Blick in die Industrie-Pipelines zeigt, dass in diesem Feld verstärkt geforscht wird.

Neben ökologischen Risiken wie der Auskreuzung oder mit den neuen Eigenschaften direkt verbundenen Biodiversitätsgefahren wie der Giftigkeit für Nicht-Ziel-Organismen im Fall von Bt-Mais und -Baumwolle sind mit der Nutzung der Agrogentechnik auch indirekte Effekte verbunden. Insbesondere der massive weltweite, die Artenvielfalt reduzierende Glyphosateinsatz ist stark mit dem Anbau von GVO verknüpft (Schütte et al. 2027). Dies gilt auch für die fortschreitende Konzentration des Saatgutmarktes auf wenige Firmen und des weltweiten Anbaus auf wenige Kulturarten aus der Hand immer größerer Firmen (Deconinck 2020). Damit birgt der Anbau von GVO nicht nur unmittelbare ökologische Risiken, sondern er hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zu Intensivierung, Verlust von Vielfalt und Bedrohung der Biodiversität beigetragen und damit auf das unter ökologischen Gesichtspunkten ungünstigsten Modell der intensiven Bioökonomie eingezahlt.

Insbesondere für die Ausrichtung von Forschung und Förderung von Bioökonomie ist deshalb klare Forderung, dass sie künftig statt auf Erhöhung der industriellen Verwertbarkeit durch gentechnische Veränderungen auf eine nachhaltige Bioökonomie orientiert sein muss (es also um Themen wie Suffizienz und Reststoffnutzung, und um die Förderung nachhaltiger Anbaupraktiken gehen muss).

Auch für bioökonomische Nutzungen angebaute oder freigesetzte GVO sind – unabhängig von der Art ihrer gentechnischen Veränderung – weiterhin dem europäischen Rechtsrahmen für Gentechnik zu unterwerfen, so dass ihr Anbau

oder Import nur nach Risikoprüfung und Zulassung, sowie Kennzeichnung und Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit erfolgen darf. Eine Deregulierung nach Vorbild der USA ist mit der europäischen Rechtsordnung einschließlich des Vorsorgeprinzips nicht zu vereinbaren (Then 2019).

5.5 Meer und Küste

Bioökonomie an Meer und Küste sollte

• Lösungsstrategien für globale und regionale Herausforderungen entwickeln

Die Küstenregionen sind besonders gravierend von den Auswirkungen der Klimakrise betroffen. Die Fläche bedrohter Biotoptypen wird sich durch den steigenden Meeresspiegel zunehmend verringern. Das Artensterben ist in aquatischen Ökosystemen noch stärker ausgeprägt als an Land. Die Eutrophierung von Ost- und Nordsee führt zur Bildung giftiger Algenblüten und Todeszonen am Meeresgrund. Ansätze der Bioökonomie sollten zu einer Trendwende beitragen (siehe Verschlechterungsverbot und Verbesserungsgebot der Wasserrahmen- und der Meereschutzrichtlinien der EU).

• Nutzungsdruck auf die Fläche nicht vergrößern

Overtourism hat insbesondere während der Pandemiejahre zu überbelegten Küstenabschnitten geführt, die die Tragfähigkeit der Anwohner*innen und lokalen Ressourcen übersteigen. Der Ausbau der Offshore Windenergie steigert den ohnehin immensen Nutzungsdruck von Schifffahrt, Marine, Fischerei, Abbau mineralischer Ressourcen usw. auf Nord- und Ostsee. Bioökonomie sollte durch gezielte Schaffung von Ruhezonen zu einer Stärkung des Naturschutzes beitragen statt überlastete Ökosysteme weiter zu degradieren.

• Nachhaltig mit natürlichen Rohstoffen haushalten

Nord- und Ostsee sind stark überfischt, die Bestände der ehemaligen Brotfische Hering

und Dorsch/Kabeljau teils komplett kollabiert. Nachhaltige Perspektiven für die Fischerei sind erforderlich und können eine Nutzung von Aqua- und Marikultur in nachhaltigem Ausmaß beinhalten. Ansätze zur Algen- und Seegrasnutzung in Strandnähe sind als Maßnahme gegen ihr gehäuftes Auftreten in überdüngten Gewässern durchaus ratsam.

• Marine Ressourcen nicht übernutzen

Die Meere weltweit leiden unter Temperatur- und Aziditätserhöhungen; die Verschmutzung mit Mikroplastik droht die marine Produktivität zu unterminieren (Zhu et al. 2015). Marine Kelpwälder stellen eine CO₂-Senke dar, deren Potenzial mit dem der terrestrischen Moore vergleichbar ist. Während hier Biomasse in begrenztem Umfang nachhaltig gewonnen werden kann, würden marine Algenkulturen und die Nutzung der Kelpwälder als Biomasse nicht nur die fragilen Ökosysteme weiter destabilisieren, sondern auch eine wichtige Kohlenstoffsенke bedrohen.

5.6 Internationale Umweltpolitik

Bioökonomie braucht Biomasse, und eine wachsende Bioökonomie braucht stetig mehr Biomasse, die zu erheblichen Teilen importiert werden soll. Biomasse wird global gehandelt und häufig nicht in den Weltregionen konsumiert und/oder verarbeitet in denen sie angebaut wird, aber die Flächenverfügbarkeit ist weltweit begrenzt.

Das hat 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 in und zwischen den Ländern wird das Gesicht einer zukünftigen Bioökonomie prägen (Scarlat et al. 2015; Kalt et al. 2020); den höchsten Verbrauch pro Kopf weisen die wohlhabenden post-industriellen Staaten auf.

Soziale Folgen

Der ungleiche Zugang ist eng verknüpft mit sozialer Ungleichheit und sozialen Konflikten (IPBES 2019). Der Handel mit Soja-Biomasse, der eine zentrale Rolle im globalen Agrarhandel einnimmt, ist etwa geprägt durch Ungleichverteilung der Profite und der sozial-ökologischen Kosten entlang der globalen Lieferketten. Vor allem transnationalen Agrarunternehmen haben Kontrolle über die Produktion und die Ausweitung der Anbaugelände (Backhouse et al. 2022). Insbesondere indigene Bevölkerungsgruppen und Subsistenzbäuer*innen sind durch steigende Ressourcenextraktion unter Druck. Ihre Lebenswelten und das Wissen um ökologisch nachhaltige Bewirtschaftungsmethoden drohen durch die Ausbreitung agrar-industrieller Landwirtschaft weiter verloren zu gehen (IPBES 2019). Ausbeuterische Arbeitsverhältnisse und Gesundheitsgefährdungen durch den Einsatz von Gentechnik und Pestiziden, die in der EU teilweise verboten sind tragen zu den prekären Lebensbedingungen in den Biomasseproduzierenden Sektoren bei.

Nature-based Solutions (NbS)

In der Diskussion über Ansätze zur Lösung der Klima- und Biodiversitätskrise hat das Konzept der Nature-based Solutions in den zurückliegenden Jahren vermehrt an Aufmerksamkeit gewonnen. Hinter der grünen Terminologie des Begriffes versteckt sich allerdings zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze, von denen einer sogar konträr zu tatsächlichem Klima- und Biodiversitätsschutz steht. Mehr Klimaschutz durch wiederhergestellte Moore, Auen, Seegrasswiesen und andere Ökosysteme bieten vielfältige positive Effekte für

Artenschutz, Hochwasserschutz, Landschaftswasserhaushalt, den Schutz vor Dürren und zur Speicherung von CO₂ (BUND 2023). Der BUND fordert solche Maßnahmen nicht nur, er praktiziert sie auch im Rahmen seiner angewandten Naturschutzarbeit.

Was wir und unsere internationalen Partner strikt ablehnen, ist ein grüner Ablasshandel, bei dem sich Industrie-Player der fossilen Rohstoff-Industrie, Airlines und das Agrarbusiness und Staaten mit Zertifikaten von der Reduzierung ihrer Emissionen freikaufen können. Das verhindert nicht nur die notwendige Defossilisierung des Wirtschaftens, fast alle überprüften Zertifikate haben sich auch als Schwindel erwiesen – entweder trat die versprochene CO₂-Fixierung gar nicht ein, oder nur ein Bruchteil dessen, was als Gutsschrift verkauft wurde, wurde tatsächlich aus der Atmosphäre entfernt und gebunden.

Insbesondere im globalen Kontext besteht so die Gefahr, dass sich im Namen eines vorgeblichen Klimaschutzes ein grüner Neokolonialismus ausbreitet, indem Wald- und Landflächen im globalen Süden zu Ersatzdeponien für die Abgase des Nordens gemacht werden. Das droht soziale Krisen weltweit weiter zu verschärfen und ist auch ökologisch kontraproduktiv, weil eine Landnutzung, die vorrangig auf CO₂-Bindung zielt, die biologische Vielfalt untergräbt und den Naturschutz schwächt.

Ökologische Auswirkungen

Insgesamt verursachen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Formen der Landnutzung, also Sektoren, die traditionell Biomasse produzieren, etwa 23% der weltweiten Treibhausgas-Emissionen (IPCC 2019).

Die zunehmende Nachfrage nach Biomasse bringt erhebliche ökologische Probleme mit sich; schon heute liegt der vom Menschen abgeschöpfte Anteil der natürlichen Biomasseproduktion bei etwa einem Viertel der Nettoprimärproduktion. Davon sind wiederum 75% auf landwirtschaftliche Tätigkeiten zurückzuführen (Haberl et al 2007). Einen noch höheren Anteil der natürlichen Biomasseproduktion abzuschöpfen, ist nicht ohne eine weitere Überschreitung von ökologischen Grenzen denkbar (Steffen et al. 2015).

Der Verbrauch von Biomasse ist zwischen 1970 und 2017 um das 2,7-fache gestiegen, von 9 Milliarden auf 24 Milliarden Tonnen (UNEP IRP et al. 2019). Die Biomasseextraktion hat dabei weitreichende negative sozial-ökologische Konsequenzen. Sie trägt zu über 85% zum weltweiten Wasserstress bei und zu 80% des Biodiversitätsverlustes. (UNEP-IRP 2019). Die Ausdehnung der (industriellen) Agrarproduktion, welche die relevanteste Form der Landnutzungsänderungen darstellt, ist dabei der zentrale Faktor und führt zur Abholzung von Primärwäldern und zur Zerstörung von Feuchtgebieten und Grasslandschaften weltweit (IPBES 2019). Die Abholzung des Amazonas-Regenwaldes und die Umwandlungen der brasilianischen Savanne Cerrado (Verlust von 220.000 Quadratkilometer Wald zwischen 2016–2017 – ca. 60 Prozent der Fläche Deutschlands) für Viehweiden und den Anbau von Sojamonokulturen oder die Regenwald-Rodungen in Indonesien zu Gunsten von Palmölplantagen gehören zu eindrucklichsten Beispielen dieser Entwicklung und drohen, einen der

Kippunkte des Weltklimas irreversibel zu überschreiten (Lovejoy, Nobre 2018; Franklin, Pindyck 2018). So gehen durch menschliche Eingriffe Ökosysteme als CO₂-Senken verloren und drohen – entgegen den Hoffnungen, sie als Kohlenstoffsinken zu nutzen („nature-based-solutions“, siehe Box 1) sogar zu CO₂-Emittenten zu werden (Gatti et al. 2021). Die Regenwälder des Kongo-Beckens sind etwa durch Rodungen für die Suche nach neuen Öl- und Gasfeldern und seltenen Metallen bedroht und drohen ihre Senkenfunktion ebenso zu verlieren wie bereits Teile des Amazonasbeckens, deren Wälder durch Bergbau und Viehzucht vernichtet wurden.

Zertifizierungssysteme werden als vermeintlicher Lösungsansatz angeführt, um den Import von Biomasse in die EU und nach Deutschland möglichst ohne soziale und ökologische Folgeschäden zu gewährleisten. Allerdings können Zertifizierungen nicht verhindern, dass die Anbauflächen ausgebaut werden, sondern sie können im optimalen Fall nur sicherstellen, dass der Anbau auf einer bestimmten Fläche unter bestimmten Bedingungen stattfindet. Außerdem können sie nicht verhindern, dass durch steigende Nachfrage Verlagerungseffekte entstehen (ILUC – indirect land use-change) und sind somit als Instrument zur Steuerung des Biomasseverbrauchs nicht geeignet (Spangenberg, Kuhlmann 2020).

Der bioökonomische Fußabdruck Deutschlands

Für die bioökonomische Produktion ist fruchtbarer Boden einer der wichtigsten Ressourcen, und dieser ist nicht vermehrbar. Dabei sank die für agrarische Nutzung zur Verfügung stehende Fläche von 1970 bis 2000 von 0,38 ha/Person auf 0,23 ha/Person; die FAO erwartet eine weitere Schrumpfung auf 0,15 ha/Person bis 2050 (FAO 2002). Die Flächenversiegelung durch

den Bau von Verkehrs-Siedlungsinfrastruktur, nicht ökologische Bewirtschaftungsmethoden und die Auswirkungen der Klimakrise sind entscheidende Treiber für diese Entwicklung. Auf bereits begrenzter Fläche kann es nur ein begrenztes Maß an Nutzungen geben, allerdings nehmen die Ansprüche, was alles in der Fläche geleistet werden soll, stetig zu. Flächenansprüche für Siedlungen- und Verkehrsinfrastruktur, Land- und Forstwirtschaft, für Naturschutz und Erholungszwecke sowie für die Eigenversorgung und den Export stehen damit in Konkurrenz zueinander.

Deutschland belegte im Jahr 2015 für seinen Konsum von biomassebasierten Gütern 51 Mio. ha weltweit an Agrarfläche, mehr als dreimal soviel wie die inländische Agrarfläche von 16,5 Millionen ha in Deutschland, davon 11,6 Millionen ha Ackerland (Statistisches Bundesamt 2024). Vor allem während der 2000er Jahre hat Deutschland entscheidend zur Umwandlung von Grünland und Wald in anderen Weltregionen beigetragen und lag vor 2015 um das Doppelte über dem globalen Durchschnitt bei der Flächenumwandlungsrate. Angetrieben wurde dieser Trend durch die steigende Nachfrage nach Futter- und Energiepflanzen (Bringezu et al. 2020). Der Monitoring-Bericht zur deutschen Bioökonomie stellt auch die Rolle des Wasserfußabdruckes hervor und zeigt, dass 42% der Agrargüter, die auf Bewässerung angewiesen sind, aus Wassermangelregionen importiert werden (Bringezu et al. 2020).

5.7 Wald

In Deutschland beläuft sich der Holzzuwachs auf 110 Mio. cbm im Jahr, auf der Fläche von 11 Mio. ha. Das Energieäquivalent beläuft sich auf ca. 300 TWh im Jahr. Da ein Teil dieses Zuwachses zum Aufbau und der Sicherung des Holzvorrats und dem Erhalt der natürlichen Funktion des Waldes

im Wald verbleiben muss (BUND 2011) beträgt die derzeitige Holzentnahme 87 Mio. cbm (BMEL 2023). Ein Großteil dieser Entnahme geht in die stoffliche Nutzung für Holzkonstruktionen, Möbel, Bauholz, Dämmmaterial etc.. Positiv ist hierbei die Bindung von CO₂ über einen längeren Zeitraum. Durch Substitution von Beton und Stahl ist damit eine Energieeinsparung von 50 TWh im Jahr verbunden. Die stoffliche Nutzung von Holz sollte daher Priorität haben, zumal sich fast immer eine energetische Nutzung am Ende der Nutzungsdauer oder durch die Abfälle in der Kaskade der Verarbeitung anschließt.

Energie

Dieses Holz fällt früher oder später als Altholz wieder an. Derzeit beträgt das Altholzaufkommen aus früherer stofflicher Holznutzung ca. 30 TWh, das in Altholzheizkraftwerken zu Erzeugung von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt wird und auch für Hochtemperaturfeuerungen in der Industrie verwendet werden kann (BMEL 2024a). Weitere 65 TWh Energie werden als biogener Brennstoff zumeist in nicht sehr effizienten Kleinfeuerungsanlagen mit zu hohen Schadstoffemissionen, insbesondere an krebserregendem Feinstaub, verheizt. Aus Sägewerksresten werden Holzpellets produziert, die mit ca. 3 Mio. t Jahresverbrauch einen Energiebeitrag von ca. 15 TWh im Wärmebereich leisten. Hinzu kommen 10 TWh Strom aus der Nutzung fester Biomasse in KWK (Waldresthölzer, Landschaftsdurchforstung) (BMEL 2024b).

Für den BUND haben die schonende Nutzung der Wälder und ihr Schutz absoluten Vorrang, gerade in der aktuellen schlechten Lage der Wälder. Wir können die energetische Nutzung von Holzbiomasse als speicherbaren und flexiblen Ausgleich für Energie aus Wind und Sonne nur dann befürworten, wenn dies in walddreichen Regionen und in einem dem

Waldzuwachs angepassten Maßstab erfolgt. Dabei sollen nur Reststoffe, die z. B. bei der Holzverarbeitung anfallen und nicht im Wald als Nährstoff verbleiben können, energetisch und zwar hocheffizient und sauber genutzt werden. Dazu gehören auch Holzhackschnitzel und Holzpellets, die in der Kaskade der Holzverarbeitung anfallen. Holz soll nur in Ausnahmefällen und niedrigsten Emissionen in energiesparenden Gebäuden und nur als Spitzenlastreserve in Wärmenetzen eingesetzt werden. Zu ähnlichen Empfehlungen kommt eine Studie im Auftrag des Landwirtschaftsministeriums (ifeu et al. 2023). Diese weist zudem auf Basis von Szenario-Rechnungen darauf hin, dass die Biomassepotenziale in Deutschland insgesamt begrenzt sind und in der Tendenz abnehmen, sehr deutlich sich bei der energetischen Nutzung von Waldholz und holzigen Abfällen und Reststoffen.

