

Kurzstudie:

Zukunftsfähige Bioökonomie

- Endbericht -

für den NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V.

Ulrike Eppler, Uwe R. Fritsche und Sina Ribak



Darmstadt, Berlin, März 2021

Inhaltsübersicht

Anlass, Zielsetzung und Überblick	1
1 Kurzanalyse und Synopse von Ansätzen zur Bioökonomie in Deutschland und der EU im Hinblick auf Nachhaltigkeitsfragen.....	2
1.1 Was ist Bioökonomie?	2
1.2 Der Stand der Forschung.....	5
1.3 Der Rechtsrahmen der Bioökonomie	6
2 Nachhaltigkeit und Bioökonomie	8
2.1 Die SDGs als normativer Rahmen.....	9
2.2 Transformation der SDGs	11
2.3 Die „planetaren Grenzen“	12
3 Nachhaltige Biomassepotenziale für die Bioökonomie in Deutschland, der EU und global.....	14
3.1 Landnutzung als Basis	14
3.2 Die Grenzen der Biomasse	19
3.3 Potenziale für Deutschland	20
3.4 Potenziale in der EU	26
3.5 Globale Potenziale	29
4 Konzeption zur nachhaltigen deutschen Bioökonomie im europäischen und globalen Kontext	32
4.1 Fünf Kernstrategien einer nachhaltigen Bioökonomie	32
4.2 Bioökonomisches Wissen für die Transformation	37
4.3 Nachhaltige Bioökonomie: Eine Gestaltungsaufgabe.....	37
4.4 Zum Konzept der „BioWEconomy“	38
4.5 Kultur und Kunst in der BioWEconomy	40
4.6 Nachhaltigkeits-Governance als Herausforderung.....	41
5 Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des Konzepts einer nachhaltigen Bioökonomie	43
5.1 Nachhaltigkeits-Governance für die Bioökonomie	43
5.2 Finanzierungsfragen	44
5.3 Ein Bioökonomie-Gesetz	44
5.4 Der Ernährungssystem-Land-Naturschutz-Nexus als Fokus	45
5.5 Umsetzung: Auf dem Weg zur BioWEconomy	45

Literaturverzeichnis..... 47

Anhänge..... 64

Anhang 1: Übersicht zur BÖ-Forschung65

Anhang 2: Der Rechtsrahmen der Bioökonomie und
Änderungsbedarfe.....78

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	Grundlogik der Bioökonomie	3
Bild 2	Wertschöpfung durch Bioökonomie: Mehr als Biomasse	4
Bild 3	Kaskadennutzung als Basis einer nachhaltigen Bioökonomie.....	4
Bild 4	Die Einbettung der Bioökonomie in die Gesamtwirtschaft.....	8
Bild 5	Die Verknüpfung von SDGs und Bioökonomie	10
Bild 6	Transformation des Säulenmodells der Nachhaltigkeit zur Einbettung und Berücksichtigung von Kultur und Kunst	11
Bild 7	Transformation der SDGs: Von Kästen zur Hochzeitstorte	12
Bild 8	Die planetaren Belastungsgrenzen	13
Bild 9	Nutzung der globalen Landoberfläche 2015 und Nutzungsintensitäten	14
Bild 10	Status planetarer Grenzen für Landnutzungsänderungen 1980-2006.....	15
Bild 11	Kontinentale Anteile an der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche.....	16
Bild 12	Globale und disaggregierte Szenario-Ergebnisse für HANPP	17
Bild 13	Flüsse innereuropäischer sowie ex- und importierter Biomasse nach Anwendungsfeldern in der EU im Jahr 2015	18
Bild 14	Flächennutzung in Deutschland	18
Bild 15	Entwicklung deutscher Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe	19
Bild 16	Biomasse und globales Energiesystem.....	20
Bild 17	Biomasse-Stoffströme in der deutschen Bioökonomie.....	21
Bild 18	Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern im Jahr 2019	22
Bild 20	Verteilung des EU-Biomassepotenzials bis 2030.....	28
Bild 21	Verteilung des EU-Biomassepotenzials aus der Landwirtschaft bis 2030 auf Länder.....	28
Bild 22	Verteilung des EU-Biomassepotenzials aus Holz bis 2030 auf Länder	29
Bild 23	Globale nachhaltige Biomassepotenziale aus Sicht der IEA	30
Bild 24	Globale nachhaltige Biomassepotenziale aus Sicht des WGBU	31
Bild 25	Die Kaskadennutzung von Holz in einer nachhaltigen Bioökonomie	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Heutige Biomassenutzung und nachhaltiges Potenzial in Deutschland.....	24
Tabelle 2	Heutige Biomassenutzung und nachhaltiges Potenzial in der EU28.....	26
Tabelle 3	Vergleich zwischen der "klassischen" Bioökonomie und der BioWEconomy	39
Tabelle 4	Übersicht zu Projekten im Bioökonomiekontext	65
Tabelle 5	Rechtsrahmen für Abfall in Deutschland.....	78
Tabelle 6	Rechtsrahmen für Bio-Plastik in Deutschland.....	80
Tabelle 7	Rechtsrahmen für Bauen in Deutschland.....	81
Tabelle 8	Rechtsrahmen für Fortwirtschaft in Deutschland	83
Tabelle 9	Rechtsrahmen für Energie in Deutschland.....	85
Tabelle 10	Rechtsrahmen für Vergaberecht in Deutschland	86
Tabelle 11	Rechtsrahmen für Landwirtschaft in Deutschland.....	87

Anlass, Zielsetzung und Überblick

Der Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU) beauftragte das Internationale Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) mit einer **Kurzstudie** über „*naturverträgliche und zukunftsfähige Bioökonomie*“, die als Grundlage für die NABU-interne Diskussion zur Strategiebildung dienen soll.

Als führender Natur- und Umweltschutzverband in der EU sucht der NABU einen konstruktiven Weg, um Leitplanken für die Umsetzung einer **naturverträglichen und zukunftsfähigen Bioökonomie** innerhalb planetarer Grenzen zu erarbeiten.

Als Grundlage der weiteren Diskussionen innerhalb und außerhalb des NABU entwickelt die vorliegende Kurzstudie ein entsprechendes Konzept auf Basis von Fakten und Abwägungen aus Sicht der Wissenschaft. Dies ist kein „perfektes System“, sondern liefert Grundlagen und – darauf aufbauend – eine erste Konzeption.

- Im Kapitel 1 erfolgt eine kurze Analyse und Synopse relevanter Ansätze zur Bioökonomie in Deutschland und der EU im Hinblick auf Nachhaltigkeitsfragen
- Kapitel 2 gibt eine knappe Einführung zur Diskussion um Nachhaltigkeit und Bioökonomie
- Kapitel 3 umfasst eine zusammenfassende Darstellung der nachhaltig verfügbaren Potenziale an Land und Biomasse für die Bioökonomie in Deutschland und der EU sowie für die globale Ebene.
- In Kapitel 4 wird die Konzeption zur nachhaltigen deutschen Bioökonomie im europäischen und globalen Kontext entwickelt.
- Das abschließende Kapitel 5 gibt Umsetzungsempfehlungen zum Konzept der nachhaltigen Bioökonomie für den NABU.

Die Anhänge geben detaillierte Darstellungen zu Aspekten der Kapitel 1 bis 4.

Hinweis:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Angebot in der Regel die männliche Schreibweise verwendet. Wir weisen an dieser Stelle ausdrücklich darauf hin, dass sowohl die männliche als auch die weibliche Schreibweise für die entsprechenden Beiträge gemeint ist und alle Personen gleichberechtigt angesprochen werden.

1 Kurzanalyse und Synopse von Ansätzen zur Bioökonomie in Deutschland und der EU im Hinblick auf Nachhaltigkeitsfragen

1.1 Was ist Bioökonomie?

Der Begriff Bioökonomie – frei eingedeutscht: **Lebenswirtschaft** – geht auf Nicholas Georgescu-Roegen zurück, der den Begriff für eine radikal ökologische Perspektive auf die Wirtschaft in den 1970er und 1980er Jahren entwickelte¹.

In den 2000er Jahren wurde der Begriff breit aufgegriffen.

„In der Definition der Bundesregierung umfasst die Bioökonomie 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“ (BuReg 2020).

Die EU definiert die Bioökonomie wie folgt:

"Sie umfasst alle Sektoren und Systeme, die auf biologischen Ressourcen (Pflanzen, Mikroorganismen und daraus entstehender Biomasse, einschließlich organischer Abfälle) beruhen, sowie deren Funktionen und Prinzipien. Sie umfasst und verknüpft

- Land- und Meeresökosysteme und die von ihnen erbrachten Leistungen

- alle primären Produktionssektoren, die biologische Ressourcen nutzen und produzieren (Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur)

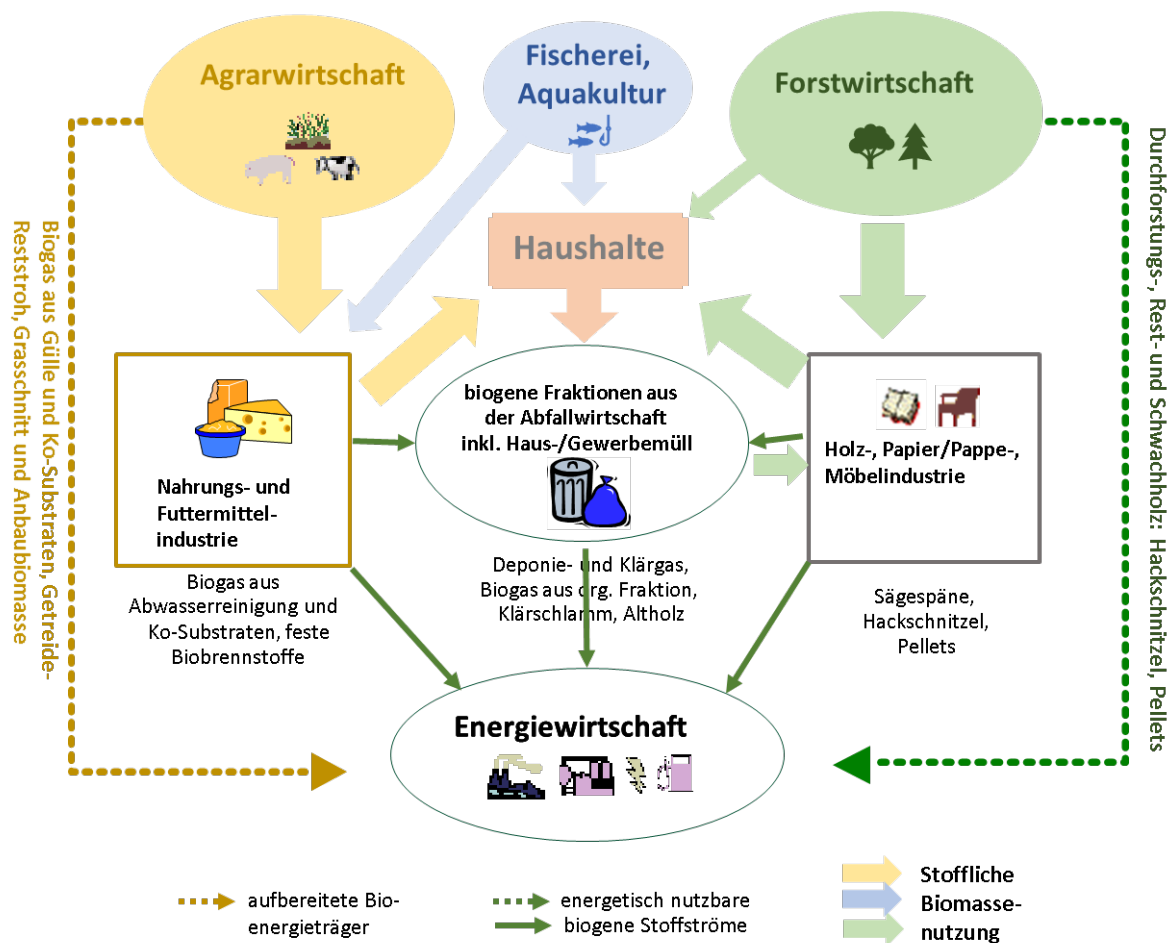
- und alle Wirtschafts- und Industriesektoren, die biologische Ressourcen und Prozesse nutzen, um Lebensmittel, Futtermittel, biobasierte Produkte, Energie und Dienstleistungen zu produzieren." (eigene Übersetzung aus EC 2018a)

Diese Definitionen werden nicht von allen geteilt – einige Länder fokussieren auf ökonomische Aspekte, andere auf „neue“ bioökonomische Produkte (z.B. Bio-kraftstoffe, Bioplastik) – eine internationale Definition fehlt bislang.

Dessen ungeachtet zeigt das folgende Schema, was unter Bioökonomie generell zu verstehen ist.

¹ Siehe Georgescu-Roegen (1979) und für eine deutsche Übersetzung IÖW (1987) sowie zur Diskussion seiner Arbeiten z.B. Gowdy & Mesner (1998); Mayum (2001+2009).

Bild 1 Grundlogik der Bioökonomie



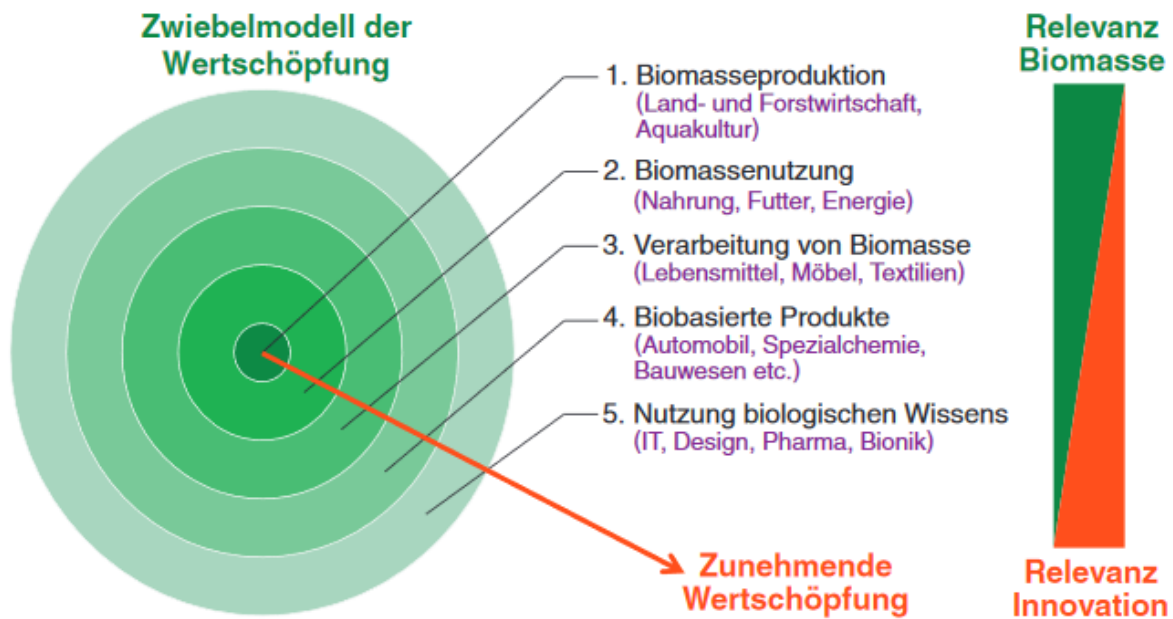
Quelle: eigene Darstellung; breite Pfeile im oberen Bereich = stoffliche Nutzung (inkl. Futter- und Nahrungsmittel), schmalere und gepunktete Pfeile = energetische Nutzung

Die Basis der Bioökonomie sind demnach Agrar-, Fischerei- und Forstwirtschaft, die biogene Roh- und Reststoffe als Ausgangspunkt der Wertschöpfungskette bereitstellen. Sie umfasst aber auch die Verarbeitung zu Bio-Produkten und biogenen Dienstleistungen (siehe Bild 2).