Bei der Betrachtung der CO₂-Bilanzen sollte nicht der Blick in die Vergangenheit gelten, dass Holzverbrennung klimaneutral sei (ist sie nicht!), weil das CO₂ in der Vergangenheit durch Bäume der Atmosphäre entzogen worden ist, sondern im Sinne der Nachhaltigkeit nur, dass eine CO₂-Neutralität erst angenommen werden kann, wenn nach Jahrzehnten der Wald im entsprechenden Umfang wieder nachgewachsen ist.

Insgesamt liegt das nachhaltig nutzbare Potential der energetischen Nutzung von Waldrestholz, Abfällen der Holzindustrie und Altholz bei maximal 120 TWh Primärenergie. Dies entspricht 5% des derzeitigen Endenergieverbrauchs. Diese Energie sollte so effizient wie möglich, mit Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung und mit hohen Anforderungen an die Rauchgasreinigung genutzt werden, insbesondere durch Ersatz des Holzeinsatzes in Kleinfeuerungsanlagen durch Einsatz in zentralen Anlagen mit Wärmenetzen. Vorschläge, größere Holzmengen anzupflanzen

und sie anschließend unter teilweiser Abscheidung und Speicherung des frei werdenden CO₂ zu verbrennen (bekannt als BECCS Bioenergy with Carbon Capture and Storage) werden als „Negativemissionen“ propagiert. Sie sind aber nicht nur keine Lösung der Energie- wie der Klimaprobleme und drohen bei globaler Anwendung Menschenrechte wie das Recht auf ausreichend und gesunde Nahrung zu untergraben (Günther, Ekarde 2022), sie sind auch zum Scheitern verurteilt, weil sie gleich mehrere der Planetaren Grenzen durchbrechen (Braun et al. 2025).

Bauwesen

Der Bausektor ist weltweit der größte Rohstoffverbraucher und die weltweite Zementproduktion ist die drittgrößte Quelle anthropogener Kohlendioxidemissionen (nach fossilen Brennstoffen und Landnutzungsänderungen). Viele sehen daher im Bauen mit Biomasse, insbesondere mit Holz, eine Schlüsselstrategie, um ökologische, soziale und wirtschaftliche Ziele miteinander zu verbinden. Zwar kann es auch eine Strategie zur Umwandlung der bebauten Umwelt in eine Kohlenstoffsänke sein, da es den doppelten Vorteil hat, kohlenstoffintensive Baumaterialien zu ersetzen und Kohlenstoff in langlebigen Holzstrukturen zu speichern. Aber auch Holz ist eine begrenzte Ressource. Das Potenzial hängt entscheidend von der Bewirtschaftung der Wälder und der Beschaffung nachhaltig lieferbarer Mengen von Holz ab. In Deutschland bestehen mehr als 21% der zum Bau genehmigten Wohngebäude zumindest teilweise aus Holz, die Tendenz ist kontinuierlich steigend, vor allem durch technische Holzprodukte wie Schichthölzer und Dämmstoffe für die Agroforstwirtschaft eine wichtige Quelle werden könnte.

Holzbasierte Produkte, Papier

Innovative Holzprodukte haben das technische Potenzial, eine Vielzahl von Märkten zu

erreichen – zusätzlich zu den bestehenden. Neben der Möbelproduktion gehören dazu z. B. Brettspertholz, Holzwerkstoffe und Lyocell, Holzschaum, Klebstoffe auf Ligninbasis, Glykole und Biokunststoffe. Auf globaler Ebene dürfte der Verbrauch von primär verarbeiteten Holzprodukten bis 2050 um 37% steigen (im Vergleich zu 2020). Eine zusätzliche Nachfrage nach innovativen Holzprodukten (Massivholz und künstliche Zellulosefasern) würde bis 2050 ein zusätzliches Wachstum von 8% bedeuten.

Deutschland hat einen der höchsten Pro-Kopf-Papierverbrauchswerte der Welt: 228 kg pro Person im Jahr 2021 (EU 180 kg, global 55 kg). Der Anteil des Papierrecyclings am Papierverbrauch in Deutschland ist deutlich gestiegen, von 49% in 1990 auf 79% in 2020. Obwohl es technisch möglich ist, die Recyclingquoten noch weiter zu erhöhen, ist das Potenzial begrenzt. Dies ist sowohl auf den Rückgang von Druck- und Schreibpapier zurückzuführen, wodurch „Altpapier“ zu einer knappen Ressource wird, als auch auf Verunreinigungen. Deutschland ist weltweit der viertgrößte Hersteller von Papier und Pappe und der größte Hersteller in Europa. Mit einem Anteil von etwas mehr als 6% am Primärenergiebedarf des gesamten Verarbeitenden Gewerbes (2019) handelt es sich um einen energieintensiven Sektor. Deutschland importiert große Mengen an Zellstoff: Fast ein Drittel der chemischen Zellstoff-Importe kommen aus Brasilien, gefolgt von Finnland (16%) und Schweden (15%). Für den in Deutschland produzierten Zellstoff wurden 2021 mehr als 9 Mio. Kubikmeter Holz (fest, ohne Rinde) benötigt (60% davon stammen aus Rundholz und nur 40% aus Sägenebenprodukten). Der weltweite Verbrauch von Papier und Pappe wird sich zwischen 2020 und 2050 voraussichtlich mehr als verdoppeln (von 401 Millionen Tonnen auf 878 Millionen Tonnen) (SYMBOIO 2024).

5.8 Energie: Energieschwemme oder Energiekrise durch Bioökonomie?

Eines der Ziele der Bioökonomie war, den Verbrauch fossiler Energieträger, verbunden mit der Freisetzung von Treibhausgasen durch den Einsatz biogener Ressourcen zu ersetzen – auch wenn das inzwischen auf einen Beitrag in nicht-elektrifizierbaren Anwendungsbereichen reduziert worden ist. Im Zentrum steht dabei, wie der Begriff sagt, die wirtschaftliche Nutzung und der Aufbau neuer oder Ausbau bestehender Wertschöpfungsketten. Kriterien der Nachhaltigkeit, ob ökologisch oder sozial, werden dann zwar werbewirksam propagiert, in der Praxis aber meist nur als Randbedingung oder Restriktion aufgefasst. Sinnvoll wäre hingegen eine Herangehensweise, die zunächst die quantitativen und vor allem qualitativen Eigenschaften biogener Rohstoffe (stofflich, energetisch) ins Zentrum stellt und sodann aufzeigt, wie sehr der bisherige Verbrauch von Energie und Ressourcen gemindert werden muss, damit der biogene Anteil nachhaltig relevant genutzt werden kann.

Interessant ist, dass zahlreiche Publikationen zum Thema „Bioökonomie“ kaum konkrete Zahlen und Mengengerüste der Nutzung biogener Ressourcen aufweisen (Konrad et al. 2020); eine bundesweite Kohlenstoffbilanz gibt es bisher nicht (Bioökonomierat 2023b). Dabei wurden schon vor fast 20 Jahren real nachhaltig nutzbare Potentiale der Biomasse bestimmt. Damals wurde das Potenzial nachhaltig nutzbarer Biomasse bis auf maximal 1.500 PJ (420 TWh) geschätzt. Durch verschiedene Restriktionen – seien es die Auswirkungen großflächigen Anbaus von Energiepflanzen oder der Aufwand zur Einsammlung von biogenen Reststoffen – kommen aktuelle Untersuchungen auf ein energetisches Nutzungspotential, überwiegend aus Abfall- und Reststoffen, von rund 1.250 PJ (350 TWh) Primärenergie

(Eppler et al. 2021). Dies entspricht etwa 15% des derzeitigen Endenergieverbrauchs.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die BioRest-Studie des Umweltbundesamtes zur Nutzung von biogenen Abfall- und Reststoffen, deren Potenzial mit ca. 900 PJ (250 TWh) angegeben wird (UBA 2019b).

Zusammen mit einem gewissen Anteil Anbaubiomasse (Energiepflanzen auf Standorten, die keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung und dem Naturschutz aufweisen) ist ein Gesamtbeitrag biogener Energieträger von 300 TWh möglich, der einen Anteil von 20% eines deutlich auf 1.500 TWh (um 40%) gesenkten Endenergieverbrauchs (über alle Sektoren, Strom, Wärme, Mobilität) abdecken kann.

Bei diesen Potenzialstudien geht zugleich ein, dass ein signifikanter Beitrag biogener Stoffe nur mit der Senkung des Endenergieverbrauchs und bei stofflicher Nutzung der Energieträger, z. B. in der Chemieindustrie, erreicht werden kann.

Im Wärmebereich muss die Minderung des Wärmebedarfs durch Wärmedämmung und Wärmerückgewinnung Priorität erhalten. Wärme aus Bioenergie wird hier eine größere Rolle als bisher durch Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung in Wärmenetzen erhalten. Wärme und Strom aus Holz kann dabei einen Anteil von 120 TWh haben (vgl. Kapitel 5.7 zu Holz als Rohstoff der Zukunft).

Bundesweit werden 2,7 Mio. ha zum Anbau „nachwachsender Rohstoffe“ genutzt. Dies sind ca. 16% der landwirtschaftlichen Fläche (16,6 Mio. ha). Hiervon werden 960.000 ha (ca. 6% der Landwirtschaftsfläche) für die Herstellung von Bioethanol/ Biodiesel als Beimischung zu Kraftstoffen verwendet. Diese Beimischung von 3,4 Mrd. l (34 TWh)

entspricht etwa 7% des gesamten Kraftstoffverbrauchs von 45 Mrd. l (BMDV 2022). Untersuchungen des Umweltbundesamtes zeigen, dass ein Tempolimit bis zu 5% Minderung des Verbrauchs und der THG-Emissionen bringen kann (UBA 2023). Allein ein Tempolimit könnte daher eine Fläche von 750.000 ha für den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln freigeben. Die Flächennutzung für Biogas von 1,5 Mio. ha kann reduziert werden auf ca. 1 Mio. ha durch vermehrten Einsatz von biogenen Reststoffen und gleichzeitigem Übergang zu Blühpflanzen. Biogas sollte ökologischer erzeugt werden und kann in bestehenden Anlagen mit höherer Stromleistung und Gasspeichern wesentlich als große Stromreserve dienen. Insgesamt könnte die Anbaufläche für Energiepflanzen mehr als halbiert werden.

Aus Biogas werden derzeit 60 TWh Primärenergie im Jahr gewonnen. Hieraus werden derzeit 30 TWh Strom und 20 TWh Wärme erzeugt. Künftig sollte die Nutzung von Reststoffen ausgeweitet und eine Umstellung auf Blühpflanzen und Gräser erfolgen. Die elektrische Leistung der Biogasanlagen sollte von 6.000 MW auf 20.000 MW gesteigert werden, damit diese nicht mehr in der Grundlast sondern als flexibler Ausgleich für das fluktuierende Angebot von Strom aus Wind und Sonne eingesetzt werden kann. Denn sowohl die Inhaltsstoffe als auch das Biogas können gespeichert werden, ebenso wie die Wärme bei Einsatz der KWK. Dies sollte mit einer Integration in regionale Strommärkte von Energie-Gemeinschaften verbunden werden. Mehr Biogas, aber nachhaltiger aus Reststoffen, flexibler im Einsatz und blühender zugunsten der Natur ist das Ziel.

Künftig kommt „Kombi-Nutzungen“ eine größere Bedeutung zu, nicht nur zu einer besseren Ausnutzung der Fläche, sondern auch zur Herstellung von Synergien in der

Erzeugung mehrerer Produkte. So spricht sich der BUND für die Nutzung von 1% der landwirtschaftlichen Fläche aus, die bei Einsatz der Agri-PV, v.a. senkrecht aufgestellter Module, nur zu einer Minderung der landwirtschaftlichen Nutzung je Flächeneinheit von 10% beiträgt (BUND 2022b). Ebenso weisen Agro-Forst-Systeme Vorteile für die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte und der Bäume auf.

Ähnlich wie in den Anwendungsbereichen Wärme, Strom und Mobilität (Kraftstoffe) gilt auch im stofflichen Bereich die Devise, dass man von dem Einsatzzweck ausgehen sollte und in diesem Bereich zunächst die Potenziale der Effizienz und Suffizienz anwenden sollte. Bioenergieträger sollten dort prioritär eingesetzt werden, wo der Nutzen nicht oder nur mit hohem Aufwand durch Strom erreicht werden kann. Dies gilt gerade auch in der chemischen Industrie. Diese setzt bisher nicht nur große Mengen fossiler Energie (Erdgas, Erdöl) zur Erzeugung von Prozesswärme ein (was größtenteils durch Strom, aber auch Solarthermie ersetzt werden kann), sondern weist einen nicht-energetischen Energieverbrauch von ca. 150 TWh auf. Wesentlich ist, dass die neuen Energieträger auch Kohlenstoff beinhalten, da ein Großteil chemischer Produkte darauf beruht.

Dieser Verbrauch fossiler Energieträger kann durch biogene Energieträger ersetzt werden. Dies erfolgt meist durch die Erzeugung von Ethanol aus Getreide und Zuckerrüben (AEE 2025). Künftig kann die Erzeugung von „Zellulose-Ethanol“ an Bedeutung gewinnen, da hier mehr biogene Reststoffe eingesetzt werden können, wie Gräser (*Miscanthus*, Grüngetreide von Wiesen) und Stroh (SVR-BB 2017).

Andere Pfade der Erzeugung stofflicher Eingangsstoffe für die chemische Industrie setzen gleichermaßen wie für den Ersatz von

Kerosin und Dieselkraftstoff auf die Erzeugung künstlicher Kraftstoffe („e-fuels“ oder „Power-to-X“). Hierbei wird Wasserstoff aus der Stromelektrolyse und CO₂ aus Abscheidung in Kraftwerken oder Gewinnung aus der Luft eingesetzt. Der Energieaufwand liegt hierbei aber beim 2–3 fachen des Energieinhaltes des Produktes. Diese Ineffizienz kann durch Nutzung von Abwärme gemindert werden. Die Strategie des Power-to-X geht jedoch davon aus, den Einsatz fossiler Energieträger nur zu substituieren, was damit zu einem viel höheren Primärenergieeinsatz erneuerbarer Energieträger und aufgrund im Inland begrenzter Mengen (auch aufgrund Flächenrestriktionen) zu mehr Import und neue Abhängigkeiten führt.

Der Einsatz biogener Ressourcen zum Ersatz fossiler Energieträger muss daher zuallererst von der Analyse des Einsatzes und der Produkte ausgehen. Suffizienz durch Minderung des Produktverbrauchs, durch längere Haltbarkeit, Recycling insbesondere von Plastikmaterialien mindert den stofflichen und energetischen Einsatz, ob von fossilen oder künftig erneuerbaren Energieträgern. Bei der Herstellung künftiger Produkte der Bioökonomie muss Energieeffizienz in der Erzeugung und Verwendung oberste Priorität erlangen. Die Vorteile biogener Rohstoffe, v.a. der Speicherbarkeit sollten gezielt im Energiesystem genutzt werden. Dann können biogene Ressourcen, die größtenteils in Deutschland ohne zusätzlichen Flächenbedarf (weil vor allem auf der Nutzung von Reststoffen beruhend) einen Anteil von 20% eines künftig deutlich gesenkten Endenergiebedarfs decken.

5.9 Chemische Produktion

Das Förderprogramm „Industrielle Bioökonomie“ der Bundesregierung hat das Ziel, im Labormaßstab erprobte biobasierte Produkte und Verfahren in Richtung des

industriellen Maßstabs hochzuskalieren sowie neue, skalierte biobasierte Produkte und Verfahren in regionale industrielle Wertschöpfungsnetze zu integrieren (BMWK 2022). Es wird in großen Teilen der chemischen Industrie zugutekommen. Deutschland hat schon heute nach Frankreich die zweithöchste Anzahl von Bioraffinerien, wobei am meisten primäre Biomassequellen genutzt werden (78%), zum Großteil aus der Landwirtschaft; 22% stammen aus sekundären Quellen wie Abfällen (SYMOBIO 2024).

Die chemische Industrie nutzt zu rund 90% fossile Stoffe wie Mineralöl und Gas als Grundstoffe für die Synthese von Chemikalien. Biologische Grundstoffe haben mit ca. 13% demgegenüber einen bescheidenen Anteil (Steinhäuser, Große Ophoff 2025). Prognosen gehen davon aus, dass die Nachfrage nach biobasierten Rohstoffen für den Chemiesektor in Zukunft steigen wird und sich bis 2032 gegenüber 2023 fast verdreifachen wird (Fortune Business Insights 2025). Bei der Frage, wie eine Transformation zu einer Chemieproduktion ohne fossile Grundstoffe realisiert werden könnte, wird auch die Bioökonomie als eine Alternative diskutiert (The Royal Society 2024). Das ist auch für die Pharmaindustrie relevant – immerhin werden in Deutschland schon heute ca. von etwa 750 Betrieben auf 12.000 Hektar rund 120 verschiedene Arzneipflanzenarten angebaut. Am weitesten verbreitet sind Kamille, Lein, Mariendistel, Pfefferminze, Sanddorn, Fenchel, Johanniskraut und Wolliger Fingerhut. Vom Gesamtumsatz der in Apotheken verkauften Arzneimittel entfielen 2011 97% auf synthetische Arzneimittel und 3% auf pflanzliche Arzneimittel (SYMOBIO 2024).

Biostoffe können den Vorteil haben, dass die Syntheseleistungen der Natur, z. B. von Pflanzen und Mikroorganismen, genutzt werden können. Die „weiße“ Biotechnologie in

geschlossenen Systemen dient der Synthese einer zunehmenden Anzahl von Chemikalien. Auch Algenkulturen können organische Reststoffe verwerten und Biomasse in Form von Proteinen, Fetten und Kohlehydraten herstellen (DECHEMA 2016; Pleissner, Smetana 2020). Außerdem können Naturstoffe wie Holz eine sinnvolle Alternative zum Beispiel zu Beton als Baustoff oder auch zu Kunststoffen sein (siehe Kapitel 5.7, Wald). Bei der Zellstoffgewinnung aus Holz fällt als „Abfallprodukt“ in großer Menge Lignin an, das sich grundsätzlich als Grundstoff zur Herstellung aromatischer Verbindungen eignet (Wong et al. 2020). Allerdings beschränken sich die Bemühungen einer stofflichen Nutzung von Lignin bisher auf den Labor- und Technikumsmaßstab.

Das durch die Photosynthese erreichte Komplexitätsniveau sollte durch technische industrielle Prozesse möglichst nicht wieder verloren gehen. Dies ist der Fall, wenn Biomasse durch Hydrierung wieder in chemische Grundstoffe überführt wird (Fischer-Tropsch-Synthese). Dabei ist aus ökologischer Sicht die Nutzung von Abfallbiomasse deutlich verträglicher als die Nutzung von Anbaubiomasse.

Eine Nutzung von Biomasse im großen Stil für die chemische Produktion ist grundsätzlich nur dann sinnvoll, wenn die biologischen Rohstoffe dauerhaft in konstanter, homogener Qualität und ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Dies ist aber trotz aller Bemühungen, weiterentwickelte Bioraffinerien aufzubauen, nicht absehbar. Ein Grund ist, dass die Effizienz von Raffinerien deutlich sinkt, wenn die Qualität des zu verarbeitenden Substrats schwankt – was bei biogenen Rohstoffen, die unter wechselnden Umweltbedingungen heranwachsen, unvermeidbar ist. Ein anderer Grund ist, dass die Ausweitung der chemischen Produktion

auf der Basis von Biomasse rasch an ihre Grenzen stößt. Die hierzu benötigten Flächen stehen weder in den Industrieländern noch im globalen Süden zur Verfügung. Flächenkonkurrenzen zum Anbau lebensmittelliefernder Pflanzen, eine weitere Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft und die Zerstörung von Naturräumen wären die unweigerliche Folge (Priefer et al. 2017). Bei einigen, in Europa vermehrt angebauten Energiepflanzen wie Silphie oder Miscanthus existiert noch keine angestammte Begleitflora. Somit führt deren Anbau zu weiterer Artenverarmung. Zunehmend werden nachwachsende Rohstoffe aus den Ländern des Südens importiert, wofür dort oft großflächig Naturräume zerstört werden. Die Palmölplantagen in Südostasien sind dafür ein markantes Beispiel. Die Bemühungen der EU, die Rodungen von Urwäldern durch Zertifizierung zu begrenzen, waren erfolglos, u. a. weil Palmöl aus frisch gerodeten Plantagen nun in andere Länder exportiert wird. Ein vergleichbares Problem sind die Rodungen von Naturwäldern in den rumänischen Karpaten, um Biomasse für Holzpellettheizungen zu liefern.

Eine Steigerung der Biomassenutzung für die Chemieproduktion ist deshalb nur in engen Grenzen möglich. Biologische Grundstoffe können zwar neue, interessante und nützliche Synthesewege eröffnen, aber nicht die Chemieproduktion auf der Basis fossiler Grundstoffe in nennenswertem Umfang ersetzen. Die Prognosen sagen eine Steigerung der Chemieproduktion bis 2050 um das Dreifache voraus. Auf welcher stofflichen Grundlage auch immer darf dies nicht eintreten. Bei der Transformation der Chemieindustrie führt kein Weg am Verringern und Verlangsamen von Stoffströmen vorbei (Steinhäuser et al. 2022).

Das ist aber noch nicht der Stand der Debatte unter Wirtschaftsvertreter*innen. Die gegenwärtigen Kernforderungen aus bioökonomischer Wirtschaft und Forschung zielen stattdessen auf mehr Subventionen, mehr Biomasse und mehr Gentechnik (Zukunftsstrategie 2024). Dazu gehört, die Attraktivität von Investitionen in biotechnologische Lösungen durch staatliche Mittel zu erhöhen, z. B. Infrastrukturen für industrienahe Forschungsprojekte zu fördern, Pilotanlagen zu unterstützen, die Hochskalierung von biobasierten Produktionsprozessen zu fördern, Start-Ups gezielt ansiedeln und zu finanzieren (Förderung durch die öffentliche Hand zusätzlich zum – teils bereits geförderten – Eigenkapital). Bei der Rohstoffversorgung wird gefordert, die biogene Rohstoffbasis zu erweitern (CO₂, Bioabfall, Reststoffe) und biogene Roh-, Rest- und Abfallstoffe für stoffliche Verwertung zu priorisieren, sowie die Sammlung von organischen Abfällen verdoppeln. Gentechnik soll dereguliert werden (keine Kennzeichnung mehr), und der uneingeschränkte Zugang zu gentechnischen Ressourcen ermöglicht werden (vgl. Kapitel Gentechnik). Ein weiterer Anwendungsbereich wäre Novel Food, das unterstützt werden soll (Zukunftsstrategie 2024).

Biokunststoffe

Sogenannte „Bio“-Kunststoffe werden als Teil der Bioökonomie von u. a. der Wirtschaft als Lösungsansatz für die „Plastikkrise“ propagiert. Mit „Bio“-Kunststoffen sollen sich folgende Erwartungen für eine nachhaltige Werkstoffnutzung erfüllen: fossile Rohstoffe könnten durch nachwachsende ersetzt und durch Bioabbaubarkeit die Abfallproblematik entschärft werden. Dem entgegen steht, dass sowohl die Nutzung der pflanzlichen Rohstoffe als auch ein biologischer Abbau zum Teil problembehaftet sind.

Dabei wird das Label „Bio“ hier häufig als Marketingstrategie missbraucht und falsche Erwartungen bei Verbraucher*innen geweckt. Irreführend ist u. a., dass die in der EU-Öko-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 834/2007) für die Begriffe Bio-, Öko-, biologisch und ökologisch definierten Kriterien bei „Bio“-Kunststoffen keine Anwendung finden. Die Vorsilbe „Bio“ suggeriert auch, dass die Entsorgung von „Bio“-Kunststoffen ohne Probleme für die Umwelt erfolgt. Europaweit machen „Bio“-Kunststoffe mit ca. 2 Mio Tonnen etwa 1% des Kunststoffverbrauchs aus, Tendenz steigend. Die Hälfte davon wird für Verpackungen eingesetzt (bei fossilen Kunststoffen beträgt der Anteil ca. 30%; european bioplastics 2020). Weitere maßgebliche Anwendungen sind Konsumgüter, Artikel für die Landwirtschaft und Textilien. Prinzipiell sind „Bio“-Kunststoffe jedoch auch zur Produktion hochwertiger Kunststoffbauteile geeignet.

Unter „Bio“-Kunststoffen versteht man einerseits biobasierte, andererseits biologisch abbaubare Kunststoffe. Biobasierte Kunststoffe wie Bio-PE (Polyethylen) oder Bio-PET (Polyethylenterephthalat) stammen teilweise oder vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen, die z. B. in Mais, Zuckerrohr oder Kartoffeln enthalten sind. Zu den biologisch abbaubaren Kunststoffen zählen z. B. das biobasierte PLA (Polylactid, „Polymilchsäure“) und das fossile PBAT (Polybutyrat-Adipat-Terephthalat). „Bio“-Kunststoffe enthalten meist ähnlich viele unbekannte Zusatzstoffe wie herkömmliche Kunststoffe. Die wichtigsten „Bio“-Kunststoffe, denen in den nächsten Jahren ein besonders deutliches Wachstum vorhergesagt wird, sind Stärkeblends, PLA und PBAT (Renewable Carbon publications 2021). Für Verpackungen werden zusätzlich „Bio“-PET und -PE eingesetzt. Weiter weisen „Newcomer“ wie „Bio“-PP ein beträchtliches Wachstum auf. Viele „Bio“-Kunststoffe sind thermoplastisch

und können somit prinzipiell werkstofflich recycelt werden. Ein Recycling von Verpackungen aus Biokunststoffen, die mit gängigen Kunststofftypen chemisch identisch sind, findet im Rahmen des Dualen Systems bereits statt – wobei die chemische Identität auch impliziert, dass der Vorteil besserer biologischer Abbaubarkeit in diesen Fällen nicht existiert. Die chemisch neuartigen Biopolymere hingegen werden aufgrund geringer Anteile am Gesamtabfall aussortiert und verbrannt, da sich ein Recycling wirtschaftlich nicht lohnt.

In Anbetracht der heutigen Rahmenbedingungen sind „Bio“-Kunststoffe derzeit eine Scheinlösung für die Plastikkrise. Erstes Ziel als Antwort auf die Plastikkrise muss die Vermeidung überflüssiger Kunststoffanwendungen sein, insbesondere im Verpackungs- und Einwegsektor. Dabei müssen Konsistenz (z. B. Mehrweg statt Einweg und werkstoffliches Recycling von unvermeidbaren Abfällen) und Suffizienz (Vermeidung von Kunststoffverpackungen, geringere Mengen) stärker in den Fokus rücken. Nötige, verbindliche Vermeidungsziele müssen zudem mit Zielzahlen und Maßnahmen unterlegt werden, sonst bleibt es bei symbolischen Zielsetzungen.

Im zweiten Schritt muss das bereits im System befindliche Plastik tatsächlich hochwertig im Kreislauf geführt werden – dies schließt die prioritäre Wiederverwendung durch den breiten Einsatz von Mehrwegsystemen ein. Außerdem müssten alle produzierten Kunststoffprodukte nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch recyclingfähig sein und entsprechende hochwertige – in der Regel werkstoffliche – Recyclingwege aus der Sammlung der gelben Tonne realisiert werden. Um dies zu ermöglichen, braucht es möglichst sortenreine Kunststoffe mit möglichst wenigen definierten

Zusatzstoffen. Bioplastik erhöht jedoch die Sortenvielfalt und schränkt dadurch Recyclingwege erheblich ein. Die Zentrale Stelle Verpackungsregister sollte entsprechend „Bio“-Kunststoffe aus der Zulassung nehmen, solange sie im aktuellen Markt nicht recycelt werden können. Erst danach geht es darum zu entscheiden, ob und wo biobasierte Kunststoffe aus fossilen Rohstoffen sinnvoll ersetzen können.

Es ist fraglich, ob angebliche Bioabbaubarkeit durch die Funktion bedingt tatsächliche Vorteile, z. B. in bodennahen landwirtschaftlichen Anwendungen, mit sich bringen kann – bisher sind solche „Bio“-Kunststoffe unter natürlichen Bedingungen in den für ihre Anwendung maßgeblichen Zeitspannen keineswegs vollständig biologisch abbaubar. Dies ist von zentraler Bedeutung, weil es sich bei der Kompostierung von bioabbaubaren Kunststoffen um eine reine Entsorgung handelt, die wiederum dem Gedanken der Kreislaufwirtschaft widerspricht. Zudem können Bezeichnungen wie „kompostierbar“ oder „biologisch abbaubar“ dazu führen, dass die Produkte vermehrt in der Umwelt landen, was aufgrund der enthaltenen Zuschlagstoffe wie der unvollständigen Abbaubarkeit äußerst kritisch zu bewerten ist.

Die Normen für alle „Bio“-Kunststoffe, insbesondere aber für jene für bioabbaubar zertifizierte, sollten zusätzlich um human- und ökotoxikologisch notwendige Tests ergänzt werden, insbesondere für „NIAS“ sind (Öko-) Toxizitätsuntersuchungen notwendig. Zudem ist eine Harmonisierung der Normen bezüglich des Referenzmaterials erforderlich.

5.10 Kompostierung: Der „klassische“ Kreislauf der Biomasse durch Kompostierung

In den Mitgliedsstaaten der EU bestehen etwa einem Drittel bis 40% der kommunalen

Feststoffabfälle aus biologischen Abfällen aus der Lebensmittelverarbeitung in Küchen, der Gastronomie und der Lebensmittelindustrie oder aus Grünschnitt aus Gärten und Parks, insgesamt handelt es sich dabei EU-weit um ca. 140 Millionen Tonnen Biomüll pro Jahr. Biomüll stellt damit die größte Einzelfraktion der kommunalen Abfälle dar. Die überarbeitete Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2018/851/EU, § 10) verlangt seit 31.12.2023, dass solcher Biomüll auf kommunaler Ebene getrennt gesammelt und recycelt wird, oder dass er direkt an der Quelle kompostiert wird. Dabei wird unter „direkt an der Quelle“ insbesondere die Kompostierung im eigenen Garten oder der unmittelbaren Nachbarschaft verstanden.

Der aufgrund der Vorgabe seitens der Abfallrahmenrichtlinie getrennt gesammelte Bioabfall wird dann durch die kommunalen Entsorgungsbetriebe im Wesentlichen zwei Behandlungsmethoden zugeführt. Bis zu 90% des Bioabfalls wird dann in einer Kompostierungs-Großanlage kompostiert, wobei dort der Bioabfall durch Klein- und Mikroorganismen abgebaut und in Kompost überführt wird. Dieser Kompost enthält neben Kohlenstoff auch andere Pflanzennährstoffe und kann wieder als Dünger im Garten oder auf dem Acker eingesetzt werden, um dem Boden dort fruchtbarer zu machen, indem er die benötigten Mineralien, Dünger und andere Stoffe wieder in den Boden zurückführt. Alternativ kann der gesammelte Biomüll vor der Kompostierung auch noch in eine Vergärungsanlage gebracht werden, in der dann durch die Tätigkeit von Mikroorganismen unter anaeroben Bedingungen durch Vergärung Biogas entsteht, das aufgefangen und zur thermischen Nutzung oder Stromerzeugung verwendet werden kann. Die verbleibenden festen oder flüssigen Reststoffe des Biomülls können dann wiederum kompostiert werden.

Diese Methoden sind klassische Methoden einer Kreislaufwirtschaft, da die im Biomüll enthaltenen Stoffe wieder an den Boden zurückgeführt werden, auf dem die ursprüngliche Biomasse entstanden ist. Allerdings handelt es sich hier nicht um geschlossene Systeme im strengen Sinne, da dem Kompost auch Bioabfall zugeführt, der seinen Ursprung anderswo hat (typisches Beispiel: Bananenschalen sind naturgemäß nicht im eigenen Garten entstanden) oder Erzeugnisse aus dem Garten auch anderswo verbraucht werden. Per Saldo werden sich diese Effekte aber teilweise ausgleichen, so dass ungefähr die gleiche Menge an Nährstoffen und Mineralien wieder zugeführt wird wie verbraucht wurde. Der Zwischenschritt über eine anaerobe Vergärung ist dabei zwar etwas teurer und komplizierter, dies wird aber durch den Verkauf des erzeugten Biogases oder den Erlös aus der bei dessen Verbrennung entstehenden Stroms und Wärme mehr als ausgeglichen.

Ein Nachteil bei der Vergärung und Kompostierung ist jedoch, dass die dabei eingesetzte Biomasse zwar im Kreislauf geführt wird, sie aber nicht als Ausgangsstoff für die Konversion in andere Stoffe zur Verfügung steht. Es sei denn, das bei der Vergärung erzeugte Biogas (Methan) wird nicht verbrannt, sondern kann als Ausgangsstoff für die Erzeugung von weiteren Grundchemikalien für chemische Syntheseprozesse in einer Raffinerie verwendet werden.

5.11 Biomasse als Ersatz für fossile, metallische und mineralische Rohstoffe

Für den Einsatz von Biomasse als Ersatz von fossilen, metallischen oder mineralischen Rohstoffen in der industriellen Fertigung benötigt die Industrie möglichst homogene Stoffströme und hohe verfügbare Mengen. Daher ist es für die Erzeugung dieser Bio-

masse fast zwangsläufig erforderlich, dass sie (sofern es sich um in Fermentern gezüchtete mikrobielle Biomasse handelt) im Rahmen einer rationalisierten und industrialisierten Landwirtschaft mit großen Monokulturen oder Plantagen, einer mechanisierten und energieintensiven Bewirtschaftung und einer hohen Einsatzmenge an Düngemitteln und Pestiziden usw. erzeugt wird. Der Einsatz von Biomasse in den verschiedenen Anwendungsfeldern sollte daher in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit und ihre Auswirkungen auf den Schutz von Klima und Biodiversität mit entsprechenden Ökobilanzen genau analysiert werden, um daraus dann eine Nutzungshierarchie mit den zu priorisierenden Anwendungen abzuleiten, die den geringsten ökologischen Schaden verursachen und den größten Schutz von Klima, Biodiversität und nachhaltigen Nutzungsmöglichkeiten sicherstellen.