Das vom Bioökonomierat verwendete Zwiebelmodell (Bild 2) zeigt, dass mit jedem Schritt in der Verarbeitungskette von der Biomassenutzung und Verarbeitung, über die Herstellung biobasierter Produkte hin zur Nutzung biologischen Wissens die Wertschöpfung steigt.

Demnach sind die Produktion von Wissen, neuen Technologien und Verarbeitungsschritten, die sowohl Klima - als auch Naturschutz berücksichtigen, für die Entwicklung einer naturverträglichen Bioökonomie entscheidend (Jessel 2019).

Bild 2 Wertschöpfung durch Bioökonomie: Mehr als Biomasse



Quelle: Jessel (2019)

Zentral für eine nachhaltige Bioökonomie ist zudem das Konzept der Kaskadennutzung (siehe folgendes Bild), nach dem die „stoffliche“ Nutzung von Biomasse (inklusive Ernährung) **Priorität vor der energetischen** hat und so dem Gedanken der Kreislaufwirtschaft entspricht.

Bild 3 Kaskadennutzung als Basis einer nachhaltigen Bioökonomie

Biogene Rohstoffe



Nahrung & hochwertige stoffliche Produkte



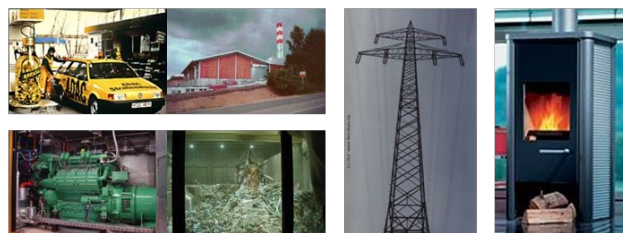
Priorität

Rest- und Abfallstoffe



Recycling

Ende der Kaskade: Energienutzung



Quelle: eigene Darstellung

1.2 Der Stand der Forschung

Die deutsche Bioökonomie-Forschung ist umfangreich und divers. Einen strukturierten Überblick geben Purkus & Jähkel (2018). Im Wissenschaftsjahr Bioökonomie 2020/2021 wurden weitere Forschungsprojekte gefördert. Neben traditionell naturwissenschaftlich-technischen bzw. ökonomischen Institutionen forschen nun auch geistes- und sozialwissenschaftliche, die den Bioökonomiekontext um notwendige **soziokulturelle** Dimensionen erweitern.

Die Nationale Bioökonomiestrategie äußerte zur Forschungsförderung:

“Die komplexen und über Disziplingrenzen hinausgehenden bioökonomischen Fragestellungen brauchen eine neue Qualität des systemischen Denkens und Handelns. [...] Die Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit wird nicht allein technisch gelingen [...] Ein grundlegendes Verständnis für systemische Zusammenhänge und den globalen Wandel ist deshalb Voraussetzung für Lösungsstrategien, in die technologische Innovationen sinnvoll und erfolgreich eingebettet sind. Um diese gesellschaftlichen Transformationsprozesse und den sozio-technischen Wandel zu verstehen, bedarf es vermehrter sozial-, politik- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung.” (BuReg 2020, S. 21-22)

Eine für den NABU relevante Auswahl einiger Bioökonomieforschungsvorhaben und deren Ansätze sind als Übersicht in Tabelle 3 im Anhang zusammengestellt. Die Forschungsprojekte nehmen unterschiedliche **Perspektiven** ein:

- Politische und Verhaltensökonomie, Handels- und Finanzpolitik
- Entwicklungspolitik und ländliche Entwicklung (BE-Rural)
- Ökologisch und systemisch, Einhaltung der SDGs, Zirkularität, Transformationspfade
- Gestalterisch/Design, Materialität und Konstruktivismus

All diese unterschiedlichen, teils stark interdisziplinären Blicke von innen und außen auf die Bioökonomie sind notwendig, da der Bioökonomiekontext in alle Gesellschaftsbereiche hineinreicht. In aktuelleren Projekten zeigt sich der Wandel vom klassischen Blick auf die Wirtschaft bzw. auf Zielkonflikte hin zu komplexeren Ansätzen.

Viele Forschungsprojekte gehen dabei analytisch vor, teils verknüpft mit Modellierungen oder komplett basierend auf Modellen und Szenarien. Während einige verschiedene Pfadentwicklungen vergleichen, um Aussagen zu treffen, wie diese mit heutigen Material- und Lieferketten übereinkommen, analysieren andere die (gesellschaftlichen) Bedingungen der bioökonomischen Transformation bzw. Ungleichheiten in Partizipation und Gestaltung dieser Transformation.

Die Maßstäbe der Forschungsvorhaben reichen von der (landwirtschaftlichen) Betriebsebene über Regionen, Staaten oder Staatengemeinschaften bis zu Produktionsnetzwerken, globalen Lieferketten bzw. der Weltwirtschaft.

Die **Kreislaufwirtschaft** ist bei zwei Projekten zentrales Thema, wobei die erstrebte Zirkularität sowohl Grundlage bioökonomischer Transformationsstrategien sein kann als auch Werkzeug einer transformativen Governance.

Die Verfügbarkeit von Biomasse und Land sowie Landnutzungsänderungen sind offensichtlich zentrale Themen der BÖ-Forschung.

„Land ist ein globales Gemeingut.“ (WBGU 2020, S. 24)

Damit verdeutlicht der WBGU (wie auch schon Creutzig 2017), dass sowohl die planetaren Grenzen als auch die globale Gerechtigkeit gleichzeitig im Blick bleiben müssen, um die globalen Nachhaltigkeits- und Klimaziele zu erreichen.

*“Die wesentlichen, vom WBGU im Gutachten dargelegten Strategien und Governance-Erfordernisse können durch die Begriffe **systemisch**, **synergistisch** und **solidarisch** charakterisiert werden.“ (WBGU 2020, S. 24.)*

Es bleibt zu beobachten in welchem Ausmaß (Anzahl und finanzieller Umfang) die Bioökonomieforschungsprojekte dieser WBGU-Sichtweise entsprechen. Bezogen auf die in **Anhang 1** vorgestellte Auswahl sind nur wenige Projekte ‚systemisch, synergistisch und solidarisch‘.

1.3 Der Rechtsrahmen der Bioökonomie

Es gibt bislang **kein spezifisches** Bioökonomie-Recht (Mittelstädt & Zeug 2019). Den Rechtsrahmen der Bioökonomie bildet eine Vielzahl an Rechtsbereichen, die bereits länger bestehen als das Konzept der Bioökonomie und z.B. Regelungen für Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Kreislaufwirtschaft, Energie, Bauwesen, Finanzsektor, Handel, Vergaberecht und Abfall betreffen.

Der Rechtsrahmen dehnt sich über die internationale, EU- und nationale Ebene aus, mit Unterschieden in der Verbindlichkeit (verbindlich, bedarf der Implementierung bzw. unverbindlich). Zudem ist Bioökonomie sektorübergreifend und bedarf daher der politisch-rechtlichen **Integration** (Fritsche et al. 2020).

Spangenberg & Kuhlmann (2020) verweisen auf bereits etablierte Rahmenbedingungen und Standards für die Biomasseproduktion: So gibt es zum Schutz der biologischen Vielfalt Restriktionen bei Flächen und deren Bewirtschaftungsformen. Diese sollten verbindlich in Rechtsvorschriften im Umweltordnungs- und Planungsrecht geregelt bzw. sichergestellt werden durch die Schaffung hinreichend starker Preissignale bzw. finanzieller Anreize gegen die Beeinträchtigung oder Zerstörung und für die Erhaltung von Ökosystemen und der Ernährungssicherheit. Obwohl Ernährungssicherheit Bestandteil der Bioökonomiestrategie ist, werden bislang keine Instrumente zu ihrer Umsetzung benannt.

Auch gibt es keine verbindlichen globalen Steuerungsmöglichkeiten zum Schutz der Umwelt.

Die internationale Harmonisierung von Rahmenbedingungen und Zielen im nachhaltigen Umgang mit Land ist erforderlich.

Staaten können hierbei auch ihrer Vorbildwirkung nachkommen, da sie als Eigentümer großer Flächen und als große Ressourcenverbraucher (Öffentliche Beschaffung, Öffentliches Bauwesen und Infrastruktur) unmittelbaren Einfluss auf die Nutzung von Land und Ökosystemen haben (WBGU 2020).

Mittelstädt & Zeug (2019) untersuchten die Bioökonomie auf ihre rechtlichen Rahmenbedingungen, ermittelten fördernde oder hemmende Effekte für fünf Schwerpunkte der Bioökonomie (Abfall, Bauen, Bioplastik, Energie, Holz).

Diese müssen **aktualisiert und ergänzt** werden um die Bereiche:

- Biotechnologie/Gentechnik – die EU-Gentechnik-Gesetze werden ab April 2021 im Hinblick auf Aktualisierung diskutiert
- Handel und Finanzen – die EU Taxonomy ist in Bezug auf die Konkretisierung (delegated act) in der Diskussion.

Im **Anhang 2 sind Details** zum aktuellen Rechtsrahmen zu finden und jeweils kurz die Änderungsbedarfe diskutiert.

Es ergibt sich hieraus, das in der nächsten Zukunft einige wichtige Regelungen überarbeitet werden – insbesondere auf EU-Ebene – und hieraus leitet sich Handlungsbedarf ab (vgl. Kapitel 5.1-5.3).

Die vorliegende Kurzstudie hatte nicht zur Aufgabe, entsprechende konkrete Novellierungsaspekte zu untersuchen oder vorzuschlagen, sondern die relevanten Rechtsakte zu identifizieren.

Eine Ausarbeitung von Vorschlägen zu den erforderlichen Änderungen bleibt weiteren Arbeiten vorbehalten, die insbesondere die o.g. Aktualisierungsnotwendigkeiten betreffen sollten.

2 Nachhaltigkeit und Bioökonomie

Um die bioökonomische Nachhaltigkeit zu analysieren, zu bewerten und zu überwachen, sind Wechselwirkungen mit der fossilen, mineralischen und erneuerbaren Wirtschaft sowie Beiträge der Bioökonomie zu **Ökosystemleistungen** und Substitutionseffekte durch Ersatz nichtbiogener Produkte aus andere Teilen der Wirtschaft wichtig.

Die Einbettung der Bioökonomie in die Gesamtwirtschaft zeigt folgendes Bild in vereinfachter Form².

Bild 4 Die Einbettung der Bioökonomie in die Gesamtwirtschaft



Quelle: Eigene Übersetzung nach Fritsche et al. (2020); gelb und grün schattierte Wolken repräsentieren die erneuerbare Wirtschaft, die grün schattierte Wolke die Bioökonomie (als Teil der erneuerbaren Wirtschaft); die rechte Seite zeigt Outputs zur Gesellschaft (Produkte und Dienstleistungen); Pfeile = Outputs; Doppelpfeile = Substitutionsbeziehungen

Hier ist zu beachten, dass die Bioökonomie das **einzigste** System ist, das Futter- und Lebensmittel sowie Ökosystemleistungen (Bestäubung, C-Speicherung, Erholung, genetische Diversität, Luftfiltration, Mikroklimaregulierung, Wasserhaltung usw.) bereitstellt, d. h. für diese gibt es derzeit³ keinen „Ersatz“.

² Zur Vereinfachung sind die räumliche und zeitliche Dimension nicht dargestellt, da dies zwei weitere Dimensionen erfordern würde. Eine vierdimensionale Struktur kann nicht sinnvoll auf eine zweidimensionale Ebene projiziert werden.

³ Künftig **könnte** eine erneuerbare Kohlenstoffwirtschaft über „grünen“ Wasserstoff und CO₂ praktisch alle heutigen biogenen Produkte ersetzen und (z.T. robotische) molekulare Technologien auch Ökosystemdienstleistungen erbringen. Dieses „e-world“ Narrativ hat jedoch viele offene Fragen und eine Hybridisierung mit der Bioökonomie ist wahrscheinlich, vgl. Fritsche et al. (2020).

2.1 Die SDGs als normativer Rahmen

Die Bedingungen einer nachhaltigen Bioökonomie beziehen sich auf das Konzept der **Nachhaltigkeit**, das ursprünglich aus der Forstwirtschaft stammt⁴. Der heute verwendete umfassendere Begriff **Nachhaltige Entwicklung** beruht auf dem Bericht der World Commission on Environment and Development:

„Nachhaltig ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“ (eigene Übersetzung nach WCED 1987)

Im Jahr 1992 beschloss die UN-Konferenz zu Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro die sog. **Rio-Deklaration** mit dem Leitbild „nachhaltige Entwicklung“ (*sustainable development*). Diese formuliert die **gemeinsame** Verantwortung, die Ressourcen der Erde künftig so zu nutzen, dass alle Länder gerechte Entwicklungschancen erhalten, ohne Entfaltungschancen künftiger Generationen zu schmälern (UNCED 1992).

Im September 2015 einigten sich die UN auf die **Agenda 2030** mit 17 **Sustainable Development Goals** (SDGs), die für alle Staaten gelten und bis 2030 umzusetzen sind (UN 2015a). Mehrere SDGs haben direkte Relevanz für die Bioökonomie (vgl. Bild 4):

- Ziel 2: Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern
- Ziel 6: Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten
- Ziel 7: Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher und nachhaltiger Energie für alle sichern
- Ziel 8: Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
- Ziel 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur
- Ziel 11: Nachhaltige Städte und Gemeinden
- Ziel 12: Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen
- Ziel 13: Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen
- Ziel 14: Schutz und nachhaltige Nutzung der Ozeane und mariner Ressourcen
- Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen.

⁴ Der sächsische Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz bezeichnete damit schon im 18. Jahrhundert die Regel, dass nur so viel Holz geschlagen werden darf, wie durch Aufforstung nachwächst.

Diese Ziele haben auch Querverbindungen untereinander und zu anderen SDGs (Fritsche & Iriarte 2015; Fritsche & Eppler 2018; Soest et al. 2019).

Auch wenn die Agenda 2030 und die SDGs die Bioökonomie nicht explizit benennen, bilden sie den **normativen Rahmen**, innerhalb dessen sich eine nachhaltige zirkuläre Bioökonomie entwickeln kann.

Bild 5 Die Verknüpfung von SDGs und Bioökonomie



Quelle: eigene Darstellung und Übersetzung nach Fritsche & Iriarte (2015)

Die Bundesregierung sieht die Bioökonomie als wichtigen Bestandteil der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie an (BuReg 2020).

Bioökonomie soll zum Klimaschutz, zur Diversifizierung der Rohstoffbasis und Entwicklung eines nachhaltigen ressourceneffizienten Wirtschaftssystems beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit verbessern, die Wertschöpfung steigern und im ländlichen Raum Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen⁵.

Gleichzeitig ist zu vermeiden, dass Bioökonomie in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion tritt, Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität gefährdet oder Luft- und Wasserqualität verschlechtert.

Hierzu gibt es mittlerweile **Monitoringsysteme** sowohl in Deutschland (Bringezu et al. 2020) als auch für die EU (JRC 2020a+b)⁶, auf globaler Ebene werden sie derzeit entwickelt (FAO 2019; IACGB 2020).

⁵ Zu einer kritischen Würdigung der deutschen Bioökonomie-Strategie siehe z.B. ZAB (2019).

⁶ Siehe online unter https://ec.europa.eu/knowledge4policy/bioeconomy/monitoring_en

Die im März 2021 veröffentlichte „Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DNS). Weiterentwicklung 2021“ greift das Prinzip Bioökonomie auf und bindet es in diverse Umsetzungen ein, z.B. die Kreislaufwirtschaft (BuReg 2021). Jedoch kann man bei diesem Update der DNS noch nicht davon sprechen, dass die Bioökonomiestrategie prominent gesetzt wird und mit anderen Politiken und Maßnahmen gut verknüpft oder gar integriert ist. So wird in Kapitel B: „Zur Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie“ gar nicht auf das Konzept, die Strategie oder den neu berufenen Bioökonomierat Bezug genommen.

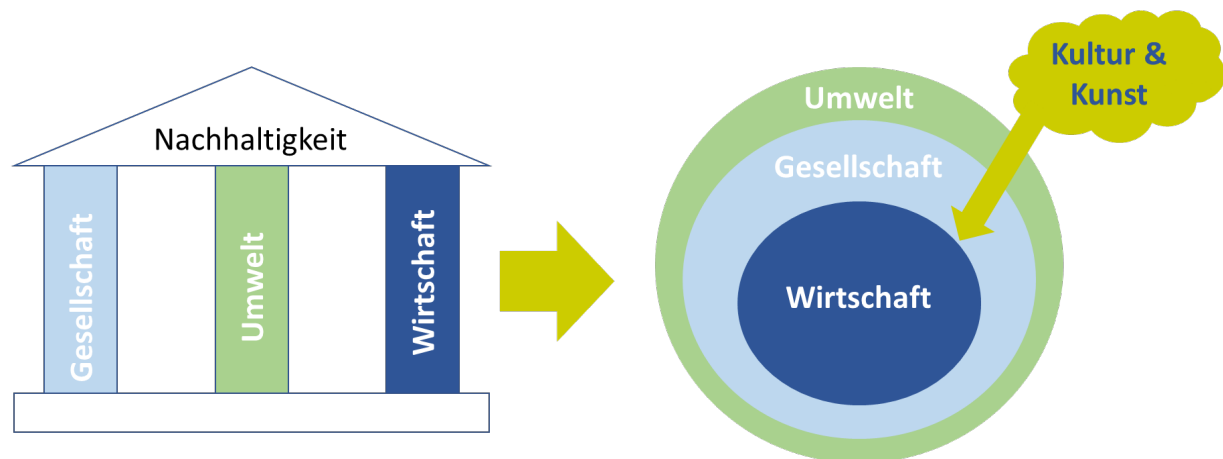
2.2 Transformation der SDGs

Die globalen Herausforderungen wie Klimawandel und Artenverlust erfordern, die **Säulen**-Definition der Nachhaltigkeit zu **transformieren**:

Anstelle der **nebeneinander** stehenden Säulen muss eine **integrierte** Sicht treten mit der Umwelt als übergreifendem System, darin eingebetteter Gesellschaft und der Verortung der Wirtschaft **innerhalb** der Gesellschaft (Göpel 2016).

Ergänzend ist die Rolle von Kultur und Kunst an der Schnittstelle von Gesellschaft und Wirtschaft zu beachten (vgl. näher Kapitel 4.5), wie folgendes Bild schematisch zeigt.

Bild 6 Transformation des Säulenmodells der Nachhaltigkeit zur Einbettung und Berücksichtigung von Kultur und Kunst

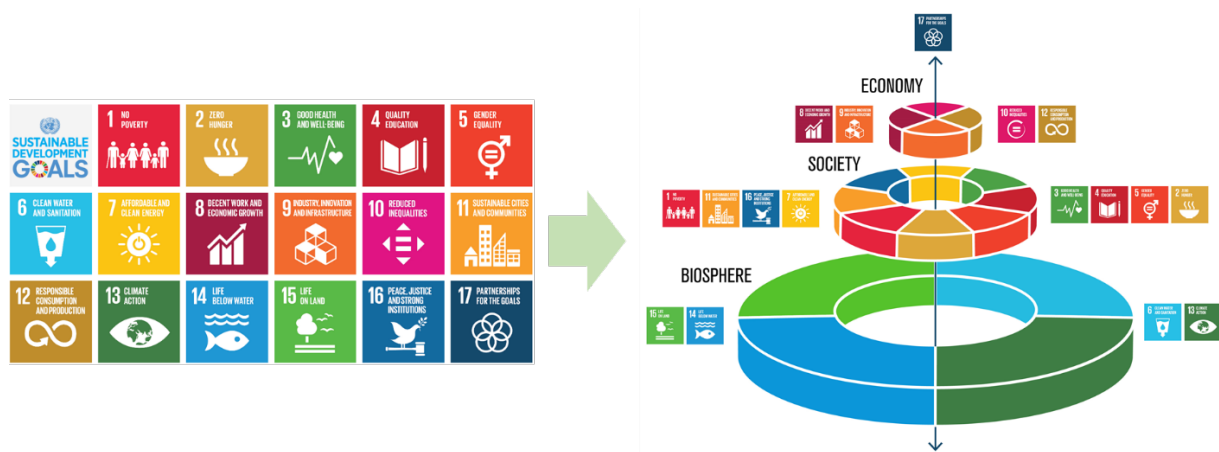


Quelle: Eigene Übersetzung nach Fritsche et al. (2020), basierend auf Göpel (2016)

Dies bedeutet, auch die SDGs anders anzuordnen:

Statt einer Reihe von „Kästen“ müssen sie als **geschichtete „Torte“** verstanden werden, wie folgendes Bild zeigt.

Bild 7 Transformation der SDGs: Von Kästen zur Hochzeitstorte



Quelle: Fritsche et al. (2020), basierend auf UN (2015) and Rockström & Sukhdev (2016)

Die EU-Bioökonomie-Strategie (EC 2018a+b) bezieht sich bereits auf diese Logik der Nachhaltigkeit, aber die Konsequenzen dieses Konzepts gehen weiter:

"Die Erreichung der SDGs erfordert tiefgreifende, zielgerichtete Systemtransformationen, die unter Einbeziehung aller Sektoren der Gesellschaft sorgfältig geplant werden müssen. Marktkräfte allein werden die SDGs nicht erreichen. Stattdessen sind gezielte Transformationen erforderlich, um die Technologien zu entwickeln, öffentliche und private Investitionen zu fördern und angemessene Steuerungsmechanismen zu gewährleisten, die zur Erreichung der zeitgebundenen Ziele erforderlich sind." (eigene Übersetzung nach OECD & SDSN 2019, S. 3)

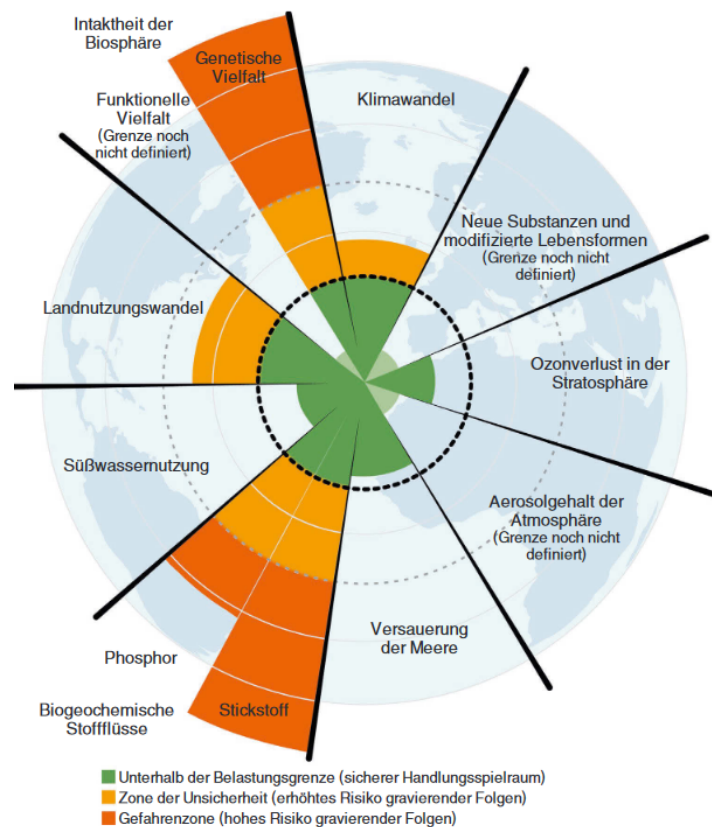
Dies impliziert **aktive** Rollen für Menschen eingedenk ihrer Fähigkeiten, über Transformation zu denken und zu sprechen. Diese **future literacy** (Göpel 2016) ist für den Wandel von einer substitutiven zur **transformativen** Bioökonomie notwendig, um die „große Transformation“ (WBGU 2011) zu verwirklichen.

2.3 Die „planetaren Grenzen“

Die Biosphäre als Grundlage der Gesellschaft, in die die Wirtschaft eingebettet ist, hat **Grenzen** im Sinne endlicher Kapazität für Stoffab- und -aufbau und Stabilität der Vernetzung zwischen Lebewesen, Ökosystemen und Stoffkreisläufen.

Wie innerhalb planetarer Grenzen gelebt und die Wirtschaft auf gesellschaftliche Bedürfnisse hin ausgerichtet werden kann (und nicht umgekehrt), ist die **Grundfrage** einer nachhaltigen Bioökonomie (Möller et al. 2020).

Bild 8 Die planetaren Belastungsgrenzen



Quelle: Jessel (2019), basierend auf Steffen et al. (2015a)

Die Diskussion um planetare Grenzen dauert schon über eine Dekade⁷. Sie führte bei allem Dissens zur Annäherung dahingehend, dass zwar **mögliche** planetare Grenzen wissenschaftlich ermittelt, aber nur im **gesellschaftlichen** Diskurs unter Einbeziehung von Verteilungsfragen verhandelt werden können⁸. Das Pariser Klimaabkommen von 2015, die Biodiversitätskonvention mit ihren Protokollen und die Debatte um Landnutzung (Creutzig 2017; Fritsche et al. 2015; WBGU 2020) zeigen, dass Nutzungsgrenzen globaler Gemeingüter durchaus multilateral **politisch verhandelbar** sind – aber auch, dass ihre nationale Umsetzung durch die jeweilige Gesellschaft (Kultur und Naturverständnis), endogene Naturpotenziale und ökonomische Orientierung geprägt wird. Wie bei den SDGs ist der internationale **Handel** relevant, da Ex- und Importe die Verantwortlichkeiten für eine Überschreitung der planetaren Grenzen **globalisieren** und so der gesellschaftlich-politischen Kontrolle durch Einzelstaaten entziehen – es gibt bislang keine globale Governance zur Einhaltung der planetaren Grenzen⁹.

⁷ Siehe insbesondere Rockström et al. (2009a+b) sowie Steffen et al. (2011) und Steffen & Smith (2013).

⁸ Siehe dazu näher insb. Biermann & Kim (2020); Downing et al. (2019); Häyhä et al. (2016); Keppner et al. (2020); Montoya, Donohue & Pimm (2018a+b); O'Neill et al. (2018); Pickering & Persson (2020); Randers et al. (2018); Rockström et al. (2018); SRU (2019) sowie Steffen et al. (2015a+b).