Biologische Reststoffe – begrenzt geeignet
Wird eine solche Nutzungshierarchie erstellt, wird aufgrund der Konkurrenzsituation um die begrenzten Flächen und Böden deutlich, dass der Anbau von primärer Biomasse eigens als Rohstoff für die energetische Verwertung (Strom- und Wärmeenergie) oder als Ersatz für fossile, metallische und mineralische Rohstoffe in der industriellen Produktion gegenüber Nahrungsmittelerzeugung und Naturschutz nachrangig sein muss und die möglicherweise nutzbaren Flächen nicht ausreichen, um den prognostizierten Bedarf zu decken. Es ist daher aus einer Vielzahl von Gründen – wie in verschiedenen Kapiteln bereits ausgeführt – notwendig, statt primärer und eigens für die Nutzung in den priorisierten Anwendungsfeldern erzeugter Biomasse, biogene Reststoffe aus den nachgelagerten Nutzungen nutzbar zu machen.

In der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Fischerei und Aquakultur wurden 2015

insgesamt 185 Mio. t Biomasse produziert; zusätzlich wurden 72 Mio. t importiert und 65 Mio. t exportiert (Bringezu et al. 2020). In der Regel wird ein Teil der erzeugten Biomasse nicht für den intendierten Zweck genutzt werden, da dafür meist nur Teile der angebauten Pflanzen geeignet sind. Diese Reststoffe werden in den unterschiedlichsten Formen verwendet und ökologisch, stofflich oder energetisch verwertet. Dazu gehören z. B. insbesondere die nicht verwerteten Biomassen aus Landschaftspflegemaßnahmen (sofern sie nicht aus ökologischen Gründen im Wald verbleiben müssen), aber auch das oberirdische Kraut bei Kartoffeln und Möhren, die Schalen von Orangen oder die Schalen von Nüssen, die Schwänze, Köpfe, Gräten und Flossen von zu Filet oder Fischstäbchen verarbeiteten Fischen usw. Hinzu kommen noch viele Millionen Tonnen biogene Rest- und Abfallstoffe aus der industriellen Verarbeitung, dem Handel und den Haushalten sowie den Kläranlagen. Eine Nutzung der bisher nicht landwirtschaftlich oder industriell genutzten Anteile dieser Rest- und Abfallstoffe könnte daher ohne wesentliche Abstriche bei den priorisierten Anwendungen erfolgen und signifikante Mengen von Biomasse einer sinnvollen und hochwertigen Nutzung zuführen, sei es als Brennstoffe in der thermischen und energetischen Verwertung, sei es als Grundstoffe für die Weiterverarbeitung und industrielle Produktion von Gütern.

Die Aufzählung zeigt schon, wie inhomogen die aus Reststoffen verfügbaren Biomassepotenziale sind, und steht im Gegensatz zur Nachfrage der Industrie nach möglichst homogenen Stoffströme und sicher verfügbaren großen Mengen, um Biomasse als Ersatz für fossile, metallische und mineralische Rohstoffe einsetzen zu können. Dies erfordert in den nachgelagerten Fertigungsschritten daher ein besonders hohes Maß an

Flexibilität, um sich der jeweils verfügbaren Menge und Qualität dieser Reststoffe anpassen zu können; diese ist nicht immer gegeben, was insbesondere bei besonders hochwertigen Fertigungen einen Einsatz solcher Reststoffe oft nicht möglich macht.

Biomasse in einer Kreislaufwirtschaft

Eine weitergehende Nutzung der Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft als bisher bedeutet auch, dass sie nicht mehr wieder in die biologischen Kreisläufe vor Ort zurückgeführt werden können, z. B. über Unterpflügen, Verrottung vor Ort, über Kompost, Gülle oder Mist, sondern dass die in ihnen bei ihrer weitergehenden Nutzung oder bei ihrer Verbrennung enthaltenen Nährstoffe, Mineralien usw. für den künftigen Anbau verloren gehen und künstlich vom Landwirt durch zusätzlich zugeführten Dünger oder Gaben von Mineralstoffen etc. ersetzt werden müssen.

In industriellen Produkten verarbeitete Stoffe sollen in einer Kreislaufwirtschaft entweder möglichst lange als Produkte in den Nutzungskreisläufen verbleiben (Vermeidung des Erreichens der Abfalleigenschaft, zum Beispiel durch Weiternutzung, eine Verlängerung der Nutzungsdauer durch Reparatur oder Refurbishing), oder in einem technischen Kreislauf zurückgewonnen und auf einer möglichst hohen Produktionsstufe wieder zur Fertigung neuer Produkte eingesetzt werden, ohne dabei wieder in die biologischen Kreisläufe eingehen zu müssen. Beides macht jedoch nur Sinn, wenn der unvermeidliche Energie- und Materialaufwand für die genannten Maßnahmen deutlich unter dem Ergebnis der Maßnahmen liegt. Oft und gerade bei biogenen Stoffen mehr noch als z. B. bei Metallen (die dank der damit verbundenen Schmelzprozesse oft sortenrein und in höchster Qualität recycelt werden können) kommt es dabei zu einer Kaskadennutzung, mit absteigenden Standards für die Qualität und Reinheit.

Kaskadennutzung

Kaskadennutzung bedeutet, dass am Ende der Lebensdauer von Produkten die in ihnen enthaltene Biomasse in einer Art mehrfach weiterverwendet wird, wobei auf jede Nutzung neue Anwendungen folgen, die sukzessive immer geringere Anforderungen an die Qualität stellen, bis auf der letzten und untersten Stufe dann nur noch eine thermische Verwertung oder Entsorgung übrig bleibt. So könnte zum Beispiel ein Kirschbaum zunächst Nahrungsmittel (Kirschen) erzeugen, nach dem Überschreiten des Zenits seiner Ertragskraft dann gefällt werden und zu hochwertigen Möbeln verarbeitet werden, um dann in der nächsten Stufe zu Sperrholz oder Paletten zu werden und am Ende dann durch Verbrennung thermisch verwertet werden. Es macht ökologisch sehr viel Sinn, die Nutzung der einmal erzeugten Biomasse so lange wie möglich aufrecht zu erhalten, statt für jede Anwendung neue Biomasse zu erzeugen. Dennoch verbleibt die Kaskadennutzung als solche innerhalb des hergebrachten Modells einer linearen Wirtschaftsweise mit den Stufen der Extraktion, Produktion, Nutzung und schließlich Abfallentsorgung, erhöht dabei aber vor allem die Effizienz pro Einheit der erzeugten Biomasse durch die Verlängerung der Nutzungsdauer über mehrere Stufen.

Ähnlich und ebenfalls als effizienzsteigernde Methoden anzusehen sind auch solche Aktivitäten wie Foodsharing, Tafeln, Lebensmittel-Retten, Containering usw., die alle darauf abzielen, Lebensmittel weiterhin zur menschlichen Nahrung verwenden zu können, auch wenn sie wegen Alterung oder kleiner Fehler nicht mehr als Premiumware verkauft werden können und die dabei noch zusätzliche soziale und gesellschaftliche Vorteile erzeugen, indem sie Arme und Benachteiligte ernähren. Auch eine Weiterverwendung für den menschlichen Verzehr unbrauchbar ge-

wordener Lebensmittel als Tierfutter z. B. in der Schweinemast gehört hierher.

Kreislaufgrenzen

Einer dauerhaften Kreislaufführung sind darüber hinaus thermodynamische Grenzen gesetzt, die auf allen Wertschöpfungsstufen zu Verlusten führen und die auf der jeweils nachfolgenden Stufe als verfügbar wieder einsetzbaren Mengen und Qualitäten limitieren. Außerdem erfordert Recycling immer einen zusätzlichen Einsatz an Energie und Arbeit, nur um das Niveau der Ausgangsstoffe in Bezug auf Menge und Qualität einigermaßen aufrechterhalten zu können und der thermodynamischen Tendenz zur Entropievermehrung entgegenzuwirken (die dadurch natürlich nicht aufgehoben, sondern nur verlagert wird).

Während die Kreislaufführung der eingesetzten Stoffe durch Vermeidung, Weiterverwendung, Reparatur und Recycling als Sekundärrohstoffe sicher einen Teil des Bedarfs an Primärrohstoffen aus der Biomasse-Erzeugung oder aus fossilen, metallischen oder mineralischen Primärrohstoffen substituieren kann, ist dies selbst bei einer hypothetischen hundertprozentigen Kreislaufführung niemals vollständig möglich, da es neben den thermodynamischen Effekten immer auch Verluste bei den Stoffströmen und die Ausschleusung erheblicher Stoffmengen aus dem Kreislauf durch die thermische Verwertung (Verbrennung) oder deren Entsorgung/Deponierung gibt.

Die aktuell hohe Energie- und Rohstoffintensität des Wirtschaftens führt zudem dazu, dass heute noch jedes Jahr mehr Rohstoffe in Infrastrukturen festgelegt werden, als bei deren Ab- und Umbau wieder freigesetzt werden (Krausmann et al. 2017; Wiedenhofer et al. 2019). Insbesondere in weiterhin wachsenden nationalen Volkswirtschaften wie in

der Weltwirtschaft insgesamt besteht zudem eine so hohe Nachfrage an Rohstoffen, nicht zuletzt für den Infrastrukturaufbau, dass diese auch bei einer vollständigen Kreislaufführung niemals aus den Sekundärrohstoffen in diesem Kreislauf heraus gedeckt werden kann: wer jedes Jahr mehr verbraucht, kann nicht von den Rezyklaten des Vorjahres leben. Eine vollständige Deckung des Bedarfs an Rohstoffen aus den in einer Kreislaufwirtschaft zirkulierenden Sekundärrohstoffen heraus ist daher grundsätzlich nur bei einer kontinuierlichen, massiven Senkung der Energie- und Rohstoffintensität durch erhöhte Effizienz und stagnierenden bzw. sinkenden Wachstumsraten überhaupt möglich. Die politische Schwerpunktsetzung sollte daher nicht auf die Einführung einer Bioökonomie und des „Grünen Wachstums“ unter dem Vorzeichen des Business as Usual einer weiterhin wachstumsorientierten Wirtschaftsweise gesetzt werden, sondern auf die Transformation dieser Wirtschaftsweise zu einer Wirtschaftsweise mit sinkendem Wachstum und zurückgehendem Ressourcenverbrauch mit Hilfe der dreifachen Strategien von Suffizienz, Effizienz und Konsistenz.

6. Ausblick auf eine nachhaltige Bioökonomie

Der Begriff der Bioökonomie, wie er von der Bundesregierung verwendet wird, und die damit verbundenen Erzählungen ermöglichen es die dahinterliegenden, überwiegend wirtschaftlichen Interessen zu verschleiern, die sich dann hinter diesem „Rauchvorhang“ besonders gut durchsetzen lassen. Dies betrifft sowohl Vermarktungsinteressen der Wissenschaft wie die Anliegen der chemischen und pharmazeutischen Industrie, aber auch der Papierindustrie und vieler weiterer Wirtschaftsbereiche, die mit der industriellen Land- und Forstwirtschaft zusammenhängen. Nicht zu vernachlässigen sind auch die Motivationen derjenigen, die genuin ökologische Interessen verfolgen, z. B. in der Abwasserreinigung, bei der Abfallbehandlung und in der ökologischen Landwirtschaft.

Naturschutz

Nachhaltigkeit erfordert auch und gerade von der Bioökonomie die Einhaltung von Naturschutzkriterien. Ein naturverträglicher, die Biodiversität nicht beeinträchtigender Anbau von Biomasse muss deshalb Beschränkungen und Regelungen der Produktion unterworfen werden. Für den Anbau würde das bedeuten: Nutzung mehrjähriger statt einjähriger 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). Viele Kulturlandschaften haben sich in den Kulturlandschaften der Vergangenheit entwickelt und sind auf Strukturen der Landbewirtschaftung angewiesen, die auf kleinere Feldern mit höherer Diversität setzt.

Solche Einschränkungen können die Biomasseproduktivität und damit die Rentabilität der

Bioökonomie verringern, sind aber unverzichtbar. Im Interesse der biologischen Vielfalt, aber auch der landwirtschaftlichen Einkommen ist nicht die Weiterentwicklung des gegenwärtigen, naturschädlichen Landwirtschaftssystems notwendig, sondern ein Umbau, der schädliche Praktiken aufgibt und naturverträgliche wie Agrarökologie und Ökolandbau durchsetzt – also nicht nur Innovation, sondern auch Exnovation.

Biobasierte Kunststoffe

Der BUND lehnt die Produktion von Rohstoffen für biobasierte Kunststoffe auf eigens dafür zur Verfügung gestellten Flächen (u. a. durch Rodungen, Umwandlung extensiv in intensiv genutzte Flächen oder Verdrängung von Nahrungsmittelproduktion) ab.

Eine nachhaltige Produktion biobasierter Kunststoffe kann nur durch den Einsatz von Rohstoffen erfolgen, die regional als Reste biogener Produktion (wie der Holzindustrie, Weinanbau, Speiseölreste) anfallen. Für die Herkunft der Rohstoffe sollte es eine entsprechende Zertifizierung geben. Für die Bodengesundheit und CO₂-Speicherung auf dem Acker nutzbare landwirtschaftliche „Reststoffe“ sollen für die „Bio“-Kunststoff-Produktion nicht genutzt werden.

Eine Verbraucher*innen-freundliche, leicht verständliche Kommunikation zu den tatsächlich biobasierten Anteilen von Produkten ist nötig. Dafür sollten unabhängige Normen bzw. Zertifizierung erarbeitet werden.

„Bioabbaubare“ Kunststoffe

Kunststoffe dürfen nur als „bioabbaubar“ bezeichnet werden, wenn sie auch außerhalb industrieller Kompostierungsanlagen in kurzen

Zeitläufen vollständig biologisch abbaubar sind. Solche bioabbaubaren Kunststoffe dürfen rechtlich verbindlich keine oder nur unproblematische Additive enthalten, dafür ist eine komplette Transparenz über alle Inhaltsstoffe sowie Toxizitätsprüfungen für nicht absichtlich zugefügte Additive eine wichtige Voraussetzung. Sollten für derartige Kunststoffe nachweislich sinnvolle Einsatzgebiete etabliert werden, sollten in diesen Fällen herkömmliche Kunststoffe nicht mehr verwendet werden dürfen.

Grundsätzlich sollte auf den Einsatz „bioabbaubarer“ Kunststoffe für Verpackungen verzichtet und keine Zulassung von bioabbaubaren Kunststoffprodukten für die Entsorgung über Kompostierungsanlagen erteilt werden.

Forschung

Die Forschungsgelder für Bioökonomie, aus denen bisher maßgeblich Anwendungsforschung für landwirtschaftlich genutzte oder nutzbare GVO finanziert wird, sind dementsprechend umzuverteilen – zum einen für die Forschung an und den Wissenstransfer für einen ökologischeren Anbau von Biomasse, zum anderen für eine Neuausrichtung der Bioökonomie.

Gentechnik

Der Anbau von GVO oder die Haltung von gentechnisch veränderten Tieren sind weiter streng zu regulieren. Auch Pflanzen, die zur Energie- oder stofflichen Nutzung angebaut werden, müssen dabei dem Gentechnik-Rechtsrahmen unterliegen.