⁹ Dies gilt entsprechend auch für die Bioökonomie, vgl. Kapitel 4.6

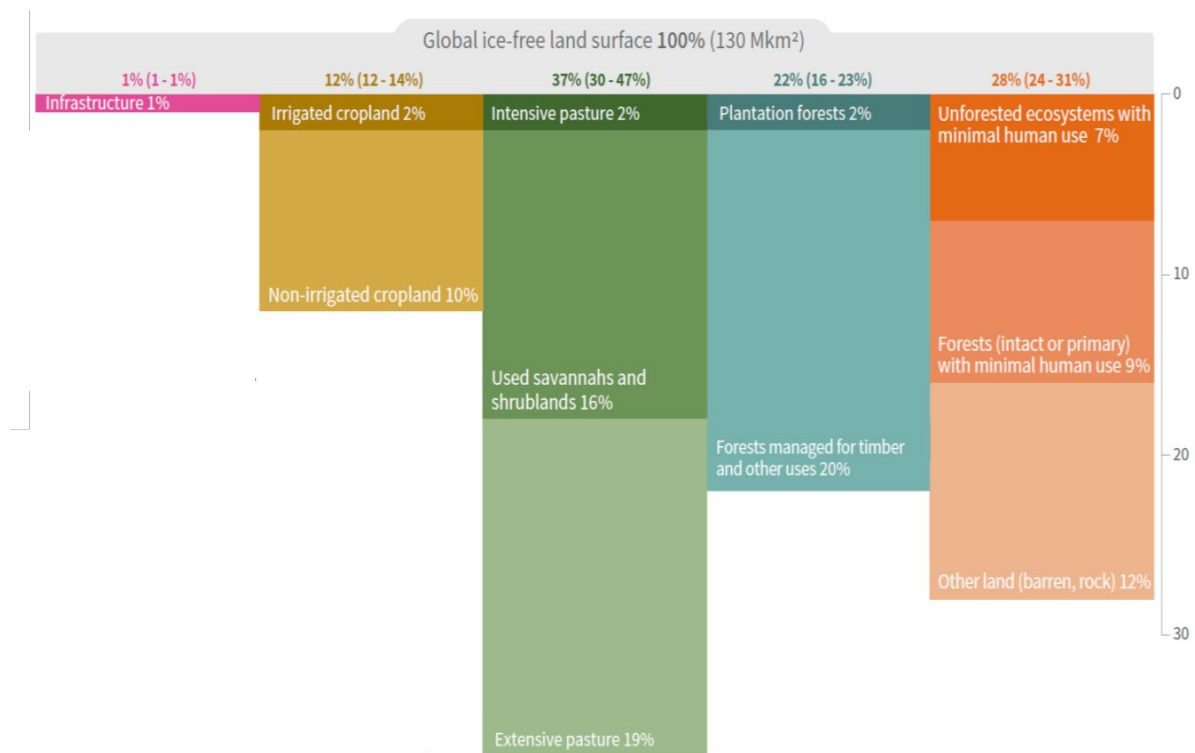
3 Nachhaltige Biomassepotenziale für die Bioökonomie in Deutschland, der EU und global

3.1 Landnutzung als Basis

Seit jeher beeinflussen Menschen das Land, vor allem durch Entwaldung für Ackerflächen, Tierhaltung, Ressourcenentnahmen sowie Besiedlung. Ausmaß und Geschwindigkeit von Landnutzungsänderungen stiegen jedoch aufgrund von Bevölkerungswachstum und veränderter landwirtschaftlicher Praktiken seit dem 18. Jahrhundert steil an (Ellies 2011; WBGU 2011). Seit den 1950er Jahren wurden verstärkt Grünland und Wald in Ackerflächen umgewandelt, um den durch wachsende Bevölkerung, Wandel von Ernährungsgewohnheiten und energetische sowie stoffliche Biomassenutzung steigenden Bedarf zu decken (Fritzsche et al. 2015; WBGU 2020).

Nach IPCC (2019) beträgt die eisfreie (ohne Gletscher usw.) Landoberfläche der Welt 13 Mrd. Hektar, davon sind – nach **absteigender Nutzungsintensität** – etwa 1% durch Infrastrukturen belegt, während 49% landwirtschaftlich genutzt werden (12% Ackerland, 37% Grünland). Nur knapp 6% des Grünlands sind intensiv genutzt (2% der globalen Landfläche), der überwiegende Anteil des Grünlands sind extensive Flächen und Savannen.

Bild 9 Nutzung der globalen Landoberfläche 2015 und Nutzungsintensitäten

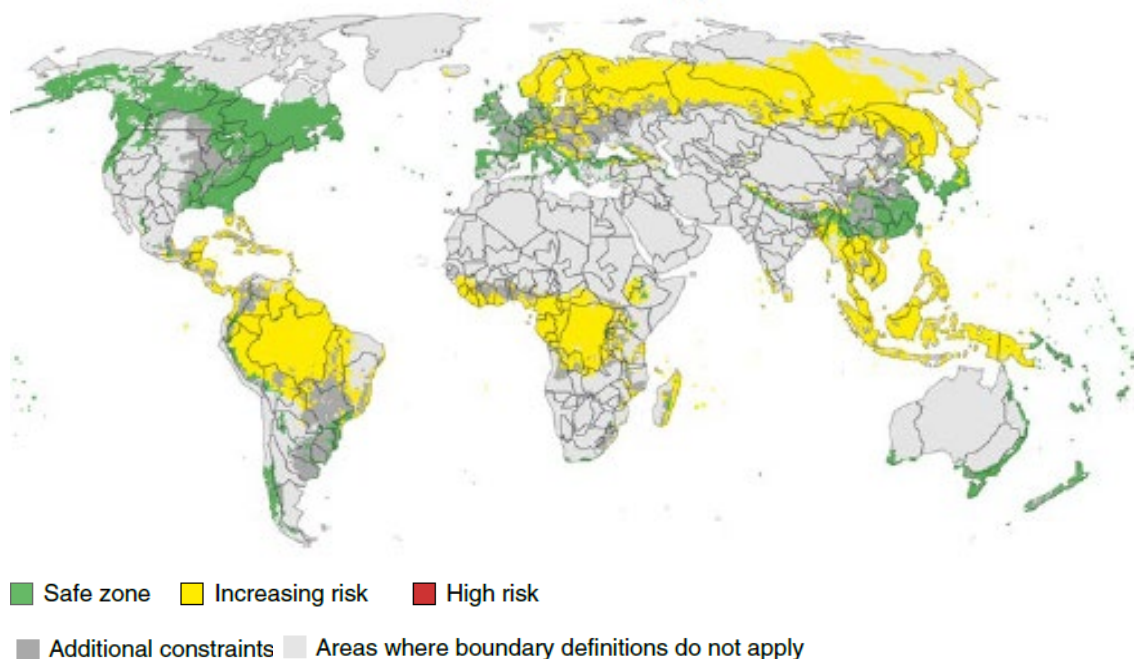


Quelle: IPCC (2019)

Auf rund 90 % der Ackerflächen werden Nahrungs- (19%) und Futtermittel (69%) angebaut, 10% dienen der stofflichen und energetischen Biomassenutzung (FAOSTAT 2020). Bei den Flächenanteilen für Bioenergie bzw. -materialien ist zu beachten, dass nur die Anteile dargestellt sind, die **agrarischen** Ursprungs sind¹⁰. Hier sind **Nutzungskonkurrenzen** relevant, die neben Biodiversität vor allem Nahrungs- und Futtermittel betreffen: Wird Biomasse für Bioenergie oder Bio-materialien angebaut, kann es zur **Verdrängung** bisheriger Nutzungen (Futter- und Nahrungsmittel) kommen. Diese **indirekten** Effekte wirken stark auf Treibhausgasbilanzen, wenn verdrängte Nahrungsmittel auf anderen Flächen angebaut werden und dort zu Entwaldung führen. Neben solchen nachteiligen Effekten auf das Klima kann es auch zu einer Intensivierung vormals ungenutzter oder extensiv genutzter ökologisch wertvoller Flächen kommen.

Das Risiko, planetare Grenzen (vgl. Kapitel 2.3) durch Landnutzungsänderungen zu überschreiten, ist regional stark unterschiedlich (Bild 10). Im Amazonas, Kongo sowie weiten Teilen Sibiriens und Südostasiens steigt das Risiko, was sich aus Daten zur die Entwicklung nach 2006 bis heute belegen lässt¹¹. Da diese Regionen gleichzeitig Heimat vieler endemischer Arten sind, hohe Kohlenstoffinventare aufweisen und dort viele indigene Völker leben, ist dies ein signifikantes Problem der globalen Nachhaltigkeit.

Bild 10 Status planetarer Grenzen für Landnutzungsänderungen 1980-2006



Quelle: Gerten et al. (2020)

¹⁰ Eine erweiterte Betrachtung der Flächennutzungsanteile der durch energetische und stoffliche Biomassenutzung in Anspruch genommenen Wälder findet sich in Fritzsche & Gress (2021).

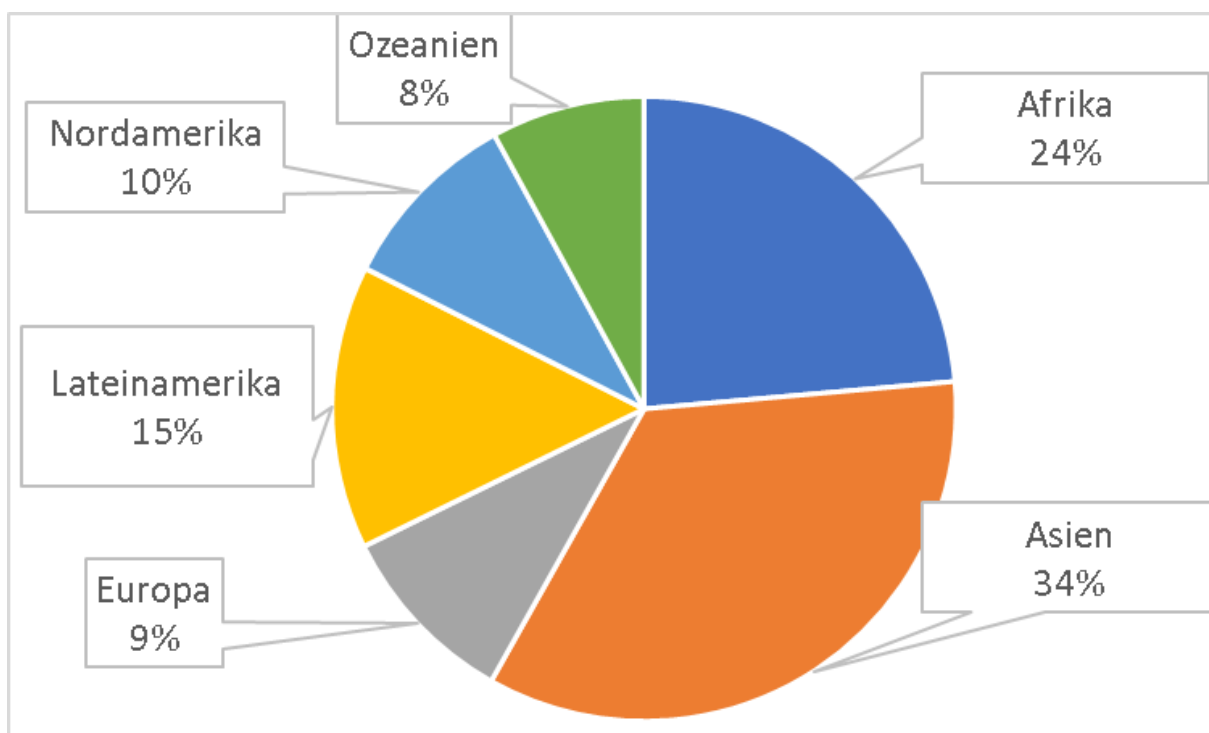
¹¹ Vgl. dazu COWI (2018) sowie Datenquellen wie <https://landportal.org/>

3.1.1 Globale Flächennutzung für Ernährung

Die Landwirtschaft auf Acker- und Grünland spielt eine **dominante** Rolle in der globalen Landnutzung. Ihre regionale Verteilung im Hinblick auf die Nutzung zur **direkten** menschlichen Ernährung (Getreide, Gemüse, Obst, Reis usw.) bzw. zur **indirekten** (über Tierfutter) ist regional sehr unterschiedlich (Katsikis 2019).

Landwirtschaft zur **direkten** menschlichen Ernährung findet vorwiegend in (Süd)Asien und Afrika statt, während in Amerika und Europa die Landnutzung zur **Viehfütterung** dominiert. Auch bei der Verteilung der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche gibt es starke regionale Unterschiede (Bild 11).

Bild 11 Kontinentale Anteile an der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche



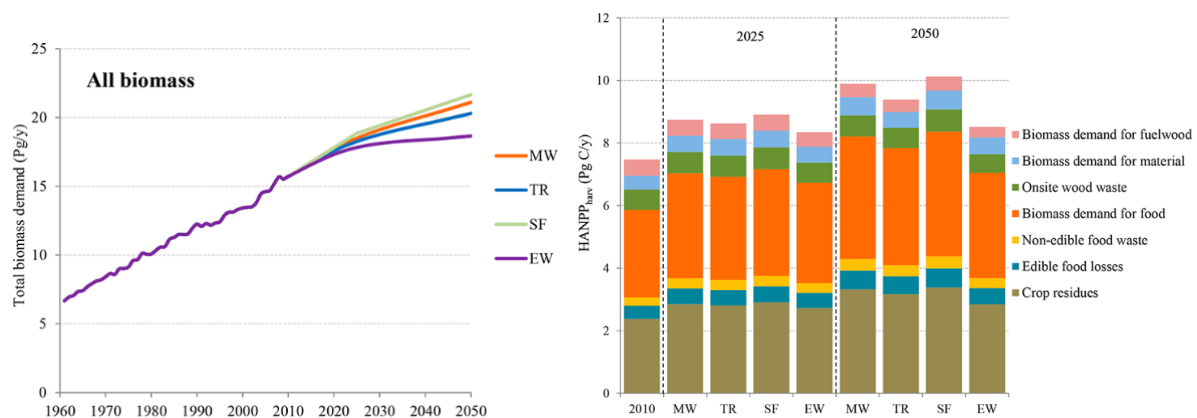
Quelle: eigene Darstellung nach FAOSTAT (2020); Daten für 2017

3.1.2 Globale Nutzung von Biomasse

Ein wichtiges Maß für die anthropogene Inanspruchnahme von Biomasse ist die **human appropriation of net primary production** (HANPP), mit der die Reduzierung der natürlichen Netto-Primärproduktion (NPP) aufgrund von Ernte und Landnutzung ermittelt wird.

Nach verschiedenen Studien beträgt HANPP heute **16-25%** (Andersen & Quinn 2020; Jenkins et al. 2020), d.h. die Menschheit nutzt 1/6 bis 1/4 der globalen Netto-Primärproduktion, überwiegend für Ernährung sowie Holz und Fasern für stoffliche und energetische Nutzung – mit steigender Tendenz, wie mögliche Entwicklungspfade in Bild 12 zeigen.

Bild 12 Globale und disaggregierte Szenario-Ergebnisse für HANPP



Quelle: Zhou, Elshkaki & Graedel (2018); MW = market world scenario; TR = toward resilience scenario; SF = security foremost scenario; EW = equitability world scenario

Diese globale Dynamik wird durch historische Analysen für das gesamte 20. Jahrhundert bestätigt (Krausmann et al. 2013).

Der Anteil von 10% der globalen Ackerfläche für energetische und stoffliche Biomassenutzung bzw. rund 1% an der globalen Landfläche stellen **nur einen Teil** der non-food uses dar. Ein weiterer Teil der energetisch und stofflich genutzten Biomasse stammt aus **Wäldern** (im weitesten Sinne¹²).

Eine eigene Abschätzung dazu (Fritsche & Gress 2021) ergab, dass ca. weitere 23% der globalen Landfläche für energetische und stoffliche Biomassenutzung verwendet werden, d.h. **insgesamt rund 24%**. Davon entfallen jeweils etwa 12% auf die energetische und stoffliche Nutzung. Dabei ist zu beachten, dass es **extreme regionale Unterschiede** in den o.g. Mustern gibt, z.B. zwischen Afrika und Europa:

Die energetische Nutzung von Acker- und Grünflächen (über Reststoffe wie Dung und Stroh) sowie von Wäldern ist in Afrika höher als in Europa, während die stoffliche Nutzung von Wäldern wiederum in Europa höher liegt.

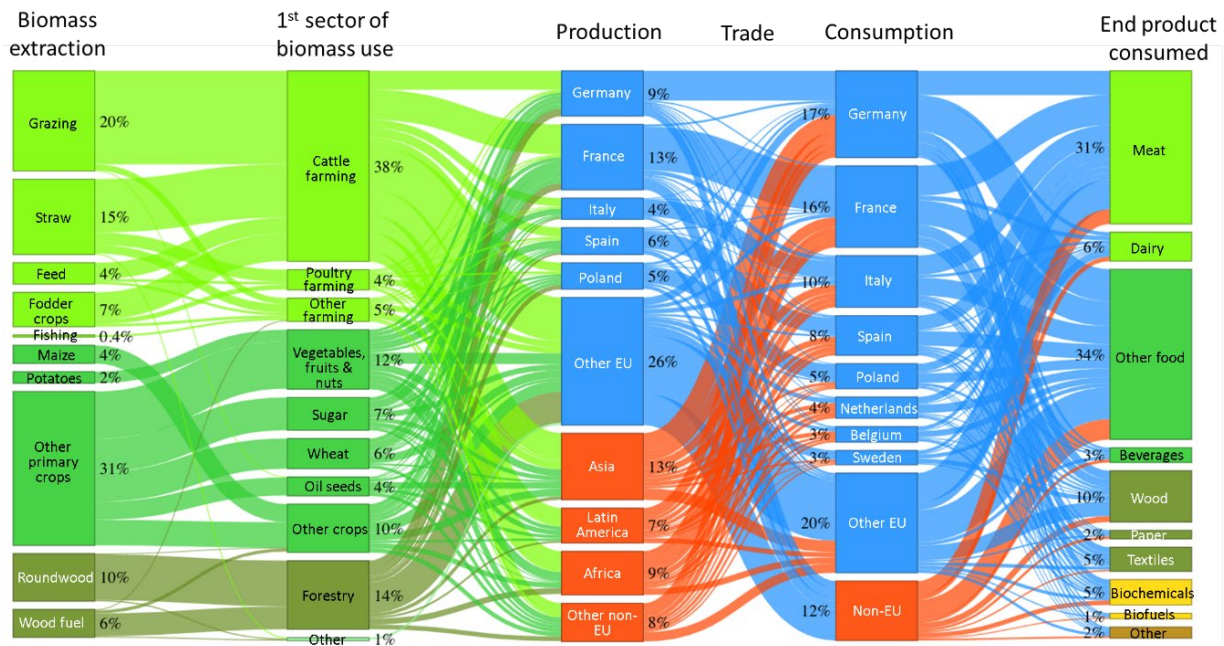
3.1.3 Biomassenutzung in der EU

Die flächenbezogene Betrachtung **ignoriert** den **Welthandel mit bioökonomischen Produkten**:

So importiert Europa – und auch Deutschland – einen Großteil der Futtermittel aus Lateinamerika, erhebliche Teile der stofflich genutzten Biomasse aus Afrika und Asien und kleine Teile der energetischen Nutzung aus Nordamerika, wie Bild 13 zeigt.

¹² Hier sind Savannen und Buschland als Lieferanten für „traditionelle“ Biomassenutzung einbezogen, auch wenn die dortigen Bäume keine Wälder im engeren Sinne bilden.

Bild 13 Flüsse innereuropäischer sowie ex- und importierter Biomasse nach Anwendungsfeldern in der EU im Jahr 2015



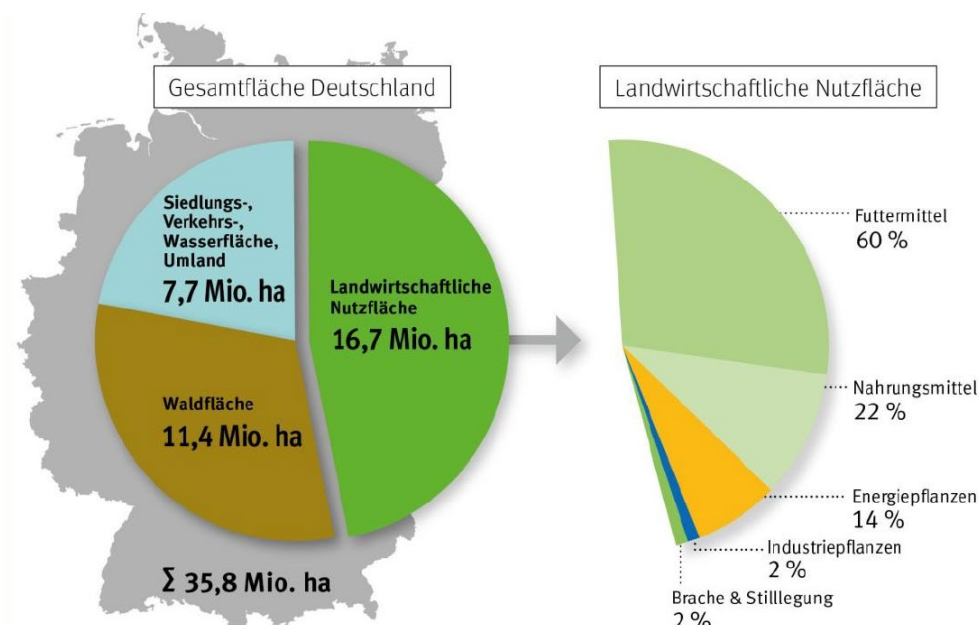
Quelle: Fritsche et al. (2020), basierend auf Methodik nach Cabernard, Pfister & Hellweg (2019) und Daten aus Exiobase v3.4 (<https://www.exiobase.eu>); Anteile bezogen auf **Feuchtgewicht**

Entsprechend **exportiert** Europa einen großen Teil der mit der Landnutzung verbundenen Effekte (vgl. EC 2019; Fritsche et al. 2020).

3.1.4 Biomasse- und Flächennutzung in Deutschland

Die Flächennutzung in Deutschland im Jahr 2019 zeigt Bild 14.

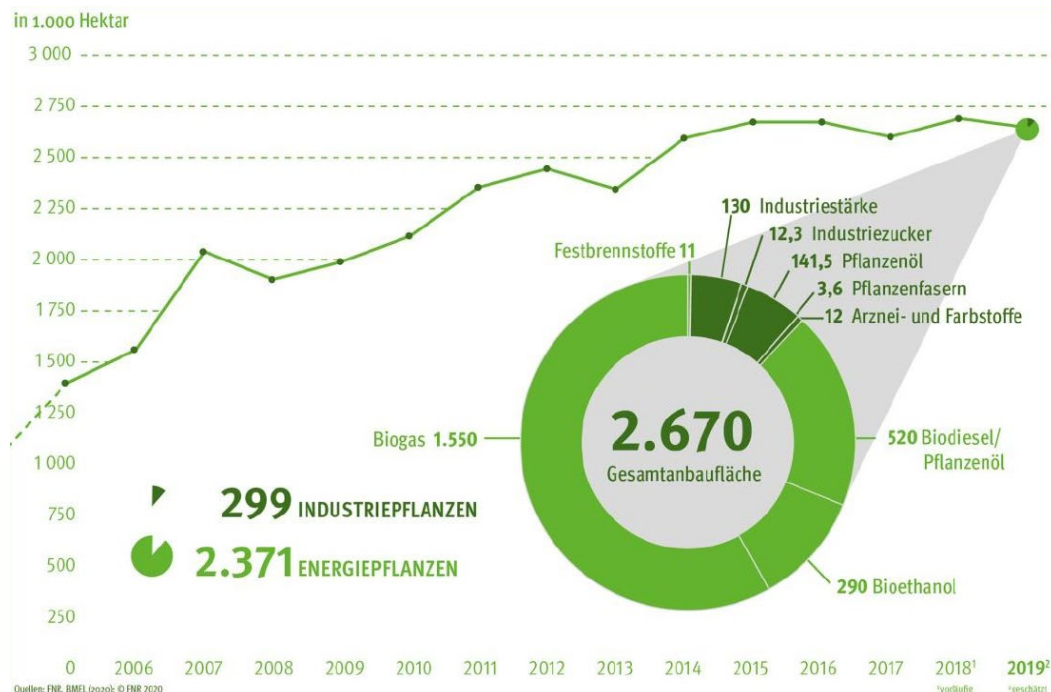
Bild 14 Flächennutzung in Deutschland



Quelle: FNR (2020); Daten für 2019

Ein Teil des Acker- und Grünlands sowie der Wälder wird energetisch und stofflich genutzt (Anbau und Ernte nachwachsender Rohstoffe – NaWaRo). Für Ackerflächen sind relativ gute NaWaRo-Daten verfügbar (vgl. Bild 15).

Bild 15 Entwicklung deutscher Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe



Quelle: FNR (2020)

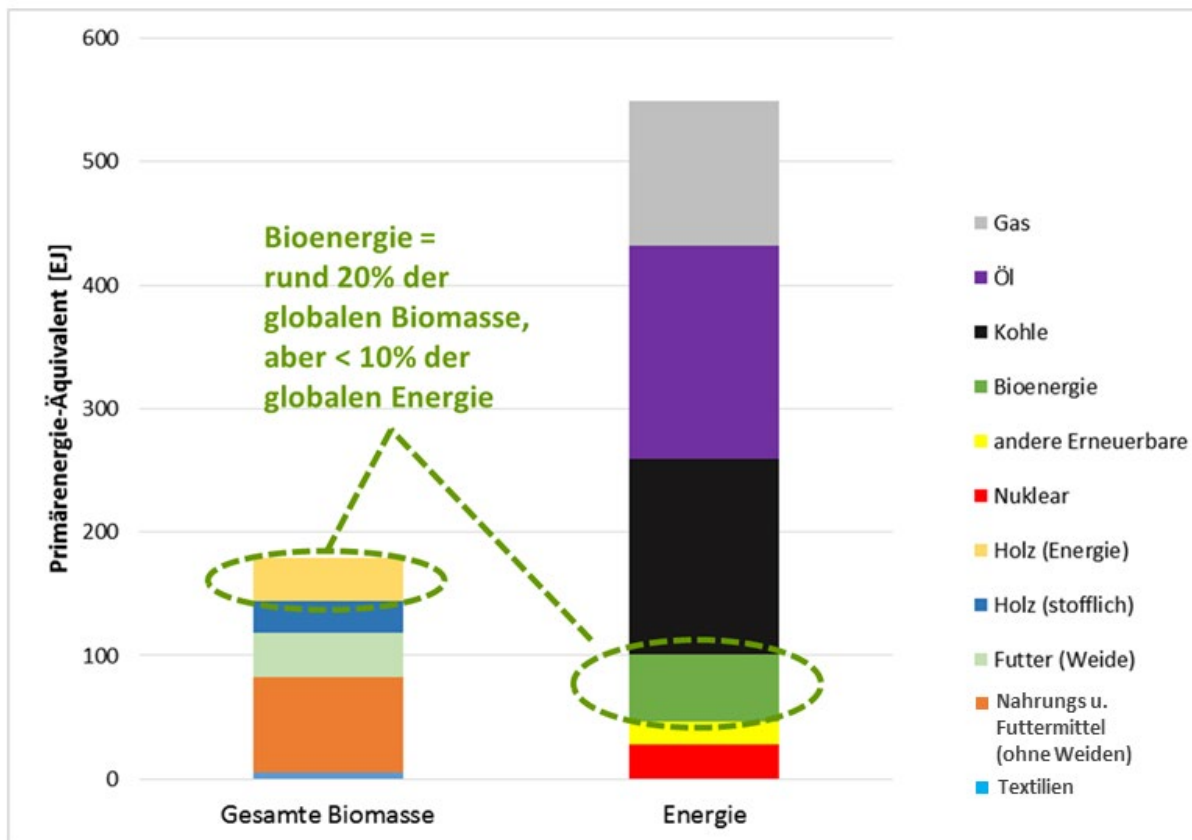
Die durch NaWaRo belegte Fläche erreichte nach stetigem Wachstum in 2015 ein Plateau und verbleibt seitdem – mit geringen Schwankungen - auf diesem Niveau. Die NaWaRo-Flächennutzung wird dominiert durch Pflanzen für Biogas (insb. Mais), gefolgt von Biodiesel (insb. Raps) und Bioethanol (Weizen, Zuckerrüben), d.h. durch die **energetische** Nutzung. Die stoffliche Nutzung hat, bezogen auf die NaWaRo-Anbaufläche, nur einen Anteil von rund 11% (FNR 2020).

3.2 Die Grenzen der Biomasse

Ob es Potenziale zum Anbau von NaWaRo-Biomasse gibt, haben viele Studien untersucht. Werden Nachhaltigkeitsrestriktionen wie die Erhaltung der Biodiversität und Klimaschutz berücksichtigt, bestehen mittel- bis langfristig durchweg erhebliche nachhaltige Potenziale.

Bevor darauf näher in den folgenden Unterkapiteln eingegangen wird, soll das folgende Bild verdeutlichen, dass Biomasse selbst bei – theoretisch - vollständigem Verzicht auf Ernährung und stoffliche Nutzungen **nur einen geringen Teil des globalen Energiebedarfs** decken könnte.

Bild 16 Biomasse und globales Energiesystem



Quelle: eigene Darstellung und Übersetzung nach Fritsche et al. (2014). Die stoffliche Holznutzung (in blau) ist im rechten Balken (grüner Abschnitt) als energetische Altholznutzung einbezogen.