7. Quellen

- AEE Agentur für Erneuerbare Energien. 2025. Wie wird Bioethanol hergestellt? <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/wie-wird-bioethanol-hergestellt>
- Backhouse, M., Lühmann, M., Tittor, A. 2022. Global Inequalities in the Bio-economy: Thinking Continuity and Change in View of the Global Soy Complex. *Sustainability* 14(9): 5481 DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095481>.
- Bioökonomierat. 2023a. Bioökonomie nachhaltig umsetzen! Erste Handlungsempfehlungen des Bioökonomierats zur Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie. Bioökonomierat, VDI Technologiezentrum GmbH Berlin, 72 pp. <https://bioeconomie.de/nachrichten/neues-aus-der-bioeconomie/bioeconomie-erat-handlungsempfehlungen-fuer-die>
- Bioökonomierat. 2023b. Hintergrund Kohlenstoffbilanzierung. Bioökonomierat, VDI Technologiezentrum GmbH Berlin. <https://www.bioeconomie.de/media/pdf/hintergrundpapiere/2023/boer-hintergrundpapier-kohlenstoffbilanzierung-2.pdf?m=1701960122&>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2023a. Zukunftsstrategie Forschung und Innovation: Innovationsstandort Deutschland mit neuen Lösungen stärken. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/zukunftsstrategie-forschung-innovation-2163454>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2023b. Kopernikus-Projekt: P2X. Das postfossile Zeitalter für Kunst- und Kraftstoffe. <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/p2x> und dortige Berichte, Roadmap, etc.
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2020. Nationale Bioökonomiestrategie, Kabinettsversion, 15.01.2020. www.bmbf.de/de/nationale-bioeconomiestrategie-fuer-eine-nachhaltige-kreislauforientierte-und-starke-10654.html.
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2011. BioSicherheit Gentechnik – Pflanzen – Umwelt. Basisinfo. <http://www.pflanzenforschung.de/biosicherheit/basisinfo/561.mais.html>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2012. BioSicherheit Gentechnik – Pflanzen – Umwelt. Kartoffeln. <https://pflanzenforschung.de/biosicherheit/forschung/kartoffel/263.amflora-kartoffel-industrie.html>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2010. Forschungsstrategie Bioökonomie. https://bioeconomie.de/sites/default/files/files/2016-09/nfsb_2030.pdf
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 2020. Nationale Bioökonomiestrategie. Bundesregierung, Berlin. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/nationale-bioeconomiestrategie-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- BMDV Bundesministerium für Digitales und Verkehr. 2022. Verkehr in Zahlen 2022/2023. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2022-2023-pdf.html>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 2024a. Fachagentur Wachsende Rohstoffe e. V., Mediathek. <https://mediathek.fnr.de/catalogsearch/result/?q=stromerzeugung-aus-biomasse>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 2024b. Fachagentur Wachsende Rohstoffe e. V., Mediathek. <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/fest-biobrennstoffe/erneuerbare-warme.html>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2023. Die Nationale Biomassestrategie. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/nationale-biomassestrategie.html>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 2022. Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.html
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 2013. Nationale Politikstrategie Bioökonomie. <https://bioeconomie.de/sites/default/files/files/2016-09/npsb.pdf>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 2023. Bundeswaldinventur. <https://www.bundeswaldinventur.de/> Die vorliegenden Daten stammen aus dem Jahr 2012; die Daten der vierten Bundeswaldinventur 2021-2023 sollen im 4. Quartal 2024 veröffentlicht werden
- BMFT Der Bundesminister für Forschung und Technologie. 1986. Wachsende Rohstoffe. Bonn, Bundesministerium für Forschung und Technologie.
- BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. 2022. Förderprogramm Industrielle Bioökonomie. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/industrielle-bioeconomie.html>
- BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. 2023. Industriepolitik in der Zeitenwende: Industriestandort sichern, Wohlstand erneuern, Wirtschaftssicherheit stärken <https://www.publikationen-bundesregierung.de/pp-de/publikationssuche/industriepolitik-in-der-zeitenwende-2236328>.
- BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 2022. Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.html.
- Böhm, C., Kanzler, M., Pecenka, R. 2020. Untersuchungen zur Ertragsleistung (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen, Loseblatt 35, Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie.
- Braun, J., Werner, C., Gerten, D., Stenzel, F., Schaphoff, S., Lucht, W. (2025). Multiple planetary boundaries preclude biomass crops for carbon capture and storage outside of agricultural areas. *Communications Earth & Environment* 6(1): 102. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02033-6>.
- Bringezu, S., Banse, M., Ahmann, L., Bezama, N. A., Billig, E., Bischof, E., Blanke, C., A. Brosowski, A. et al. 2020. Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Center for Environmental Systems Research (CESR). Universität Kassel, Kassel. <https://doi.org/10.17170/kobra-202005131255>.
- Bringezu, S., Distelkamp, M., Lutz, C., Wimmer, F., Schaldach, R., Hennenberg, K. J., Böttcher, H., Egenolf, V. 2021. Environmental and socioeconomic footprints of the German bioeconomy. *Nature Sustainability* DOI: 10.1038/s41893-021-00725-3.
- Bringezu, S., O'Brien, M., Schütz, H. 2012. Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass: A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. *Land Use Policy* 29(1): 224–232.
- Brödner, R., Graffenberger, M., Kropp, P., Sujata, U. 2021. Beschäftigungsstrukturen und Potenziale der Bioökonomie in den deutschen Braunkohlerevieren. IAB-Discussion Paper 14|2021. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Nürnberg.
- Bryngelsson, D. K., Lindgren, K. 2013. Why large-scale bioenergy production on marginal land is unfeasible: A conceptual partial equilibrium analysis. *Energy Policy* 55: 454–466.
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2011. Lebendige Wälder. BUND Position 57. BUND, Berlin. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/lebendige-waelder/>

- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2019. Bundesregierung setzt falsche Prioritäten in der Agrarforschung Kommentar vom 07.03.2019. <https://www.bund.net/themen/aktuelles/detail-aktuelles/news/kommentar-bundesregierung-setzt-falsche-prioritaeten-in-der-agrarforschung/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2022a. Zukunftsfähige Landwirtschaft – umweltverträglich, tiergerecht, sozial. BUND Position 73. BUND, Berlin. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/zukunftsfaehegelandwirtschaft-umweltvertraeglich-tiergerecht-sozial/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2022b. Naturverträgliche Freiflächen-Solaranlagen für Strom und Wärme. BUND Position 72. BUND, Berlin. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/naturvertraegliche-freiflaechen-solaranlagen-fuer-strom-und-waerme/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2023a. Geoengineering oder ökologischer Klimaschutz – Klima-Engineering als Technik gewordene menschliche Hybris. BUND Position 75. BUND, Berlin. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/geoengineering-oder-oekologischer-klimaschutz/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland [Meyer, K., Kurz, R., Spangenberg, J.H., Polotzek, L.]. 2023b. Standpunkt 16: CCS-Technologie (Carbon Capture and Storage): Falsche Weichenstellung verhindern! <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/ccs-falsche-weichenstellung-verhindern/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2023c. Ressourcenschutz heißt drastische Verringerung des Ressourcenverbrauchs. Position 74. BUND, Berlin. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/ressourcenschutz-heisst-drastische-verringerung-des-ressourcenverbrauchs/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2024. Energetische Nutzung von Holz. BUND Standpunkt. BUND, Berlin. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/energetische-nutzung-von-holz/>
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2025a. Flächenkonkurrenz. BUND Position 77. BUND, Berlin.
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. 2025b. Heimischer Bergbau. BUND Hintergrund, BUND, Berlin.
- Bundesregierung. 2024. Eckpunkte der Carbon-Management-Strategie. Kabinettsbeschluss vom 6. August 2024. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/carbon-management-strategie-2289146>
- Bundesregierung. 2019. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Harald Ebner, Dr. Anna Christmann, Kai Gehring, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/7250 – Forschungsförderung des Bundes für die Agrogentechnik inklusive neuer Gentechnikverfahren. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/079/1907926.pdf>
- Cieslak, M., Koller, F. 2024. Background: First-time flowering in poplars: minor genomic changes using new genomic techniques can change species-specific characteristics. https://fachstelle-gentechnik-umwelt.de/wp-content/uploads/Backgrounder_poplar_22_01_24.pdf
- Cornwall, W. 2017. The burning question. *Science* 355(6329): 18-21.
- Deconinck, K. 2020. Concentration in Seed and Biotech Markets: Extent, Causes, and Impacts. *Ann Rev Resour Econ* 12:5.1–5.19 <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-resource-102319-100751>
- Eppler, U., Fritsche, U. R., Ribak, S. 2021. – Zukunftsfähige Bioökonomie. Kurzstudie für den NABU, Darmstadt, Berlin, 2021. https://iinas.org/app/downloads_from_old_page/bio/IINAS_2021_BOe_Nachhaltig_NABU.pdf
- European Commission, DG Research and Innovation. 2012. Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/6462>.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2002. World agriculture: towards 2015/2030. A FAO perspective. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 432.
- Fortune Business Insights. 2025. Spezial- und Feinschemikalien/Bio-basierter Chemikalienmarkt. <https://www.fortunebusinessinsights.com/de/markt-f-r-biobasierte-chemikalien-106586>.
- Fritz, M. 2025. Welche Bioökonomie wollen wir? *Ökologisches Wirtschaften* 40(1): 34-39. <https://doi.org/10.14512/OEW400134>.
- Franklin, S. L., Pindyck, R. S. 2018. Tropical Forests, Tipping Points, and the Social Cost of Deforestation. *Ecological Economics* 153: 161-171 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.003>.
- Gatti, L. V., Basso, L. S., Miller, J. B., Gloor, M., Gatti Domingues, L., Cassol, H. L. G., Tejada, G., et al. 2021. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 595(7867): 388-393 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.
- Gelinsky, E. 2018. Tabellarische Übersichten von Pflanzen, die mit Hilfe der neuen gentechnischen Verfahren entwickelt wurde. Liste im Auftrag des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt. BAFU, November 2018, www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biotechnologie/externe-studienberichte/Endbericht_semnar_Gelinsky_November_2018.pdf
- Gelinsky, E. 2024. Neue gentechnische Verfahren: Kommerzialisierungspipeline im Bereich Pflanzenzüchtung und Lizenzvereinbarungen. File:///C:/Users/marth/Downloads/Zwischenbericht_2024_zum_Stand_Ende_2023%20(1).pdf
- Günther, P., Ekarde, F. 2022. Human Rights and Large-Scale Carbon Dioxide Removal: Potential Limits to BECCS and DACCS Deployment. *Land* 11(12): 2153. <https://www.mdpi.com/2073-445X/11/12/2153>.
- Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W., Fischer-Kowalski, M. 2007. Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proc Natl Acad Sci USA* 104(31): 12942-12947. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0704243104>.
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Brockway, P., Fishman, T., Hausknost, D., Krausmann, F., Leon-Gruchalski, B., Mayer, A., Pichler, M., Schaffartzik, A., Sousa, T., Streeck, J., Creutzig, F. 2020. A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. *Environmental Research Letters* 15(6): 065003.
- Hausknost, 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., Kallis, G. 2020. Is Green Growth Possible? *New Political Economy* 25(4): 469-486.
- ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung [Hennenberg, K., Köppen, S., Banse, M., Böttcher, H., Brödner, R., Cyffka, K.-F., Fehrenbach, H., Iost, S., Jordan, M., Kilian, D., Morland, C., Pfeiffer, M., Reise, J., Richter, S., Schweinle, J., Schindler, H., Weimar, H.]. 2023. Hintergrundinformationen zum Status Quo der Land und Forstwirtschaft in Deutschland und zukünftigen Biomassepotenzial für die Erarbeitung der NABIS. In Kooperation mit Öko-Institut e.V. Darmstadt, Thünen-Institut für Marktanalyse Braunschweig, Thünen-Institut für Waldwirtschaft Hamburg, Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) Leipzig und Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) Leipzig. <https://www.thuenen.de/de/newsroom/detail/hintergrundbericht-liefert-daten-und-fakten-fuer-die-nationale-biomassestrategie>
- IPA Fraunhofer Instituten für Produktionstechnik und Automatisierung, IBG Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik 2021 (Hg). 2021. Spezial Biointelligenz. Sonderheft der Zeitschrift ‚Bild der Wissenschaft‘ Sommer 2021.
- IPBES Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, [Bronzido, E. S., Díaz, S., Settele, J.]. 2019. The IPBES Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany, Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>.

- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers. IPCC Special Reports. IPCC. Geneva, Switzerland, WMO World Meteorological Organization.
- ISAAA. 2019. Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier. ISAAA Brief 55-2019, Executive Summary. <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/executivesummary/default.asp>
- Kalt, G., IPCC [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Buendía, E. C., Shukla, P. R.]. 2019. 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. Geneva, WMO, IPCC. [https://www.ipcc.ch/srccl/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.](https://www.ipcc.ch/srccl/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.)
- Kiresiewa, Z., Hasenheit, M., Wolff, F., Möller, M., Gesang, B., Schröder, P. 2019. Bioökonomiekonzepte und Diskursanalyse. UBA Texte 78/2019. Umweltbundesamt, Berlin.
- Kölling, C., Götlein, A., Rothe, A. 2007. Biomassennutzung und Nährstoffentzug: Energieholz nachhaltig nutzen. LWF aktuell 61: 32-36.
- Konrad, W., Scheer, D., Weidtmann, A. 2020. Bioökonomie nachhaltig gestalten. Springer VS Verlag, Wiesbaden.
- Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Haberl, H. 2017. Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. Proceedings of the National Academy of Sciences 114(8): 1880-1885. 10.1073/pnas.1613773114.
- Krieg, S., Vorbeck, C. 2021. Nachhaltigkeit durch Bioökonomie. Bild der Wissenschaft Spezial Sommer 2021: 46-53.
- Löwenstein, F., Spangenberg, J. H., Tappeser, B., et al. 2024. Hintergrundpapier zur Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie mit Fokus auf das Menschenrecht auf ausreichende und gesunde Nahrung („Food First“). Ein Papier aus dem deutschen Bioökonomierat.
- Lovejoy, T. E., Nobre, C. 2018. Amazon Tipping Point. Science Advances 4(2): eaat2340 DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>.
- OECD 2009. The Bioeconomy to 2030 – Designing a Policy Agenda. OECD, Paris.
- Öko-Institut (Hg.) 2004. Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Öko-Institut, Freiburg. <https://www.oeko.de/oekodoc/236/2004-025-de.pdf>.
- Parlasca M.C., Qaim M. 2022. Meat consumption and sustainability. Annual Review of Resource Economics 14(6): 6.1-25. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-resource-111820-032340>
- Parrique T., Barth J., Briens F., Kerschner, C., Kraus-Polk A., Kuokkanen A., Spangenberg J.H. 2019. Decoupling Debunked. Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environment Bureau EEB. Brussels, EEB.
- Pihl, E., Alfredsson, E., Bengtsson, M., Bowen, K. J., Cástan Broto, V., Chou, K. T., Cleugh, H., Ebi, K., et al. 2021. Ten new insights in climate science 2020 – a horizon scan. Global Sustainability 4: 10.1017/sus.2021.1012.
- Rammes, D., Beyer, C. o.J.. Paludikultur in Niedersachsen. NLWKN Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/paludikultur_in_niedersachsen/paludikultur-in-niedersachsen-200789.html
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., et al. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. Science Advances 9(37): eadh2458 DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>.
- Ritchie, H. 2017. How much of the world's land would we need in order to feed the global population with the average diet of a given country? OurWorldInData <https://ourworldindata.org/agricultural-land-by-global-diets>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., et al. 2009. A safe operating space for humanity. Nature 461(7263): 472-475.
- 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.
- Schmiedchen, F., Kratzer, K. P., Link, J. S. A., Stapf-Finé, H., Eds. 2021. Wie wir leben wollen. Kompendium zu Technikfolgen von Digitalisierung, Vernetzung und Künstlicher Intelligenz. Berlin, Logos Verlag.
- Schütte, G., Eckerstorfer, M., Rastelli, V., Reichenbecher, W., Restrepo-Vassalli, S., Ruohonen-Lehto, M., Wuest Saucy, A.G., Mertens, M. (2017) Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. Environ Sci Eur 29:5, <https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-016-0100-y>
- Schwägerl, C. 2010. Schavan will trotz Karlsruhe-Urteil Gentechnik ausbauen. Der Spiegel 28.11.2010. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/bioeconomie-schavan-will-trotz-karlsruhe-urteil-gentechnik-ausbauen-a-731562.html>.
- Spangenberg, J. H. 2020. Die vier Narrative der Bioökonomie: Des Kaisers neue Kleider. Politische Ökologie 38(162): 32–37.
- Spangenberg, J. H., Kuhlmann, W. 2020. Bioökonomie im Lichte der planetaren Grenzen und des Schutzes der biologischen Vielfalt. Studie für das Bundesamt für Naturschutz. BUND, denkhaus bremen, Berlin/Bremen. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/ressourcen_und_technik/ressourcen_technik_bioeconomie_projekt_studie_spangenberg.pdf
- Spangenberg, J.H., von Haaren, C., Settele, J. 2014. The Ecosystem Service Cascade: further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. Ecological Economics 104: 22–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.025>
- Spangenberg, J.H., Settele, J. 2009. Biofuels: Steer Clear of Degraded Land. Science 326 (4 December 2009): 1346.
- Statistisches Bundesamt 2024. Landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland nach Nutzungsart in den Jahren 2010 und 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/183734/umfrage/landwirtschaftliche-nutzflaeche-in-deutschland-2010/>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347(6223): 736; 1259855 DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Steinhäuser, K.G.; Große Ophoff, M. 2025. The Need for Change: A Roadmap for the Sustainable Transformation of the Chemical Industry. Sustainable Chemistry 2025(6): 16. <https://doi.org/10.3390/suschem6020016>.
- SVR-BB Sachverständigenrat Bioökonomie Bayern. 2017. Schwerpunktthema Zellulose-Ethanol. https://bioeonomierat-bayern.de/dateien/Publikationen/SVB-Schwerpunktthema_Zelluloseethanol.pdf
- SYMBOBIO 2024. <https://www.soscisurvey.de/symbio-economy/index.php?i=ZJ6DBDTFSEFL&rnd=DOEZ>. Accessed 10.09.2024.
- Then, C. 2019. Am I Regulated? Neue Gentechnik an Pflanzen: Probleme mangelnder Regulierung am Beispiel der USA. Testbiotech e. V., Institut für unabhängige Folgenabschätzung in der Biotechnologie. München, März 2019. https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Am_I_Regulated_de.pdf
- The Royal Society. 2024. Catalysing Change: Defossilising the Chemical Industry—Policy Briefing. <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/defossilising-chemicals/defossilising-chemical-industry-report.pdf>

Thünen Institut (Hg.). 2018. Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Thünen Report 64. Thünen Institut, Braunschweig.

Tsonkova, P., Böhm, C. 2020. CO₂-Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz, Loseblatt 6, Forschungsprojekt "Innovationsgruppe AUF-WERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie", Cottbus.

UBA Umweltbundesamt. 2019a. Was ist Geoengineering?
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltrecht/umweltvoelkerrecht/geoengineering-governance#was-ist-geoengineering>.

UBA Umweltbundesamt 2019b. BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem, UBA Bericht 115-2019. UBA, Dessau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-09-24_texte_115-2019_biorest.pdf, dort zusammenfassend Abbildung 1, S. 23.

UBA Umweltbundesamt. 2023. Tempolimits könnten mehr Treibhausgase sparen, als bisher gedacht.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/tempolimits-koennten-mehr-treibhausgase-sparen-als>

UNEP IRP, United Nations Environment Programme International Resource Panel, [Oberle, B., Bringezu, S., Hatfeld-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J., Cabernard, L., Che, N., et al.] 2019. Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. IRP Reports. Nairobi, Kenya, UNEP United Nations Environment Programme.
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/27517>.

Vadén, T., Lähde, V., Majava, A., Järvensivu, P., Toivanen, T., Eronen, J. T. 2020. Raising the bar: on the type, size and timeline of a 'successful' decoupling. *Environmental Politics*: 1-15.

Wiedenhofer, D., Fishman, T., Lauk, C., Haas, W., Krausmann, F. 2019. Integrating Material Stock Dynamics Into Economy-Wide Material Flow Accounting: Concepts, Modelling, and Global Application for 1900–2050. *Ecological Economics* 156: 121-133.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.010>.

Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Streeck, J., Pichler, M., Mayer, A., Krausmann, F., Brockway, P., Schaffartzik, A., Fishman, T., Hausknost, D., Leon-Gruchalaki, B., Sousa, T., Creutzig, F., Haberl, H. 2020. A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part I: bibliometric and conceptual mapping. *Environmental Research Letters* 15(6): 063002.

Wunderling, N., Donges, J. F., Kurths, J., Winkelmann, R. 2021. Interacting tipping elements increase risk of climate domino effects under global warming. *Earth Syst. Dynam.* 12(2): 601-619.
<https://doi.org/10.5194/esd-12-601-2021>.

Zeller, V., Thrän, D., Zeymer, M., Bürzle, B., Adler, P., Ponitka, J., Postel, J., Müller-Langer, F., Rönsch, S., Gröngroft, 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.

Zeug, W., Kluson, F. R., Mittelstädt, N., Bezama, A., Thrän, D. 2021. Results from a Stakeholder Survey on Bioeconomy Monitoring and Perceptions on Bioeconomy in Germany. UFZ Discussion Paper 8/2021. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35521.28000>.
https://www.researchgate.net/publication/356603890_Results_from_a_Stakeholder_Survey_on_Bioeconomy_Monitoring_and_Perceptions_on_Bioeconomy_in_Germany.

Zhu, R., Zhang, Z., Zhang, N., Zhong, H., Zhou, F., Zhang, X., Liu, C., Huang, Y., Yuan, Y., Wang, Y., Li, C., Shi, H., Rillig, M. C., Dang, F., Ren, H., Zhang, Y. Xing, B. 2025. A global estimate of multiccosystem photosynthesis losses under microplastic pollution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 122(11): e2423957122.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2423957122>.

Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. 2024. Projektbüro Zukunftsstrategie | Mission 1. Dokumentation Stakeholderworkshop 10. Juni 2024.

zu Löwenstein, F. P., Spangenberg, J. H., Scholz, I., Grote, U., Tappeser, B. 2024. FoodFirst. Arbeitspapier zur Umsetzung des Menschenrechts auf ausreichende und gesunde Nahrung, Ein Beitrag zu den SDGs 1, 2, 3, 6, 12, 13, 14 und 15.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10718.65602>.

8. Anhang

Bioökonomie: Ziele, Diskurse, Erzählungen und Akteure. Eine Dekonstruktion

Bioökonomie wird von allen beteiligten Akteuren als Teil der großen Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft beschrieben. Diese Transformation ist jedoch kein Konsensprojekt, sondern folgt eher der mehr oder weniger widerwilligen Einsicht in eine unbequeme Notwendigkeit (Spangenberg, Kurz 2023). So eröffnet die Nachhaltigkeits-Transformation eine Konfliktzone, in der unterschiedliche Akteurskoalitionen versuchen, ihre jeweiligen Geschäftsmodelle zu verteidigen, indem sie diese als Teil einer Zukunftspjektion darstellen. Einen Eindruck davon, wie diese Zukunftsbilder aussehen, liefern die von unterschiedlichen Ministerien federführend erarbeiteten politischen Strategien, und die mal die nachhaltige Flächennutzung (BMEL), mal die Beschleunigung von Innovationsprozessen (BMBF) und mal den Schutz von Klima und Biodiversität (BMUV) in den Vordergrund stellen – in der Summe heißt das „Alles muss schneller besser werden“. Gemeinsam ist diesen unterschiedlichen Zukunftserwartungen, dass sie auf einer Extrapolation dessen beruhen, was die verschiedenen miteinander zu integrierenden Methoden denn langfristig zu leisten vermögen, und dann nach Anwendungsfeldern suche: Lösungen auf der Suche nach geeigneten Problemen. Was durchgehend fehlt ist die umgekehrte, und unseres Erachtens richtigere Vorgehensweise: die Probleme zu verstehen, und dann auf die Suche nach geeigneten Lösungen gehen. Diese können durchaus in der Bioökonomie liegen, aber ebenso gut in Kostenstrukturen, Eigentumsverhältnissen, Infrastrukturmängeln, gesellschaftlichen Normen oder sozialen Organisationsformen. Um Bioökonomie in Zukunft nachhaltig gestalten zu können, ist es zentral diese Hintergründe zu kennen. Erst dann können den

unrealistischen Versprechungen, die im Namen der Bioökonomie gemacht werden, fundierte Argumente entgegengesetzt und die Grenzen für bioökonomisches Wirtschaften zur Ausgangslage der Debatte gemacht werden.

Erblasten

Auch in den älteren deutschen Strategiepapieren von BMBF (Forschungsstrategie BioÖkonomie, 2010) und BMEL (Nationale Politikstrategie Bioökonomie, 2013) wird die Bedeutung von Forschung und Gentechnikeinsatz betont. Umweltverbände und andere kritische Akteure waren weder in die Entwicklung dieser Strategien eingebunden noch in dem 2009 geschaffenen Bioökonomierat vertreten. In dieses Beratungsgremium wurden vor allem Vertreter*innen aus Agrar-, Chemie- und Biotechforschung und -industrie berufen, sodass folgerichtig die notwendigen Debatten über nachhaltige Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen ausblieben. Das hat sich erstmals mit dem dritten Bioökonomierat geändert, der in seiner Amtszeit von 2020 bis Ende 2023 die Aufgabe hatte, für die Bundesregierung Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der nationalen Bioökonomiestrategie zu erarbeiten. Erste Empfehlungen wurden im Mai 2023 veröffentlicht; die Verabschiedung weiterer Empfehlungen und damit der Versuch, einen faktenbasierten gesellschaftlichen Konsens zu finden, scheiterten im Frühjahr 2024.

Der Begriff der Bioökonomie, wie er von der Bundesregierung verwendet wird, und die damit verbundenen Erzählungen ermöglichen es jedoch, die dahinterliegenden, überwiegend wirtschaftlichen Interessen zu verschleiern, die sich dann hinter diesem „Rauchvorhang“ besonders gut durchsetzen lassen. Dies betrifft sowohl Vermarktungsinteressen der Wissenschaft wie die Anliegen der chemischen und pharmazeutischen Industrie, aber auch der Papierindustrie und vieler weiterer Wirtschaftsbereiche, die mit der industriellen Land- und Forstwirtschaft zusammenhängen. Nicht zu vernachlässigen sind auch die Motivationen derjenigen, die genuin ökologische Interessen verfolgen, z. B. in der Abwasserreinigung, bei der Abfallbehandlung und in der ökologischen Landwirtschaft.

Durchsetzen, gestalten oder begrenzen? Ziele und Diskurse

Was aber heißt das? Eine Diskursanalyse für das Umweltbundesamt zeigte, dass alle beteiligten Interessengruppen ihre jeweilige Version einer zukünftigen Bioökonomie in das Meta-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 (Bioökonomie durchsetzen), der Lösungen in der Technik sucht, ein pragmatischer (Bioökonomie gestalten), der Lösungen von der Politik erwartet, und ein kritischer (Bioökonomie Grenzen setzen), der ein gesellschaftliches Umdenken für die einzige Lösung hält. Auch wenn sie in Einzelaspekten Überschneidungen aufweisen, kann man doch klar erkennen, dass unterschiedliche Akteure ihren Interessen gemäße Themen setzen und Rahmenerzählungen wählen, was auch die von ihnen jeweils (an)erkannten Grenzen und die gewählten Strategien zur Interessendurchsetzung beeinflusst (siehe Tabelle Folgeseite).

Werbung mit Visionen – die Bioökonomie-Narrative

Zur Durchsetzung ihrer Ziele bedienen sich die Akteure unterschiedlicher Erzählungen bzw. Narrative, um Unterstützung für ihr Anliegen zu mobilisieren, Bioökonomie durchzusetzen, zu gestalten oder ihr Grenzen zu setzen. Alle drei berufen sich auf die Nachhaltigkeit, erklären das Primat der Nahrungsmittel- über die Biomasseproduktion und propagieren Einhaltung der planetaren Grenzen – ohne jedoch Mittel und Wege zu benennen, wie sich diese Prioritäten umsetzen lassen (Spangenberg 2020). Dies versucht erstmals das Hintergrundpapier zum Menschenrecht auf ausreichende und gesunde Nahrung („Food First“) aus dem Bioökonomierat (v. Löwenstein et al. 2024).

1. Narrativ „Bioökonomie als innovative Problemlösung für Klima, Arbeit, Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit“

Im affirmativen Diskurs dominierte lange die Argumentation, dass die Bioökonomie die Lösung zahlreicher Umwelt-, Ressourcen- und industriepolitischer Probleme sei (diese Sichtweise prägt auch die Strategie der Bunderegierung). Ende 2019 änderte sich der narrative Rahmen, in den diese Argumentation eingebettet wurde: Bioökonomie wurde nicht mehr als die Lösung der Probleme beschrieben, sondern als ein Beitrag im Rahmen einer ökologisch-sozialen Transformation des Industriesystems hin zu einer nachhaltigen, kohlenstoff-freien und umweltverträglichen Wirtschaftsweise. Dieser Beitrag sei wichtig, weil Bioökonomie die unverzichtbare Antwort auf die Notwendigkeit sei, die Nutzung fossiler Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas oder Kohle als Basis unserer heutigen Wirtschaftsweise zu beenden. Die Bioökonomie werde dieses Problem lösen, da durch sie die fossilen Rohstoffe unter Zuhilfenahme bioökonomischer Technologien durch nachwachsende Rohstoffe ersetzt werden (Substitution der Kohlenwasserstoffquellen für die fossil basierte Industrie). Eine erneute

Diskurstyp	Träger	Framing	Anerkannte Grenzen	Strategie	Diskurs-themen
Affirmativ	BMEL, BMBF, BÖ-Rat, Produzenten, Verarbeiter	Bioökonomie als Problemlösende Innovation für Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit	Ressourcenverfügbarkeit, planetare Grenzen	Effizienz und Ressourcenzugangssicherung Einen (politisch einflussreichen) Sektor Bioökonomie konstituieren	win-win, selektive Konfliktwahrnehmung, Nebenwirkungen werden ignoriert, Gerechtigkeit/ Soziales kein Thema
Pragmatisch	BMU, UBA, SRU, WBGU, Wasserwirtschaft, einige NGO's	Ökologische Modernisierung durch Bioökonomie als Chance, aber auch als Risiko für Nachhaltigkeit	Planetare Grenzen, lokale und nationale sozial-ökologische Belastungen	Starke Leitplanken gefordert, Exnovation (insbes. Agrarbereich), internationale Regulierung	Gedämpfte Erwartungen, Skepsis gegenüber win-win, auch wegen Zielkonflikten und Nebenwirkungen
Kritisch	Zivilgesellschaft, ökolog. Landwirtschaft	Kritik am affirmativen Diskurstyp, Partizipation, Macht, Risiken	Risikant und unwirksam, wenn nicht Teil einer ganzheitlichen Transformation	Selektiv als ein Element in sozial-ökologische Transformation einbinden, andere Teile regulieren oder verwerfen	Aufdeckung von materiellen Interessen, Fokus Zielkonflikte und Gerechtigkeit

Quelle: Eigene Darstellung

Modifikation 2022/23 erkannte an, dass als eine unbegrenzte Biomasseproduktion nicht möglich ist – das ist auch Gegenstand der Biomassestrategie der Bundesregierung. Jetzt wird für die Biomassenutzung der Vorrang der stofflichen vor der energetischen Verwendung postuliert (Bioökonomierat 2023); energetisch genutzt werden sollen nur noch stofflich nicht verwertbare Reststoffe, als die unverzichtbare Rohstoffquelle für nicht elektrifizierbare Antriebe wie z. B. für Flugzeuge, für die chemische Industrie ergänzt mit der Kohlenstoffgewinnung aus Abgasen und/oder der Atmosphäre, und anschließender stofflicher Weiterverwendung (Carbon Capture and Use CCU). Das Narrativ „Bioökonomie als Problemlösung“ ist und bleibt die Kernerzählung des affirmativen Diskurses; es wird aber auch im pragmatischen Diskurs positiv genutzt und im

kritischen Diskurs als Engführung der Bioökonomie-Beschreibung negativ bewertet.

Es thematisiert die grundlegenden Transformationsfragen des was, wie und wieviel der Produktion kaum; die sozial-ökologischen Folgen der spielen ebensowenig eine Rolle wie die überdurchschnittliche Treibhausgasintensität der heutigen biomasseproduzierenden Sektoren der Bioökonomie, nämlich Land- und Forstwirtschaft. Der einzige Zielkonflikt, der in diesem vorherrschenden Narrativ aufgegriffen wird, ist die endliche Verfügbarkeit von nachwachsenden Ressourcen bei gleichzeitig steigender Weltbevölkerung (die Herausforderungen einer Konsumwende werden nur selten adressiert. Die Lösung hierzu ist jedoch bereits im Narrativ angelegt: Es sind technische Lösungen wie „Biotechnologie“

oder „Synthetische Biologie“, hinter denen sich u. a. Verfahren wie die Gentechnik verbergen, die es vermeintlich ermöglichen würde, dass nachwachsende Rohstoffe effizienter angebaut oder fermentativ erzeugt werden könnten (BÖR 2023, Kap. 3.7).

2. Narrativ „Bioökonomie ermöglicht Grünes Wachstum“

Das zweite Narrativ beinhaltet ebenfalls, dass die Bioökonomie an sich zu grünem Wachstum und Arbeitsplätzen und somit zu Wohlstand beiträgt. Während es wie das „Problemlösungs-Narrativ“ oft mit dem affirmativen Diskurs assoziiert ist, betont das „Grünes Wachstum“ Narrativ auch Grenzen und Gestaltungsnotwendigkeiten; dieser Aspekt wird im pragmatischen Diskurs stärker in den Vordergrund gerückt. Das Narrativ betont die Notwendigkeit, planetare Grenzen einzuhalten und nationale sozial-ökologische Belastungen zu vermeiden und postuliert, dass dies entlang des gesamten Lebenszyklus von Produkten möglich sei. Dazu wird angenommen, dass es möglich sei, eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung zu erreichen, die dauerhaft und ausreichend ist, um die Klimakrise und den massiven Biodiversitätsverlust zu stoppen. So eine dauerhafte Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wachstum ist jedoch noch nie gelungen (Harberl et al. 2020; Pihl et al. 2021) und auch aus energetischen und Ressourcengründen, die politisch nicht steuerbar sind, ist es äußerst unwahrscheinlich, dass eine solche Entkopplung in Zukunft stattfindet (Parrique et al. 2019; Vadén et al. 2020; Hickel, Kallis 2020).

Da diese Feststellung auf alle wirtschaftlichen Aktivitäten zutrifft, so auch auf die unter dem Etikett der Bioökonomie, wird diese von denjenigen, die dieses Narrativ nutzen, grundsätzlich als vorteilhaft und gestaltbar dargestellt. Da die dabei gemachte, für die Argumentation notwendige und aus fachlicher Sicht unrealis-

tische Annahme der Machbarkeit einer ausreichenden Entkopplung sich schon mittelfristig als fehlerhaft erweisen wird, ist absehbar, dass sich die Vertreter*innen dieses Narratives neu positionieren werden und dabei entweder ihre ökologischen Ambitionen oder ihre industriepolitischen Wunschvorstellungen aufgeben müssen.

3. Narrativ „Bioökonomie wertet ländliche Räume auf“

Ein weiteres Narrativ, das im vorherrschenden affirmativen ebenso wie im pragmatischen Bioökonomie-Diskurs bemüht wird, ist die Entwicklung und „Revitalisierung“ ländlicher Räume sowie die Schaffung von regionaler Wertschöpfung durch die Bioökonomie. Im affirmativen Diskurs ergänzt dieses Narrativ, dass rein auf die industrielle Bioökonomie bezogene „Problemlösungs-Narrativ“, relativiert es aber gleichzeitig, da dieses seine Stärke zum Teil aus der Ausklammerung der Biomasseproduktion bezog. Um diesem Widerspruch zu entkommen betont der Diskurs die Rolle der industriellen Verarbeitung der in ländlichen Räumen produzierten Biomasse in sogenannten Bioraffinerien vor Ort, die in der Weiterverarbeitung von Rohstoffen eine höhere Wertschöpfung als der primäre Sektor hätten. Diese, werden – wenn überhaupt – dann aller Voraussicht nach nicht in ländlichen Räumen entstehen, sondern sie würden entsprechend der ökonomischen Logik vielmehr an bereits bestehenden Chemiestandorten gebaut.