3.3 Potenziale für Deutschland

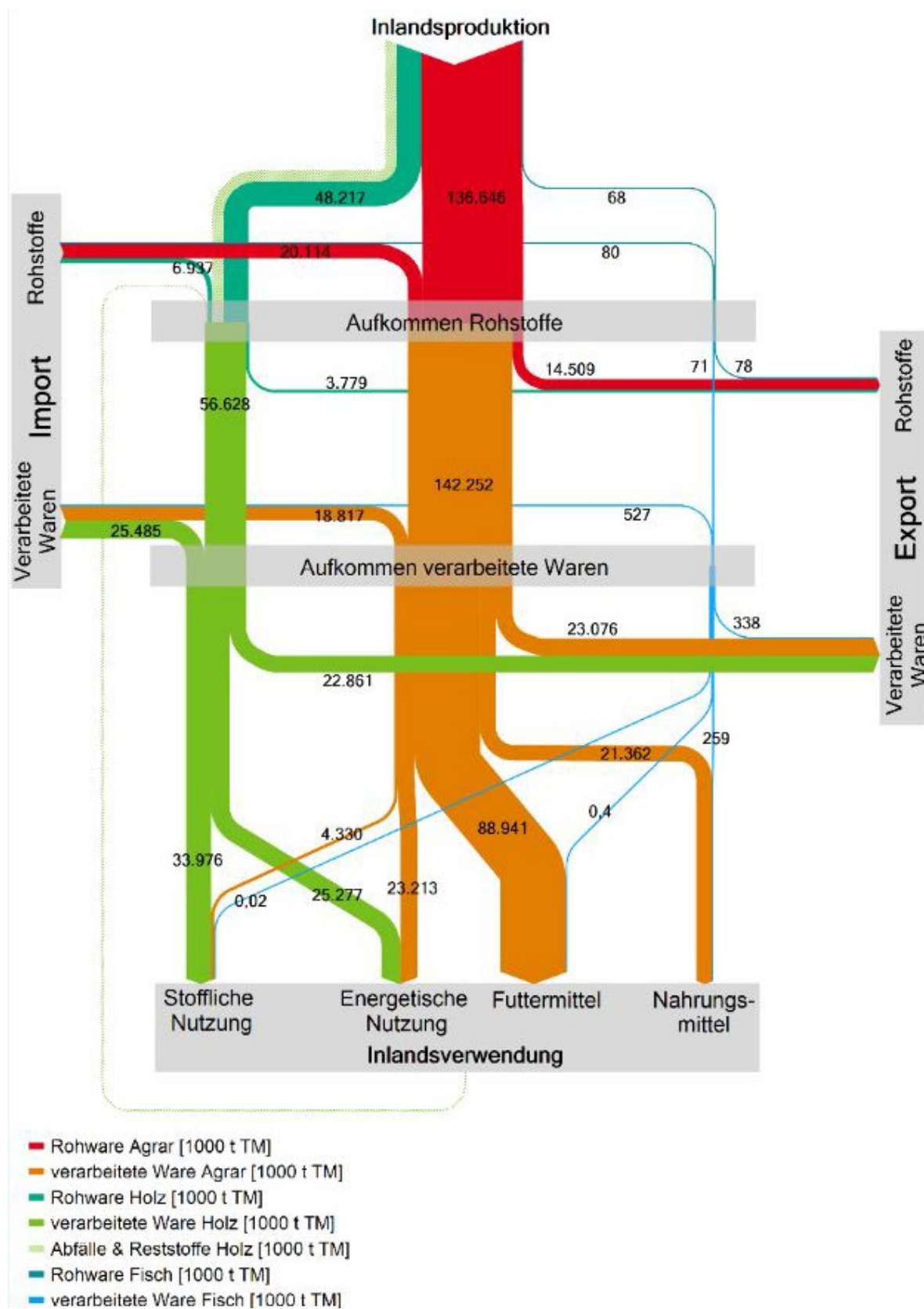
Die heute für die Bioökonomie in Deutschland genutzte Biomasse zeigt Bild 17 in Form von Stoffströmen - zu beachten ist, dass dies die Ökosystemleistungen und biogenen Dienstleistungen, die zur Bioökonomie gehören (vgl. Kapitel 1.1), **nicht** einbezieht: Die Stoffströme betreffen nur die materiellen Produkte und deren Vorleistungen.

Bisher wird der größte Anteil aller Biomasse inklusive Importen in Deutschland (Stand 2015) für **Futtermittel** genutzt. Danach kommt an zweiter Stelle die Produktion von **Bioenergie** und erst an dritter Stelle die **stoffliche** Nutzung (z.B. Holz für Möbel und Papier).

Der geringste Anteil (knapp 10%) wird für die **direkte** Produktion von Nahrungsmitteln für den menschlichen Verzehr verwendet¹³.

¹³ Futtermittel, die ganz überwiegend pflanzlichen Ursprungs sind, dienen **nur indirekt** zur menschlichen Ernährung, da sie von Tieren konsumiert werden. Die von den Tieren erzeugten Proteine (Milch, Fleisch) werden dann für den menschlichen Verzehr weiterverarbeitet.

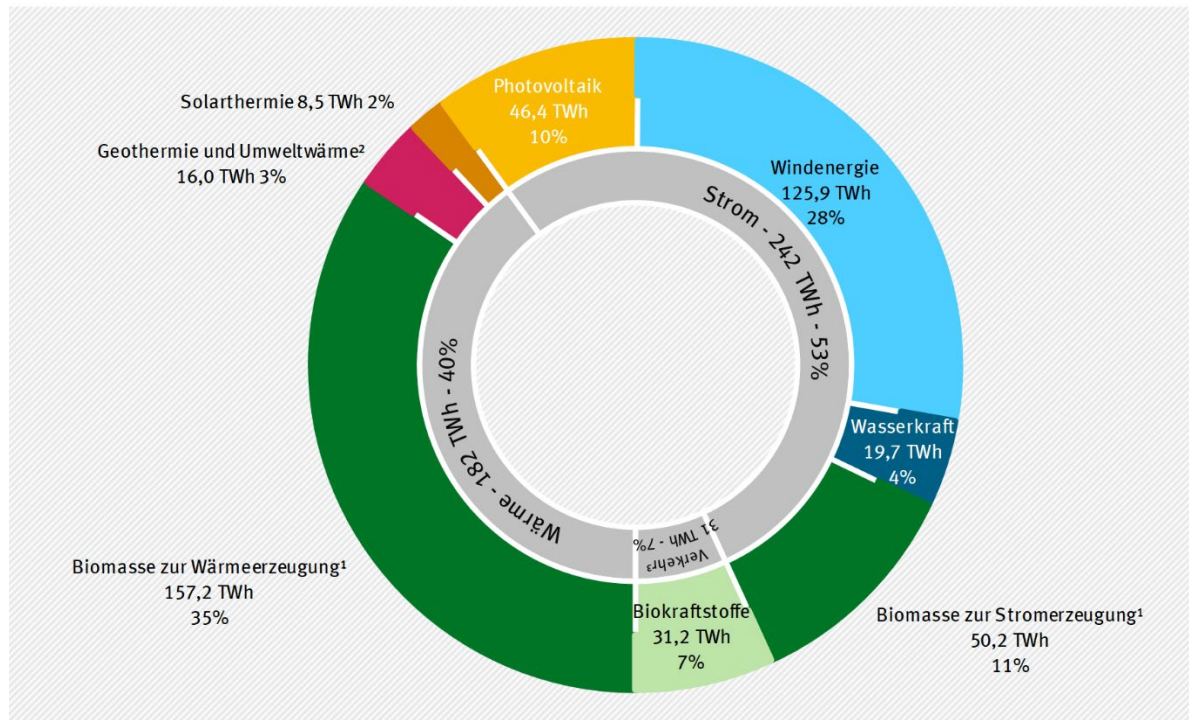
Bild 17 Biomasse-Stoffströme in der deutschen Bioökonomie (Stand 2015)



Quelle: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Bilder/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/stoffstrom-bioeconomie-deutschland.html>

Die energetische Biomassenutzung – also die Bioenergie – stellt gut 50% der gesamten erneuerbaren Energie in Deutschland bereit (vgl. Bild 18), das sind etwa 9% der gesamten Energieproduktion.

Bild 18 Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern im Jahr 2019



Quelle: UBA (2020); vorläufige Daten

¹mit biogenem Anteil des Abfalls; ²Stromerzeugung aus Geothermie etwa 0,2 TWh (nicht separat dargestellt);

³Verbrauch von EE-Strom im Verkehr etwa 4,9 TWh; Gesamtenergiebereitstellung 452 TWh. Abweichungen bedingt durch Rundungen

Die für die Bioökonomie nachhaltig verfügbare Biomasse kann wegen der schon heute erheblichen Belastung der Umwelt und Artenvielfalt durch die Landwirtschaft **nicht** durch weitere Ausweitung oder Intensivierung der Produktion erhöht werden, auch nicht im Bereich des Waldes.

Vielmehr bestehen nachhaltige Potenziale

- einerseits in der vermehrten Nutzung von **Abfall-** und **Reststoffen** innerhalb ökologischer Grenzen (z.B. Humusgehalt von Ackerflächen, Totholzanteile im Wald), d.h. durch stärkere **Kreislaufwirtschaft** (circular economy),
- andererseits durch **Reduktion** und **Umnutzung** der heutigen Verwendung der Biomasse durch effizientere Pfade, d.h. durch **Transformation**.

Bei Reduktion und Umnutzung spielen vorwiegend die Ernährung und die energetische Biomassenutzung eine Rolle, bei der Kreislaufwirtschaft wiederum Ernährung und die stoffliche Biomassenutzung.

Reduktion, Umnutzung und Kreislaufwirtschaft bestimmen **zusammen** die Höhe des Ressourcenbedarfs.

Vor mehr als einer Dekade wurden erste wissenschaftliche Arbeiten zum nachhaltigen Biomassepotenzial in Deutschland publiziert¹⁴ und seitdem sind verschiedene Studien zu vergleichbaren Ergebnissen gekommen, aus denen sich die folgenden Grundsätze ableiten.

Das Ernährungssystem – sowohl die landwirtschaftliche Produktion wie auch die Nachfrage - muss sich unter Nachhaltigkeitsbedingungen **transformieren** (vgl. näher Kapitel 4.1.2):

- Es ist langfristig mit 100% Ökolandbau zu rechnen, der je nach Boden und Kultur geringere Erträge gegenüber konventionellem Landbau zeigt – damit steigt der spezifische Flächenbedarf der Landwirtschaft.
- Zudem sind mindestens 10% der Ackerfläche als Naturschutzflächen erforderlich und Moorflächen nicht mehr zu entwässern, sondern über Paludikultur zu nutzen.
- Tierbestände werden aufgrund von Nachfragereduktionen für tierische Proteine (durch geänderte Ernährungsstile) und verringerte Exporte **sinken**, die Tierhaltung wird vorwiegend auf Raufutter (aus Grünland) umgestellt.
- Die Reduktion der Tierbestände setzt einerseits Grünland für die stofflich-energetische Nutzung „frei“, andererseits wird pro Tier **mehr** Grünland für Tierfutter benötigt.
- Durch die Umstellung auf Raufutter werden Ackerflächen, die bisher zum Kraftfutteranbau (Mais...) dienten, für die aufgrund fleischarmer Ernährungsweisen **steigende** pflanzliche Nahrungsmittelproduktion zur direkten menschlichen Ernährung verfügbar.

Aus diesem Mengengerüst ergibt sich - über die Flächen zur Ernährung hinaus - ein Potenzial von maximal 1 Mio. Hektar, vorwiegend für **mehnjährige** Pflanzen (Gräser wie z.B. Miscanthus, Kurzumtriebsholz wie Pappeln und Weiden).

Zusätzlich lassen sich auf den Flächen für Ernährung auch Zwischenfrüchte für die Bodenbedeckung und natürliche Stickstoffbindung in Fruchtfolgen auf bestehenden Ackerflächen einbringen.

Die Transformation des Ernährungssystems (vgl. Kapitel 4.1.2) ist damit der erste fundamentale Baustein des nachhaltigen Potenzials der Bioökonomie in Deutschland.

¹⁴ Siehe z.B. Fritsche et al. (2004); Thrän et al. (2005); SRU (2007); WBGU (2009)

Die o.g. Potenzialschätzung ist eingedenk der Unsicherheiten bei der Änderung der Ernährungsstile und des „Umbaus“ der Landwirtschaft einerseits konservativ, d.h. trifft vorsichtige Annahmen.

Andererseits ist sie optimistisch insoweit, als dass die Transformation mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht ohne massive Widerstände stattfindet, diese aber nicht quantifizierbar sind.

Die **mengenmäßige Obergrenze** an nachhaltiger heimischer Biomasse liegt – ohne den Anteil für Futter- und Nahrungsmittel - bei etwa 73 Mio. t an Abfall- und Reststoffen (≈ 1100 PJ) sowie ca. 13 Mio. t (≈ 200 PJ) aus Grünlandnutzung und Holz aus Kurzumtrieb (Prognos & IINAS 2018).

Hinzu kommen etwa 50 Mio. t Stammholz für die stoffliche Nutzung, d.h. etwas weniger als der Hälfte des jährlichen Holzzuwachses¹⁵.

Die folgende Tabelle fasst die heutige Biomassenutzung in Deutschland unter Einbeziehung von Futter- und Nahrungsmittel sowie das sich unter den o.g. Bedingungen ergebende nachhaltige Potenzial bis 2050 zusammen.

Tabelle 1 Heutige Biomassenutzung und nachhaltiges Potenzial in Deutschland

Biomasse (Mio. t) aus	Nutzung				Potenzial
	Futter/Nahrung	stofflich	energetisch	Summe	
Agrar-Anbau, einjährig	74,8	4,3	23,2	102,3	42
Agrar-Anbau, mehrjährig	35,6		2,7	38,2	35
Agrar-Reststoffe		3,2		3,2	13
biogene Abfälle o. Holz	0,5	2	12,5	15,0	30
Holz-Ernte (Wald)		34,0	25,3	59,3	50
Holz-Reststoffe		6,5	15,1	21,5	30
Summe	110,8	50,0	78,7	239,5	200
Anteile	46%	21%	33%		

Quelle: eigene Abschätzung; Angaben in Trockenmasse; Potenzial aus Zwischenfruchtanbau nicht einbezogen

Das nachhaltige Potenzial erlaubt unter Berücksichtigung der Bedarfe eines **veränderten Ernährungssystems und der Kaskadennutzung** ein energetisches Nutzungspotenzial –überwiegend aus Abfall- und Reststoffen – von rund 1.250 PJ Primärenergie (ca. 10% des Primärenergiebedarfs von 11.700 PJ in 2020).