Tatsächlich sind die Land- und Forstwirtschaft als zentrale Bereiche der traditionellen Bioökonomie in ländlichen Räumen vorherrschend. Da diese in ihrer aktuellen Form jedoch erhebliche ökologische Probleme verursachen, wie den Verlust an biologischer Vielfalt, die Boden-erosion und Wasserverknappung, fordert der pragmatische Diskurs eine sozial-ökologische Gestaltung der Bioökonomie, z. B. durch Begrenzung des Einsatzes von Agrarchemikalien.

Die Hauptoptionen, die im Rahmen des Narratives angeboten werden, sind Technologien, z. B. zur Pflanzenzüchtung und zur Digitalisierung der Landbewirtschaftung, die von der Bundesregierung massiv gefördert werden. Dass der Einsatz künstlicher Intelligenz im Ackerbau die ausgebrachten Mengen an Düngemitteln und Pestiziden verringern und teilweise ersetzen kann (so z. B. wenn KI-gesteuerte Laser in der Unkrautbekämpfung Herbizide ersetzen) und durch kleinräumige Landwirtschaft unter innovativer Nutzung von KI und Robotik wie im „Pixel Cropping“ in den Niederlanden auch eine höhere Argobiodiversität ermöglicht, weil großflächige Monokulturen nicht mehr notwendig sind, ist weitgehend unbestritten. Offen sind jedoch die Energiebilanz und Fragen des Datenschutzes. Zudem ist mehr als fraglich, ob hochautomatisierte landwirtschaftliche Felder und Baumplantagen, die sich hinter dieser Vorstellung verbergen, die versprochenen zusätzlichen Arbeitsplätze und Wertschöpfung in ländlichen Räumen bedeuten würden, oder – wie jede Automatisierung – eher zu einer Verringerung der Arbeitsplatzanzahlen führen. In jedem Fall ist festzuhalten, dass einzelne technologische Innovationen keine Problemlösung darstellen, sondern dass es um einen Systemumbau geht, in dem unterschiedliche Technologien eine Rolle spielen können, und dessen Prioritäten politisch umstritten sind (Schmiedchen et al. 2021).

Im kritischen Bioökonomie-Diskurs spielt das Narrativ von der Revitalisierung des ländlichen Raums eine zentrale Rolle. Ausgangspunkt ist hierbei die soziale, kulturelle und ökologische Rolle der kleinbäuerlichen und ökologischen Landwirtschaft, die naturnahe Forstwirtschaft und die Potenziale des Ökotourismus in Verbindung mit Biotop- und Artenschutz. Eine zukunftsfähige Modernisierung der Landwirtschaft muss demnach eine Agrarwende hin zu weniger Chemie und mehr Agrarökologie sein, wie in „grünen“ Strategien der EU-Kommission

angedacht und von der deutschen Zukunftskommission Landwirtschaft gefordert. Eine solche Wende ist mit einer Reduktion der Nutztierhaltung und einer deutlichen Verringerung von Futtermittelimporten verbunden, was die für eine Nutzung als industrielle Rohstoffbasis verfügbaren Mengen an Biomasse stark beschränkt (zumal durch die Kreislaufwirtschaft die Abfallmengen, auch an Biomasse, deutlich schrumpfen sollen).

Die Tatsache, dass in allen drei Diskursen das Narrativ von der Revitalisierung des ländlichen Raums durch Bioökonomie eine wichtige Rolle spielt, sie dabei aber auf unterschiedliche Teilbereiche der Bioökonomie setzen und Strategien einfordern, die miteinander unvereinbar sind zeigt besonders deutlich, dass die Breite des Begriffs die Unterschiedlichkeit der Zielvisionen eher verschleiert und ein politische Debatte über das Ziel einer zukunftsfähigen Entwicklung erschwert und nicht erleichtert.

4. Narrativ: Technik ist neutral – Bioökonomie muss technologieoffen sein

Die normative ökonomische Idee der Technologieneutralität geht davon aus, dass die Politik alle Technologien gleich behandeln sollte – eine Forderung, die in der Energiepolitik (Atom, Kohle und Erneuerbare gleich behandeln) oder in der Mobilitätspolitik (Verbrennungsmotoren, elektrische Antriebe und Fahrräder gleich behandeln) offensichtlich unsinnig, zumindest aber aus der Zeit gefallen ist, im Bioökonomiekontext aber immer noch bemüht wird. Hinter dem Begriff der Technologieoffenheit oder Technologieneutralität verbirgt sich deshalb etwas Anderes: es geht nicht um eine gleiche Regulierung aller einschlägigen Techniken, sondern darum, bestehende Regelungen, insbesondere im Bereich Gentechnik, auf neue Entwicklungen nicht anzuwenden, also das Urteil des Europäischen Gerichtshofs aus den Angeln zu heben, dass auch die neue Gentechnik eben Gentechnik ist

und damit den Regelungen des Gentechnikrechts unterfällt.

An dieser Stelle muss ganz klar konstatiert werden, dass Technologie nie neutral ist, sondern immer einer kritischen gesellschaftlichen Prüfung standhalten muss. Umso wichtiger ist es, eine solche Strategie, bestimmte Technologien einer normativen Bewertung zu entziehen, zu entlarven.

Fazit: Narrative als Verschleierungsstrategien

Die mit der Bioökonomie verbundenen positiven Narrative verschleiern die negativen Auswirkungen der Bioökonomie. Sie bedienen sich dabei wiederholt des Tricks, die Vorteile einer kleinmaßstäblichen Nutzung zu beschwören, um Anlagen einer anderen Größenordnung zu legitimieren. Während z. B. kleinmaßstäbliche Energie- und Rohstoffgewinnung aus Biomasse traditionell und ökologisch oft positiv ist (man denke an den traditionellen Misthaufen und Hof-Vergärungsanlage für Biogas), bergen schon die gegenwärtigen Anlagen erhebliche Probleme. So werden durch die Subventionierung der Biomassegewinnung Grenzertragsstandorte lukrativ gemacht, die für den Schutz der Biodiversität wesentlich sind und nun entwertet werden; Graslandbiotope und ehemalige Stilllegungsflächen werden umgepflügt und bebaut und dabei artenreiche Biotope zerstört, die für Bodenbewohner und Brutvögel oft essenziell sind. Raps- und Maismonokulturen sind eine Gefahr für die biologische Vielfalt. Besonders kontraproduktiv ist dabei die EU-Förderung von Energie-Mais auf ehemaligen Moorböden, die diese Böden zu potenten CO₂-Emittenten macht, während sie bei extensiver Nutzung und Beendigung der Entwässerung plus teilweiser Wiedervernässung wirksame Kohlendioxid-Senken sein könnten (BUND 2022a; 2023).

Auch die Erzählung von der Nutzung für landwirtschaftliche Produktion ungeeigneter Standorte verschleiert die Realitäten – die

Konkurrenz der Biomasse- zur Nahrungsmittelproduktion ist unvermeidlich (mit Ausnahme der Nutzung kontaminierter Standorte), denn Industriepflanzen sind ebenso auf Wasser und Nährstoffe angewiesen wie Nahrungspflanzen (Bryngelsson, Lindgren 2013; Bringezu et al. 2012; Spangenberg, Settele 2009). Werden die Nährstoffe durch Düngung zugeführt, ergeben sich zusätzliche Treibhausgaswirkungen durch N₂O-Emissionen, und der Methanschlupf von Biogasanlagen macht die theoretisch ermittelten Klimaschutzpotenziale weiter fragwürdig (UBA 2019a).

Während jedoch die gegenwärtigen Kleinanlagen den Bäuer*innen noch Wahlmöglichkeiten und Zusatzeinkommen bieten (sie können stillgelegt werden, wenn andere Pflanzenverwendungen lukrativer erscheinen) und ein Teil der Schäden noch reversibel ist, trifft das bei der Errichtung großer Biomasse-Raffinerien nicht mehr zu. Diese brauchen ständig und dauerhaft große Mengen an möglichst homogener Biomasse, um optimale Erträge für das eingesetzte und langfristig gebundene Kapital zu erwirtschaften. Dazu werden meist Kurzumtrieb-plantagen schnellwachsender Holzpflanzen (z. B. Pappeln) oder Gräser (z. B. Miscanthus) vorgeschlagen (Cornwall 2017). Potenzielle Konsequenzen sind ein massiv steigender Süßwasserbedarf, verschärfte Konkurrenz um Land, Verlust an biologischer Vielfalt und Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit in Nord und Süd (IPCC 2018).

Durch solche Irreführungen erzeugen Narrative Legitimität und wirken so handlungsleitend, indem absehbar umwelt-, sozial- und gesundheitsschädlichen Wirkungen des größeren Maßstabs durch den Fokus auf den jeweils kleineren verschleiert werden.

Damit im Bereich der Bioökonomie ein zukunftsfähiges Handeln möglich wird, ist es des-

halb besonders wichtig, die vorherrschenden Narrative zu dekonstruieren und aufzuzeigen, dass nicht rein technische Ansätze die Probleme von Umwelt und Gesellschaft lösen werden, sondern dass es um eine Neuerfindung unserer Gesellschaften, samt Verhaltensroutinen, sozialen Praktiken, Konsummustern, Geschäftsmodellen und Produktionsverfahren gehen muss, wenn unser Leben und Wirtschaften die planetaren Grenzen nicht überschreiten soll.

Die Größe macht's – das Beispiel Leuna

Die neue industrielle Bioraffinerie am Chemiestandort Leuna (geplanter Produktionsstart war Ende 2023) ist auf eine Kapazität von 200.000 t/a ausgelegt, aus Laubholz sollen Monoethylenglykol, Monopropylenglykol und Industriezucker hergestellt werden. Anwendungsfelder für Bio-Monoethylenglykol sind unter anderem Textilien, PET-Flaschen, Verpackungen und Enteisungsmittel. Bio-Monopropylenglykol wird beispielsweise in Verbundwerkstoffen, Arzneimitteln, Kosmetika und Waschmitteln eingesetzt. Dafür würde eine solche Anlage jährlich ca. 500.000 t Holz benötigen und dafür eine Fläche von rund 35.000 ha (das entspricht einer LKW-Ladung alle 10 Minuten). Um den Transportaufwand als einen wesentlichen Kostenfaktor zu senken, würden solche Raffinerien voraussichtlich inmitten einer weitgehend homogenen und damit artenarmen Plantagenzone stehen (Spangenberg et al. 2014).

Von Erzählungen zu Anwendungen

Hat man verstanden, welche Interessen welche Diskurse prägen, und welcher Narrative sie sich bedienen, ist es möglich, die verschiedenen unter Begriff Bioökonomie zusammengefassten Anwendungsfelder mitsamt ihren Akteuren und Motivationen zu klassifizieren, die dann differenziert betrachtet werden müssen. Mehrere solcher Strukturierungen sind vorgeschlagen worden (Hausknost 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-Anwendungsvision. Dazu nennen wir jeweils die nach Zeug et al. Leitbilder, Motivationen und Akteure, aber auch einige der Einwände und offenen Fragen und zeigen den Zusammenhang zu den Diskursen und Narrativen (nach Kiresiewa et al. 2019) auf.

Biotechnologie-Vision „Rohstoffe für die chemisch-pharmazeutische Industrie“

Die wichtigsten Akteure sind hier Vertreter*innen der Wissenschaft. Ihr Motiv besteht darin, Laborergebnisse in die Praxis zu bringen und kommerziell zu vermarkten. Dabei steht oft die Lösung technischer Probleme im Vordergrund; die vielfältigen Versprechen bezüglich einer Lösung ökologischer und gesellschaftlicher Probleme sind eher Werbeaussagen als dass sie den Kern der Projekte treffend beschreiben würden. Die in dieser Hinsicht aktiven Vertreter*innen der Wissenschaft sind meist aktiv im affirmativen Diskurs engagiert; sie alle bedienen sich der Narrative von Bioökonomie als Problemlösung und von der Technologieneutralität; zum Teil verwenden sie das Narrativ von der Revitalisierung des ländlichen Raums.

Sie werden von Teilen der Politik unterstützt, insbesondere durch die Forschungsförderung und lokal in der Hoffnung auf neue, qualifizierte Arbeitsplätze – das Interesse der Industrie ist sehr begrenzt. Das liegt nicht zuletzt daran,

dass Kleinproduktion in teilautomatisierten Anlagen wenig Wertschöpfung und damit Gewinn (und Arbeit bringt); auch deshalb haben sie die Großindustrie nur wenig für ihre Anliegen begeistern können. Im kleinen Maßstab schaffen Bioökonomie-Anwendungen jedoch so gut wie keine Arbeitsplätze, und schon gar nicht solche, die den vorhandenen Qualifikationen im ländlichen Raum angepasst wären (Brödner et al. 2021). Dazu wären großmaßstäbliche Produktionen erforderlich, die aber voraussichtlich, wenn überhaupt, dann nicht im ländlichen Raum eingerichtet würden, sondern durch Modifikation bestehender Produktionsanlagen an existierenden Chemiestandorten realisiert würden, auch weil die Industrie Kuppelprodukte nutzt. Zudem importiert die chemische Industrie schon heute große Mengen an pflanzlichen Rohstoffen, importiert diese aber überwiegend aus Osteuropa (Holz, Getreide) und aus dem globalen Süden (Palmöl, Soja), den USA und China, mit deren Weltmarktpreisen in der lokalen Landwirtschaft schwer zu konkurrieren ist. Die Chemieindustrie insgesamt setzt eher auf den Fortbestand des neokolonialen Wirtschaftsmodells mit dem Import von Rohstoffen, in diesem Fall Biomasse und Wasserstoff, aus den Ländern des globalen Südens als auf heimische Biomasseproduktion und die Entwicklung von Bioraffinerien.⁸ Sowohl die Technikentwicklung wie die bestehenden oder geplanten Pilotanlagen würden wahrscheinlich ohne die massive staatliche Förderung durch die Bundesregierung und die EU nicht realisiert; das gilt ebenso für alle Nachbarstaaten, die ähnlich Bioökonomie-Strategien verfolgen.

Kritisch ist, dass es sich bei den im Bereich Bioökonomie Forschenden genau um die Gruppe handelt, die von den Medien und der Öffentlichkeit als „Expert*innen“ wahrge-

nommen werden und so eine technikfixierte, wachstumsorientierte affirmative Position als fachlich besonders qualifiziert und – dem Image der Wissenschaft folgend – als interessenunabhängige, fachlich geprüfte Sichtweise wahrgenommen wird (Hausknost et al. 2017).

Biotechnologie-Vision „Wissensbasierte Bioökonomie“

Auch in dieser Vision sind Forschung und Politik die wichtigsten Akteure, in diesem Fall aber unterstützt von der Chemie/Saatgut und der IT-Industrie, die in diesem Anwendungsbereich zusammenwachsen. Die Motivation ist neben der Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen die Wertschöpfung durch Digitalisierung der Landwirtschaft, mit der Folge steigender Produktivität, reduziertem Pestizideinsatz und weniger Arbeitskräftebedarf.

Kritische Einwände (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?) werden in dieser Vision nicht aufgegriffen, sondern ausgeblendet, auch um Konflikte mit dem Narrativ vom revitalisierten ländlichen Raum zu vermeiden. Die Biotechnologie-Strategien in Deutschland wie international haben gemeinsam, dass weder die deutliche absolute Senkung des Ressourcenverbrauchs erwähnt wird, die notwendig wäre, damit innerhalb der planetaren Grenzen gewirtschaftet werden kann, noch Ziele wie die vollständige Umstellung auf eine ökologische Land- und Forstwirtschaft und die Notwendigkeit von großzügigen Biotopverbänden in den Strategien thematisiert werden.

⁸ Für Spezialchemikalien und lokale Produktionscluster wie den Rübenzuckeranbau für die Lebensmittel- und Chemieindustrie zählt, dass solche Technologien gefördert werden, die für die Industrie profitable Geschäftsmodelle darstellen, insbesondere die Produktion von hochwertigen Substanzen in genetisch veränderten Organismen (Pflanzen und Mikroben) und die Automatisierung der Landwirtschaft mit Computersteuerung und künstlicher Intelligenz (diese Entwicklung ist in Deutschland im globalen Vergleich am weitesten fortgeschritten).

Bioressourcen-Vision

Forscher*innen und Planer*innen, aber auch die regionale Politik, die mehr im pragmatischen Diskurs verankert sind, erhoffen sich neue Wertschöpfungsmöglichkeiten durch eine effizientere Nutzung von Naturressourcen und insbesondere von Reststoffen, die die Möglichkeit eröffnen sollen, mit neuen Produkten auf die Märkte zu kommen. Die umfassende Nutzung von Reststoffen ist sicherlich in vielen Fällen auch ökologisch zu begrüßen, aber sie ist auch voraussetzungsreich. Abfälle, insbesondere Biomasse-Abfälle, fallen meist nicht in homogener Qualität und in großen Mengen an einem Ort an; sie müssen gesammelt und aufbereitet werden, und sie stehen nur in begrenzter Menge zur Verfügung (so auch die Nationale Biomasse-Strategie NABIS). 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 sollten 20% bis 43% des Strohaufkommens auf dem Acker verbleiben (Zeller et al. 2012). Diese Begrenzungen dämpfen die Attraktivität dieser Vision für großtechnische Anwender trotz der häufigen Bezugnahme auf das Narrativ vom Grünen Wachstum.

Wenn es nicht nur um Reststoffe geht, sondern um Biomasseanbau, dann wird das Narrativ von der Revitalisierung des ländlichen Raums genutzt, was aber die lokalen Produzenten nur teilweise überzeugt, denn diese sehen das Problem der kostengünstigeren Importe industrieller Bio-Rohstoffe – sofern es nicht durch günstige räumlich Konstellationen (z. B. Zuckerrüben Kölner Raum für die nahe Zucker-, Lebensmittel- und Chemieindustrie) oder Subventionen (z. B. für Biokraftstoffe)

kompensiert wird. Diese Strategie ist jedoch nicht zukunftsfähig, 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 Bioressourcennutzungen miteinander um Flächen konkurrieren und nicht gleichzeitig umgesetzt werden können – es sei denn zu Lasten der Nahrungs- und Futtermittelproduktion, im Widerspruch zum Metanarrativ von der nachhaltigen Bioökonomie. Diese Flächenkonkurrenz wird auch das Gesicht einer zukünftigen Bioökonomie prägen (Scarlat et al. 2015)

Bioökologie-Vision

Die Akteure der Bioökologie-Vision kommen aus der Zivilgesellschaft, der ökologischen Forschung, der lokalen Bevölkerung, und z. T. aus der lokalen Politik und Verwaltung und sind oft mit dem kritischen Diskurs assoziiert. Ihre Motivationen sind divers und umfassen Ethik, Naturschutz, und die Integration sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte. Auch sie hoffen auf zusätzliche Wertschöpfung, in diesem Fall durch effizientere Nutzung von Naturressourcen und Reststoffen (soweit ähnlich der Bioressourcen-Vision) sowie durch ökologisch verträgliche Produktion hoher Qualität. Eine Umsetzungsschwierigkeit für diese Vision besteht darin, dass sie – wie die übrigen Visionen auch – bisher auf Einzel- und Demonstrationsprojekte beschränkt ist, aber in besonderer Weise auf eine Weiterentwicklung der Landwirtschaft insgesamt in Richtung naturverträgliches Wirtschaften und Agrarökologie angewiesen ist, noch über die Ablösung der EU-Agrarpolitik durch den European Green Deal hinaus. Die Preisstrukturen, die Rolle des Handels und der Agrarsubventionen erlauben vielerorts eine sozial-ökologische Umgestaltung der Landwirtschaft nicht, solange nicht die Rahmenbedingungen geändert wurden, unter denen Bäuer*innen ihren Lebensunterhalt erwirtschaften (müssen).

Um diese einzufordern werden die Narrative vom Grünen Wachstum und insbesondere von der Revitalisierung des ländlichen Raumes teilweise genutzt, verbunden mit einer Skepsis gegenüber weitreichenden Versprechen des „Bioökonomie als Lösung“ Narrativs und meist deutlicher Ablehnung des Narrativs von der Technikneutralität. Die Skepsis begründet sich auch daraus, dass ein Vorrang für den Schutz biologisch hochwertiger Agrarflächen und die die Bereitstellung von Flächen für die Vernetzung von Naturräumen gefordert wird – Herausforderungen, die politisch gelöst werden müssen und bei denen technische Entwicklungen der Bioökonomie keine wesentliche Rolle spielen.

Hausknost et al. (2017) stellen ein wenig überrascht fest, dass sich unter den Expert*innen aus Wissenschaft und Wirtschaft viele Unterstützer eines „grünen Wachstums auf Basis biologischer Ressourcen“ finden, aber kaum Befürworter*innen eines geplanten Umbaus. Das ist aber dann plausibel, wenn man berücksichtigt, woher die Expert*innen kommen, und dass in der Definition des „geplanten Umbaus“ die Einsicht in die begrenzte Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen und ein Ende des Wachstumszwangs wesentliche Elemente sind – die sich eher bei NGOs im kritischen, aber kaum bei Mitwirkenden des affirmativen Diskurses finden lassen. Anders sieht es aus, befragt man nicht Expert*innen, sondern die Bevölkerung: dann zeigt sich, dass die Einsicht weit verbreitet ist, dass eine zukunftsfähige, postfossile Wirtschaftsweise – und damit eine begrünzte Wachstumsstrategie – mit von einer Mehrheit als unverträglich mit dem Ziel weiteren Wirtschaftswachstums angesehen wird – was auch dem Stand der naturwissenschaftlichen Einsicht entspricht (Haberl et al. 2020), während eine auf Suffizienz beruhende Strategie eher mehrheitsfähig ist (Fritz 2025). Eine gesellschaftlich akzeptable Bioökonomie-Strategie sollte also wirtschaftliche

Steigerungszwänge vermeiden und die Begrenztheit biologischer Ressourcen anerkennen, wie auch in dieser Position gefordert.

9a. Nachwort: Der BUND und seine BUND Positionen

Die Welt steht vor immensen ökologischen, gesellschaftlichen und sozialen Herausforderungen. Der BUND/Friends of the Earth Germany sucht und gestaltet dafür Lösungen, die ökologischen und sozialen Kriterien gerecht werden. Als Umwelt- und Naturschutzverband kämpft er insbesondere für die Einhaltung der 1,5 Grad-Obergrenze in der Klimakrise und für Klimagerechtigkeit, für die Beendigung des Artensterbens, und den Schutz und die Wertschätzung von Natur und biologischer Vielfalt. Wir fordern eine tatsächlich nachhaltige Landwirtschaft ohne Gentechnik, den sofortigen Atomausstieg und eine Minderung des Ressourcenverbrauchs. Kampagnen des BUND zielen auf ein Ende der Vermüllung und Vergiftung unserer Umwelt, unter anderem mit Pestiziden, zahllosen Schadstoffen und Mikroplastik. Als Nachhaltigkeitsverband setzt sich der BUND für soziale wie ökologische Gerechtigkeit, Armutsbekämpfung, Menschenrechte und Demokratie ein. Das eine ist ohne das andere nicht zu haben, das haben uns unsere Erfahrungen gelehrt.

Diese Ziele sind nur zu erreichen, wenn nicht nur alle umwelt- und sozialverträglichen Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz bei der Ressourcennutzung ausgeschöpft werden. Zur absoluten Reduzierung unserer Ressourcenentnahme aus der Umwelt brauchen wir außerdem Suffizienz: wir müssen nicht nur anders, sondern auch weniger konsumieren. Eine nachhaltige Änderung der Lebensweise aller Bürger*innen ist aber keine individuelle Verantwortung, sondern eine gemeinsame und gesellschaftliche. Zur Förderung des Gemeinwohls brauchen wir mehr Mitwirkungsrechte der Zivilgesellschaft, vor allem aber förderliche politische Rahmenbedingungen. So fordert der

BUND seit langem, durch Energiesparen den Endenergieverbrauch mindestens um die Hälfte zu senken, damit der Rest aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden kann – Studien des Umweltbundesamtes geben diesen Forderungen Recht.

Sollen die Ausrottung von immer mehr Arten beendet und unsere Naturräume geschützt werden, dann muss endlich der Flächenverbrauch für immer mehr Straßen-, Gewerbe- und Siedlungsflächen beendet und die Landwirtschaft natur- und tierwohlverträglich werden. Der Rohstoffverbrauch muss im Laufe dieses Jahrhunderts drastisch, z. B. um einen Faktor 10 oder mehr, reduziert werden – eine schnelle und massive Absenkung würde helfen die Klimakrise zu bewältigen, den Biodiversitätsverlust zu stoppen und den kommenden Generationen in allen Ländern gleiche Entwicklungschancen zu ermöglichen.

Stofflich und energetisch muss unser Wirtschaftssystem schlanker werden. Das ist eine große Herausforderung, aber es ist machbar. Jedoch wird die Bewältigung dieser Aufgabe unmöglich, wenn die Politik weiterhin dem Wirtschaftswachstum Vorrang vor der Bewahrung unserer Lebensgrundlagen gibt. Wachstumspolitik, ob erfolgreich oder nicht, ist der Treiber für Schäden an Natur und Umwelt – beispielsweise durch den Ausbau von Infrastruktur mit exzessivem Flächenverbrauch (Flughäfen, Straßen, Flussausbau), die Förderung einer exportorientierten Landwirtschaft mit viel zu hohem Tierbestand. Sie fordert und fördert Niedriglohnssektoren, Einkommenspolarisierung und eine globale Raubwirtschaft. Demokratische Entscheidungen und Bürger*innenmitsprache werden durch

Beschleunigungsgesetze und die Schwächung von Bürger*innenbeteiligung und die Klage-rechte der anerkannten Naturschutzverbände eingeschränkt, um die Wachstumsziele nicht zu gefährden. Auf allen Ebenen der Politik haben Regierungen, ideologisch getrieben von der neoliberalen Politikauffassung, den Demokratieabbau vorangetrieben, in dem Irrglauben das würde Prozesse beschleunigen und das Wachstum fördern.

Die notwendige sozial-ökologische Transformation bietet die Chance zu einem gerechten und weniger durch Egoismen, Konkurrenz und Ausbeutung bestimmten Leben im Einklang mit den planetaren Systemen. Wie notwendig eine solche Wende zum guten Leben ist, haben viele Mitbürger*innen erkannt, nicht zuletzt in der Pandemiekrise seit 2020. Viele Arbeitsverhältnisse und Lebensweisen werden sich ändern und ändern müssen, durch neue Technologien ebenso wie durch eine neue, nachhaltige Gestaltung für gute Erwerbs- wie Nichterwerbsarbeit. Das erfordert nicht nur neue Berufsbilder und Qualifikationen, sondern auch, dass Status, Bezahlung und soziale Sicherung in vielen Bereichen von Wirtschaft und Verwaltung verbessert werden.

Der BUND steht nicht nur für die ökologische, sondern auch für soziale, institutionelle und ökonomische Nachhaltigkeit – deshalb enthalten unsere Positionen immer auch Ansätze, die zu sozialer Gerechtigkeit, zu guter Arbeit und zu zukunftsfähigem Wirtschaften beitragen. Dabei blickt der BUND stets über den Teller- rand und entwickelt Perspektiven zusammen mit den Partnerorganisationen in unserem internationalen Netzwerk, Friends of the Earth Europe und Friends of the Earth International und anderen Organisationen der Zivilgesellschaft.

Der BUND ist parteipolitisch ungebunden und – darauf sind wir stolz – finanziell unabhängig

von staatlicher Finanzierung (er führt Projekte mit öffentlichen Mitteln durch, finanziert aber seine Kernaufgaben aus Mitglieder- und Spendenbeiträgen. Er nimmt weder Spenden aus der Wirtschaft an, noch geht er Partnerschaften mit kommerziellen Gruppen oder Organisationen ein. Dies gibt uns die Freiheit, die richtigen Partner zu wählen, z. B. Verbraucher-, Entwicklungs-, feministische oder Friedens-NGOs, Gewerkschaften und religiöse Organisationen.

Es gibt Alternativen zu einer Politik, die mit immer höherer Geschwindigkeit in die Sackgasse fährt! Solche Alternativen zeigt der BUND in den BUND-Positionen, die von den Bundesarbeitskreisen und vom Wissenschaftlichen Beirat des BUND erarbeitet sowie vom Bundesvorstand beschlossen werden. In den Bundesarbeitskreisen wird akademische und nichtakademische Expertise zusammengeführt, im wissenschaftlichen Beirat werden die Positionen von Expert*innen aus 20 Themenbereichen gemeinsam geprüft – der BUND praktiziert seit Jahrzehnten das Prinzip der transdisziplinären Wissenschaft. So basieren alle BUND-Positionen auf mehrfach und interdisziplinär geprüften aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und zeigen politische und gesellschaftliche Lösungswege auf. Jede dieser Positionen, auch die hier vorliegende, ist ein wichtiger Baustein im Gesamtbild des sozial-ökologischen Umbaus hin zu einer nachhaltigen Wirtschafts- und Lebensweise.

9b. Epilogue: BUND/FoE Germany and our BUND Positions

The world is facing immense ecological, social and societal challenges. BUND/Friends of the Earth Germany seeks and designs solutions that meet ecological and social sustainability criteria. As an environmental and nature conservation organisation, we fight in particular for compliance with the 1.5°C upper limit in the climate crisis and for climate justice, for an end to the extinction of species, and for the protection and appreciation of nature and biological diversity. We campaign for truly sustainable agriculture without genetic engineering, an immediate nuclear phase-out, and a reduction in resource consumption. BUND/FoE Germany campaigns aim to end the domestic and global dumping of industrial and household waste, the littering and poisoning of our environment with pesticides, countless pollutants and microplastics, among other things. As Germany's largest sustainability NGO, BUND/FoE Germany is committed to social and ecological justice, the fight against poverty, human rights and democracy. Our experience has taught us that you cannot have one without the other.

These goals cannot be achieved if only the environmentally and socially sustainable possibilities for increasing the resource use efficiency are exhausted. For an absolute reduction of our resource extraction from the environment, we also need sufficiency: we must not only consume differently, but also less. A sustainable change in the lifestyle of all citizens is not an individual responsibility, but a common and societal one. To promote the common good, we need not only more rights of participation for civil society, but above all we need a favourable political framework. For example, BUND/FoE Germany has long been calling for energy

conservation to reduce final energy consumption by at least half, so that the rest can be provided by renewable energies – studies by the Federal Environment Agency confirm these demands.

If the extinction of more and more species is to be stopped and our natural areas protected, then the consumption of land for more and more roads, commercial zones and residential areas must finally be stopped and agriculture must be made compatible with the environment and animal welfare. The consumption of raw materials must be drastically reduced in the course of this century, e.g. by a factor of 10 or more – a rapid and massive reduction would help to overcome the climate crisis, to stop the loss of biodiversity and to enable future generations in all countries to have equal development opportunities.

Our economic system must become leaner in terms of materials and energy. This is a great challenge, but it can be done. However, it will be impossible to accomplish this task if policy-makers continue to give priority to economic growth over the preservation of the basics of nature and human subsistence. Growth policy, whether succeeding in stimulating economic growth or not, is the driver of damage to nature and the environment – for example, through the expansion of infrastructure with excessive land consumption (airports, roads, river expansion), the promotion of export-oriented agriculture with far too many animals and much more. It demands and promotes low-wage sectors, income polarisation and a global predatory economy. Democratic decisions and citizen participation are restricted by regulations accelerating spatial planning

and the weakening of citizen participation and their right to bring government decisions to court, all in order not to endanger the growth targets. Governments on all levels, inspired by neoliberal policies, have enacted such regulations believing this would accelerate economic growth.

The necessary socio-ecological transformation offers the chance for a good life within the planetary boundaries, under living and working conditions with more justice and community spirit and less determined by egoism, competition and exploitation. Many of our fellow citizens have recognised how necessary such a turn towards the good life is, not least in the pandemic crisis since 2020 and the militarisation of public discourses since the 2022 Russian invasion of Ukraine. Many working conditions and lifestyles will change and have to change, through new technologies as well as through a new, sustainable design and new, sustainable forms of well-remunerated and voluntary work. This requires not only new job profiles and qualifications, but also that status, pay and social security are improved in many areas of the economy and administration.

BUND/FoE Germany stands not only for ecological, but also for social, institutional and economic sustainability – that is why our positions always include approaches that contribute to social justice, good work and sustainable economic activity. In doing so, BUND/FoE Germany always looks beyond the horizon and develops perspectives together with the partner organisations in our international network, Friends of the Earth Europe and Friends of the Earth International, and other civil society organisations sharing our vision. BUND/FoE Germany is not linked to any political party and – proudly – financially independent from government funding, and does neither accept business donations, nor enters partnerships with commercial groups or

entities. This gives us the freedom to choose the right partners among, for instance, consumer, development, feminist or peace NGOs, trade unions and religious organisations.

There are alternatives to a policy that is driving into a dead end at an ever increasing speed! BUND/FoE Germany presents such alternatives in the BUND Positions, which are developed by the 20 federal thematic working groups, refined by the BUND/FoE Germany Scientific Committee, and finally adopted by the Federal Board. Academic and non-academic expertise is brought together on an equal footing in the federal thematic working groups, and the draft Positions are jointly examined in the scientific advisory board by experts from 20 subject areas – BUND/FoE Germany has been practising the principles of inter- and transdisciplinary science for decades. Thus, all BUND Positions are based on socially robust and evidence based interdisciplinary scientific knowledge (not necessarily mainstream), providing the knowledge base for campaigning, public mobilisation, environmental education, political lobbying for political and social solutions to sustainability problems, and for managing high biodiversity value land owned or managed by BUND/FoE Germany. Each of these Positions, including the one presented here, is an important building block in the overall picture of the socio-ecological transformation towards a sustainable economy and way of life.

IMPRESSUM

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

Bundesgeschäftsstelle | Kaiserin-Augusta-Allee 5 | 10553 Berlin

Tel. +49 30 27586-40 | Fax +49 30 27586-440 | bund@bund.net

www.bund.net

Redaktion:

Joachim Spangenberg

Erarbeitet vom wissenschaftlichen Beirat des BUND, verabschiedet am 16.05.2024, freigegeben vom BUND-Vorstand am 08.03.2025.

V.i.S.d.P.: Nicole Anton

September 2025