Dies sind etwa 300 PJ weniger als die heutige Nutzung (rund 1.550 PJ biogener Primärenergie) und entsprächen etwa 18% des – stark gesenkten - Primärenergiebedarfs im Zielszenario des deutschen Energie- und Klimaschutzplans, der ca. 7.000 PJ im Jahr 2050 beträgt (Prognos et al. 2020).

¹⁵ Wir gehen davon aus, dass der jährliche Zuwachs einerseits klimabedingt (Temperatur- und Wasserstress) und andererseits durch die geänderte Artenzusammensetzung und Altersverteilung mittel- und langfristig sinkt. Zudem wird bei selektiverer Holzernte und Steigerung der nicht-bewirtschaftenden Referenzflächen (u.a. für Kohlenstoffspeicherung sowie Natur- und Artenschutz) und Totholzanteilen das nachhaltig verfügbare Holzerntepotenzial **sinken**.

In Bezug auf die **Reduktion** und **Umnutzung** der bisherigen energetischen Biomasseverwendung wird entsprechend der Konzeption einer nachhaltigen Bioökonomie (vgl. Kapitel 4) bis 2050 **angenommen**¹⁶, dass

- Biomasse zuerst stofflich und in Kaskaden genutzt wird (Fehrenbach 2017a+b), insb. Holz vorwiegend als **Baustoff** sowie für langlebige Produkte (Möbel) und Textilien eingesetzt wird (BMEL 2020; WBGU 2020; Weber-Blaschke 2019),
- Holz **energetisch** überwiegend aus Abfall- und Reststoffen vor allem in Synthesegas umgewandelt und hocheffizient in dezentraler Kraft-Wärme-Koppelung (KWK) mit Brennstoffzellen genutzt wird (Thrän et al. 2015+2017),
- Biogas vorwiegend aus Abfall- und Reststoffen sowie Grasschnitt in dezentralen Anlagen (u.a. als Koppelprodukt von **Bioraffinerien**) erzeugt, zu Biomethan aufbereitet und in Gasnetze eingespeist wird,
- Biomethan über KWK hinaus auch für industrielle Hochtemperaturprozesse sowie zur Stabilisierung der Stromnetze (Frequenzhaltung, Reserve) eingesetzt wird (Arasto et al. 2017) und
- **Biokraftstoffe** nur aus Lignozellulose (u.a. Stroh) vorwiegend für die Luftfahrt erzeugt werden.

Das deutsche nachhaltige Potenzial der Bioökonomie reicht somit – über das **veränderte** Ernährungssystem hinaus – für einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaft insgesamt, wobei der mengenmäßige Beitrag vor allem im Energiesektor deutlich sinken und in der stofflichen Nutzung steigen wird.

Die Höhe dieses Beitrags wird u.a.

- vom Erfolg einer stärkeren Kreislaufwirtschaft (mehr Recycling von Abfall- und Reststoffen),
- einer **Reduktion** der Nachfrage vor allem im Bereich Verpackung (Plastik...) sowie
- der Verlängerung der **Nutzungsdauern** von Produkten (Möbel, Textilien) und nicht zuletzt
- dem weitgehenden Umbau der Wärmeversorgung, d.h. dem Ersatz des direkten Einsatzes von Holz in Kleinfeuerungen und (Heiz-)Kraftwerken abhängen.

¹⁶ Im deutschen Energie- und Klimaschutzplan (BMWi 2020) wurden diese Annahmen im Zielszenario 3 weitgehend umgesetzt, allerdings ist die politische Umsetzung ungewiss.

3.4 Potenziale in der EU

Derzeit beträgt nach JRC (2018) die jährliche Biomasseproduktion in der EU fast 1,5 Mrd. t (≈ 27 EJ Energieäquivalent)¹⁷, jedoch wird nicht die gesamte angebaute Biomasse geerntet und genutzt, da Teile auf Feldern und in Wäldern verbleiben, um Kohlenstoffsinken und andere Ökosystemleistungen zu erhalten, aber auch wegen fehlender Anreize zur Mobilisierung von Restbiomasseströmen und mangelndem Wissen innerhalb der Landwirtschaft über nachhaltige Praktiken.

Wie in Deutschland dominiert das Ernährungssystem die biogenen Stoffströme, gefolgt von der Forstwirtschaft. Ergänzend zu Deutschland wird auch die Biomasseproduktion aus Fischerei und Aquakultur berücksichtigt.

In verschiedenen Studien¹⁸ wurden nachhaltige Biomassepotenziale in der EU unter Berücksichtigung von Ressourceneffizienz, Nachhaltigkeit (inkl. Biodiversität, Bodenschutz, Ökosystemleistungen, THG-Emissionen) und der stofflichen Nachfrage ermittelt, woraus sich – ohne Futter- und Nahrungsmittel – eine Ressourcenbasis von ≈ 750 Mio. t Biomasse (≈ 14 EJ) für 2030 ergibt. Bei einem heutigen Primärenergiebedarf von rd. 64 EJ entspräche dies etwa 22%, falls alle diese Biomasse nur energetisch genutzt würde¹⁹, beim für 2030 angenommenen Primärenergiebedarf von etwa 50 EJ wären es sogar 28%. Diese Angaben sind aber nicht zielführend, da das EU-Biomassepotenzial vor allem stofflich genutzt werden sollte und erst „am Lebensende“ energetisch.

Die folgende Tabelle zeigt die heutige Nutzung und das nachhaltige Potenzial.

Tabelle 2 Heutige Biomassenutzung und nachhaltiges Potenzial in der EU28

Biomasse (Mio. t) aus	Nutzung			Summe	Potenzial
	Futter/Nahrung	stofflich	energetisch		
Agrar-Anbau, einjährig	717	4	50	771	500
Agrar-Anbau, mehrjährig	358	0	20	378	240
Agrar-Reststoffe		5	10	15	50
biogene Abfälle o. Holz		10	60	70	105
Holz-Ernte (Wald)		408	102	510	385
Holz-Reststoffe		23	138	161	150
Fischerei & Aquakultur	1	1	0	2	5
Summe	1076	451	380	1907	1435
Anteile	56%	24%	20%		

Quelle: eigene Abschätzung; Angaben in Trockenmasse

¹⁷ Die Angaben beziehen sich auf Trockenmasse (ohne Berücksichtigung des Wassergehalts).

¹⁸ Siehe Panoutsou & Brunori (2020) für eine weitergehende Diskussion.

¹⁹ Der Anteil der Bioenergie in der EU28 lag für 2018 bei etwa 11% (EC 2020h).

Wie in Deutschland gilt auch für die EU, dass die heutige Biomassenutzung bereits das nachhaltig verfügbare heimische Potenzial **übersteigt** – hier sind demnach wie in Deutschland Anstrengungen zu **Reduktion** und **Umnutzung** vor allem der bisherigen energetischen Biomasseverwendung entsprechend der Konzeption einer nachhaltigen Bioökonomie (vgl. Kapitel 4) nötig.

Da auch in der EU ein nachhaltiger Umbau des Energiesystems erforderlich ist (Fritsche et al. 2020), wird sich wie in Deutschland der Einsatz von Biomasse von den Bereichen Kraftstoffe, Wärme- und Stromerzeugung **hin zur stofflichen** Nutzung (in Kaskaden) verlagern. Damit stünde wesentlich mehr Biomasse für die stoffliche Nutzung zur Verfügung und könnte entsprechend treibhausgasrelevante Materialien wie Aluminium, Plastik, Stahl und Zement zumindest anteilig ersetzen.

Wie in Deutschland gilt aber auch für die EU, dass die Vermeidung und Kreislaufnutzung von Stoffen **im Vordergrund** steht und die Biomasse nur Anteile des nachhaltigen Bedarfs – also nach Reduktion durch Konsum- und Lebensstiländerungen – bereitstellen kann.

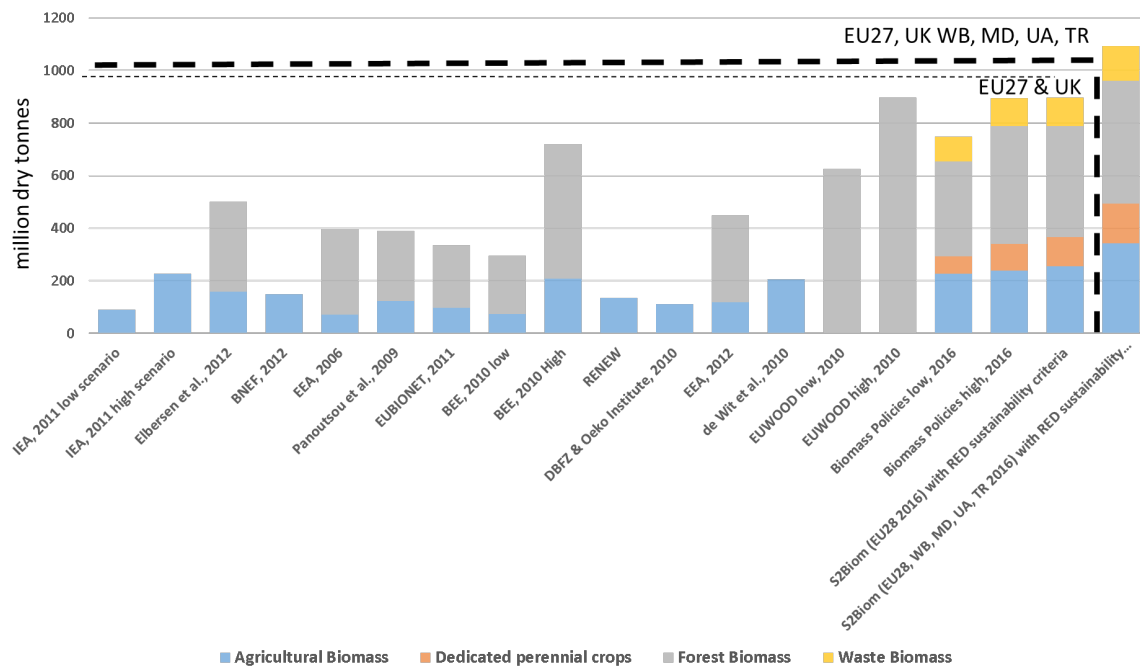
Es gibt in Europa zudem ein nennenswertes Potenzial zum nachhaltigen Anbau von Biomasse auf marginalen und degradierten Flächen, das auch zum europäischen Biomassepotenzial beitragen kann²⁰.

Eine aktuelle Analyse der EU-Bioenergiepotenziale (Manley et al. 2020) bis 2050 ergab ein heimisches Potenzial von 10 - 20 EJ. Damit ist die o.g. Größenordnung von 750 Mio. t an Biomasse (≈14 EJ) als nachhaltiges Potenzial – **zusätzlich** zu Futter- und Lebensmittel - in der EU bestätigt.

Die Verteilung dieses Potenzials auf die Beiträge durch Abfall-, Agrar- und Forstbiomasse nach verschiedenen Studien und geographischer Abgrenzung zeigt das folgende Bild.

²⁰ Mehrere Studien unterstreichen dies, z.B. von Cossel et al. (2019), Englund et al. (2020), Pancaldi & Trindade (2020) und <http://magic-h2020.eu> – alle berücksichtigen nachhaltige Praktiken.

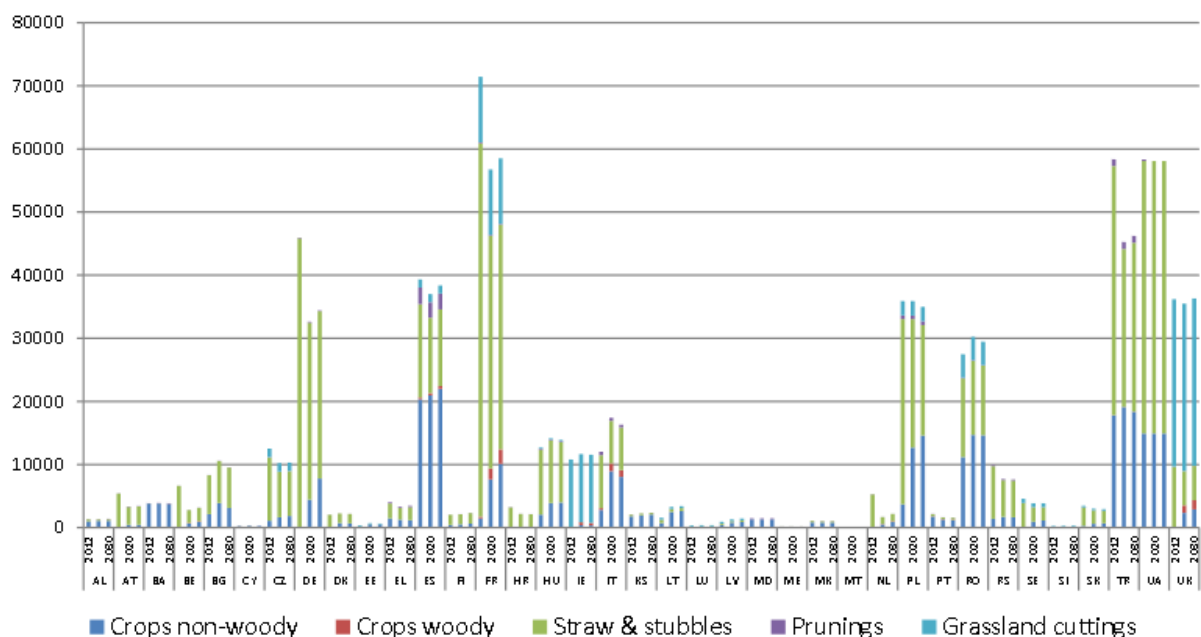
Bild 19 Verteilung des EU-Biomassepotenzials bis 2030



Quelle: Panoutsou et al. (2016); MD = Moldawien; TR = Türkei; UA = Ukraine; WB = Westlicher Balkan; für die in der X-Achse genannten Studien siehe Referenzen in der Quelle.

Die regionale Verteilung der Biomassepotenziale aus der Landwirtschaft zeigt folgendes Bild.

Bild 20 Verteilung des EU-Biomassepotenzials aus der Landwirtschaft bis 2030 auf Länder

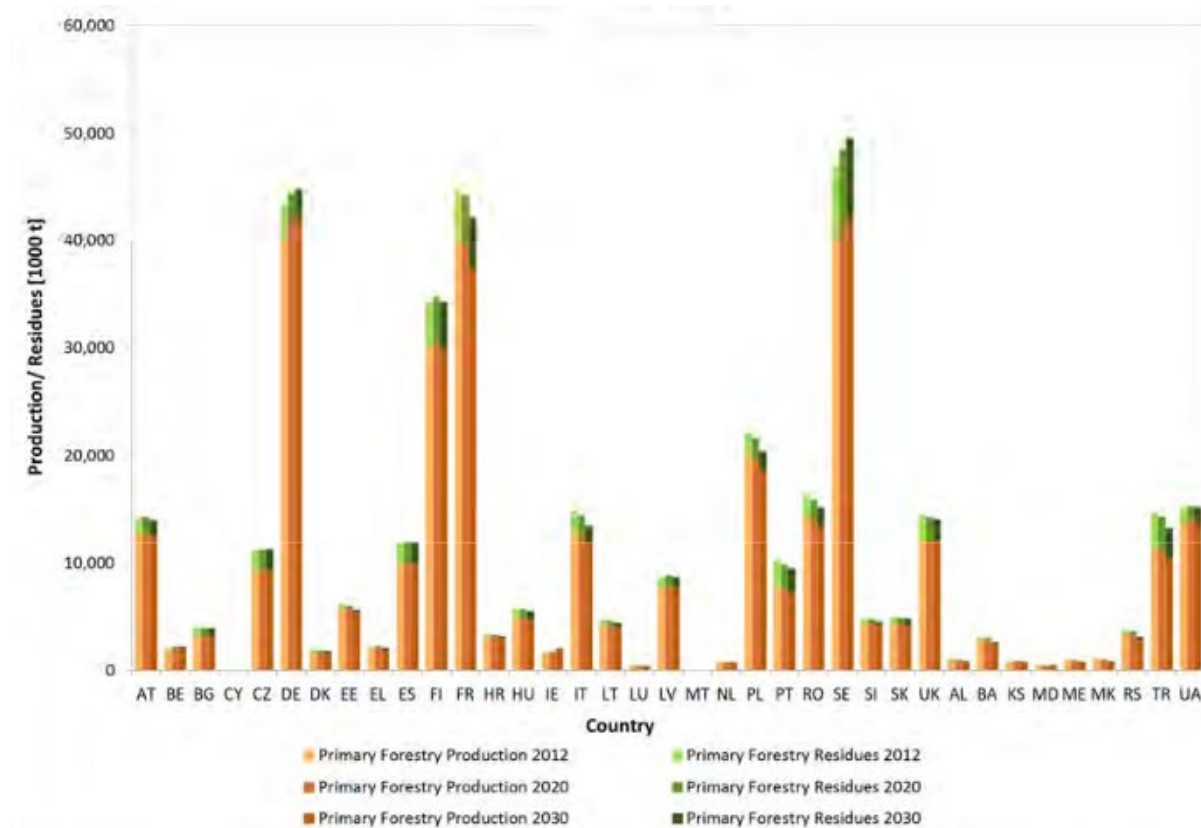


Quelle: Dees et al. (2017); Daten in 1000 t (Trockenmasse)

Das agrarische EU-Potenzial wird dominiert von Deutschland, Frankreich, Polen, Rumänien und Spanien.

Die regionale Verteilung der Biomassepotenziale für Holz zeigt folgendes Bild.

Bild 21 Verteilung des EU-Biomassepotenzials aus Holz bis 2030 auf Länder



Quelle: Dees et al. (2017); Daten in 1000 t (Trockenmasse)

Das forstliche Biomassepotenzial in der EU wird dominiert von Deutschland, Finnland, Frankreich, Polen und Schweden.

3.5 Globale Potenziale

Die energetische Biomassenutzung ist derzeit die größte erneuerbare Energiequelle und trägt $\approx 10\%$ (56 EJ) zur globalen Energieversorgung bei (IEA 2019; IEA et al. 2020). Bioenergie (ohne traditionelle Nutzung²¹) liefert aktuell **mehr als die Hälfte** der gesamten erneuerbaren Energieproduktion (IRENA 2020a).

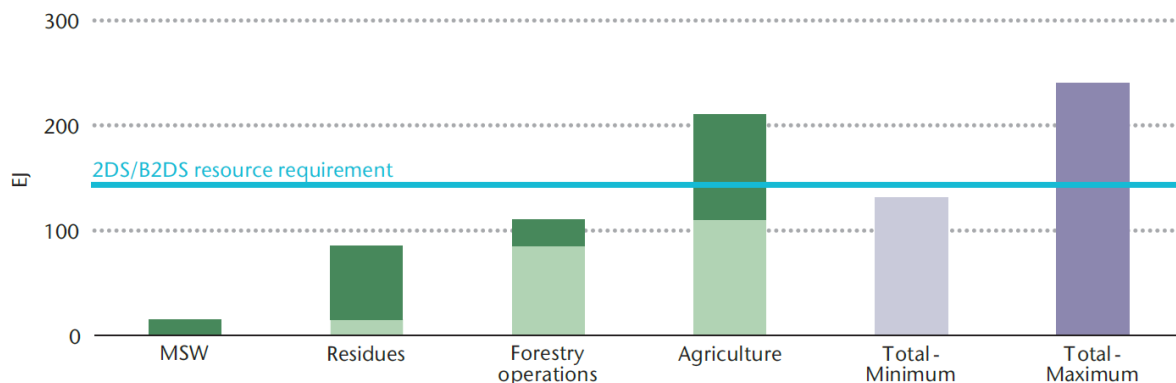
Über die aktuelle globale Situation hinaus haben viele Bedenken hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Biomassenutzung und ihrer Zukunftsaussichten (z. B. Reid, Ali & Field 2020), da sich der Mensch bereits jetzt etwa 25 % des gesamten globalen

²¹ Mehr als 50 % davon werden immer noch für "traditionelles" ineffizientes Heizen und Kochen verwendet, vor allem in Entwicklungsländern (IEA et al. 2020), aber diese Menge wird in den nächsten Jahrzehnten abnehmen (IRENA 2020a)

Biomassezuwachses aneignet und dieser "Raubbau" bis 2050 auf 30 % ansteigen könnte (Jenkins et al. 2020) – siehe dazu auch Kapitel 2.3.

Zur Klärung der zukünftigen Möglichkeiten in Bezug auf das gesamte nachhaltige Biomassepotenzial für **alle** Nutzungen und Funktionen (Energie und Kraftstoffe, Fasern und andere stoffliche Produkte sowie Ökosystemleistungen jedoch **ohne** Nahrungs- und Futtermittel) hat IEA (2017) eine Vielzahl von Studien analysiert und eine globale Schätzung für 2050 und darüber hinaus abgeleitet (Bild 22).

Bild 22 Globale nachhaltige Biomassepotenziale aus Sicht der IEA



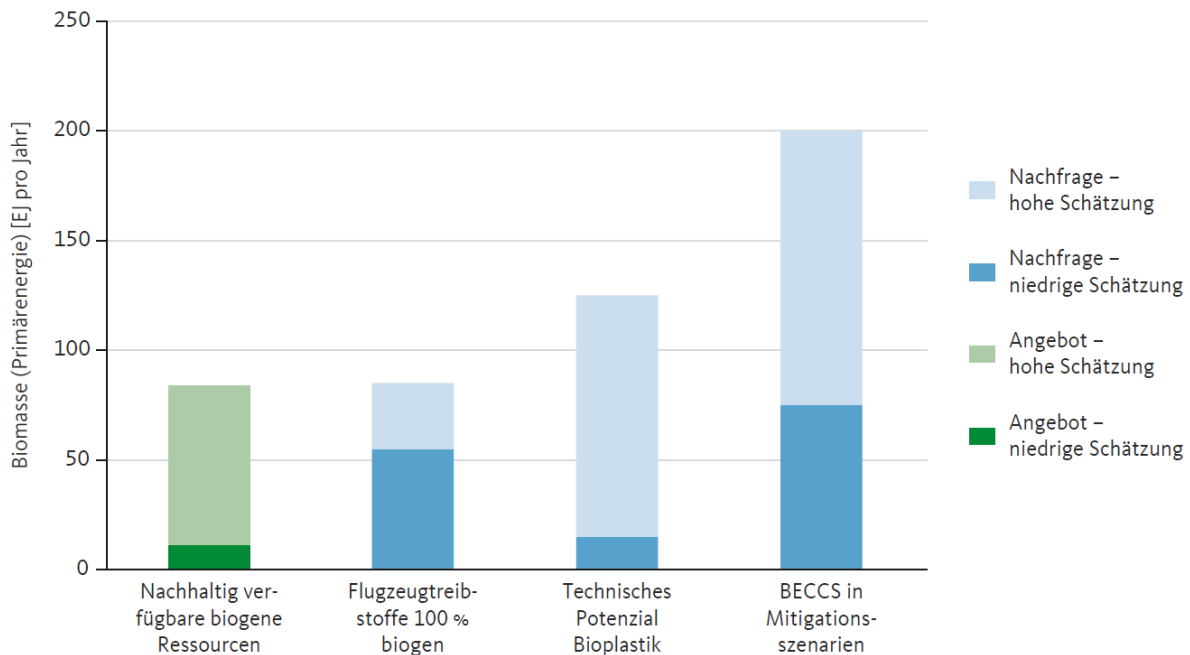
Quelle: IEA (2017); MSW = municipal solid wastes; 2DS = 2 °C scenario; B2DS = below 2 °C scenario; hellgrüne Balken = untere Potenzialgrenze, dunkelgrüne Balken = obere Potenzialgrenze

Beuchelt & Nassl (2019) diskutieren kritisch solche Potenzialschätzungen, während Chiaramonti (2020) die IEA-Biomassepotenziale mit weiteren Analysen unterstützt. Zu beachten ist zudem, dass die IEA-Potenziale aus der Landwirtschaft mögliche Beiträge aus der Rehabilitierung marginaler und degradierter Flächen beinhalten (Kulišić et al. 2019), die in vielen Ländern erheblich sind (Fritsche et al. 2017)²².

Das vom WBGU (2020) publizierte globale nachhaltige Biomassepotenzial (vgl. Bild 23) liegt mit < 100 EJ Energieäquivalent niedriger als die IEA-Daten.

²² Sandstad Næss, Cavalett & Cherubini (2021) publizierten kürzlich eine detaillierte globale Analyse von Biomassepotenzialen auf ehemaligen – d.h. aufgegebenen – Agrarflächen, in der u.a. Managementintensität, Wasserverfügbarkeit und Biodiversitäts-hotspots als Ausschlusskriterien verwendet wurden. Es ergeben sich allein von solchen Marginalflächen bei scharfen Restriktionen Potenziale von 10-20 EJ.

Bild 23 Globale nachhaltige Biomassepotenziale aus Sicht des WGBU



Quelle: WBGU (2020), basierend auf CCC (2018); die Potenzialbandbreite zeigt der linke Balken (in grün); der niedrige Nachfragewert liegt unter dem heutigen und geht u. a. von starkem Bevölkerungswachstum und Fleischkonsum, aber wenig Innovationen und schwacher Nachhaltigkeits-Governance aus (umgekehrt für die hohe Schätzung).

Das vergleichsweise niedrige Niveau der Potenzialschätzung, die WBGU (2020) auf Grundlage einer britischen Analyse (CCC 2018) angibt, liegt in der Definition begründet, die in CCC (2018) verwendet wird:

Es wird nur das „global handelbare“ Potenzial ermittelt, dass die innerhalb von Ländern nutzbare Biomasse ausschließt. Diese extrem relevante Einschränkung des globalen Potenzials trifft CCC (2018), da der Bericht der Frage nachgeht, wie viel Biomasse im Vereinigten Königreich nachhaltig importiert werden könnte.

Diese Betrachtung mit der Einschränkung auf „global handelbare“ Biomasse ist für die Analyse „echter“ globaler Potenziale nicht sinnvoll – hierzu sind die o.g. anderen Studien eine belastbarere Grundlage.

Aus heutiger Sicht liegt das nachhaltige globale Biomassepotenzial, das Energiepflanzenanbau ausschließt, bei 100 bis 150 EJ Energieäquivalent und damit etwa doppelt so hoch wie die heutige – allerdings zum Teil nicht nachhaltige – Bioenergienutzung. Durch die Einbeziehung der Optionen zur Rehabilitation degradierter Flächen über Biomasseanbau, rohstoffliche Nutzung von Marginalflächen sowie Anbau von Zwischen- und Zweitkulturen kann die Potenzialbandbreite auf 150 bis 200 EJ erweitert werden.

4 Konzeption zur nachhaltigen deutschen Bioökonomie im europäischen und globalen Kontext

Ausgehend von einer Vielzahl von Forschungsprojekten und laufenden Arbeiten der Autoren und anderer²³ sowie eingedenk der vorstehenden Kapitel wird im Folgenden das Konzept einer nachhaltigen Bioökonomie vorgestellt, dass **fünf Kernstrategien** als Eckpunkte umfasst²⁴.

4.1 Fünf Kernstrategien einer nachhaltigen Bioökonomie

Die Kernstrategien wurden aus deutschen, europäischen und internationalen Arbeiten und Diskussionen synthetisiert und sind **generisch**, als sie aus übertragbaren Komponenten bestehen, die überall auf der Welt anwendbar sind. Da es jedoch nicht „die“ Bioökonomie gibt, sondern unterschiedliche nationale und regionale Ansätze²⁵, muss das Konzept bei seiner Umsetzung an die jeweiligen Ausprägungen von Gesellschaft (Kultur und Naturverständnis), Naturpotenzialen sowie ökonomischen und Governance-Orientierungen angepasst werden.

Das Konzept zur nachhaltigen Bioökonomie besteht aus **fünf Strategien**, die negative Auswirkungen vermeiden und positive Effekte verstärken:

1. Übersetzung der planetaren Grenzen in **maximale Biomasse**mengen, die ohne nachteilige Wirkungen für Mensch und Umwelt sowie für künftige Generationen nutzbar sind.
2. Transformation des **Ernährungssystems** im Hinblick auf Ernährungssicherung, Biodiversität, Klimaschutz und nachhaltige Landnutzung.
3. Vorrang **stofflicher** Nutzung in Kaskaden und in dezentralen **Bioraffinerien**, die energetische, stoffliche und Futter-Produkte integriert bereitstellen, sowie prioritäre Nutzung biogener **Abfall- und Reststoffe** bei Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien.
4. **Integration** des Biomasseanbaus über Zwischen- und Zweitkulturen sowie Acker-Wald-Mischformen, die biogene Rohstoffe **ohne** direkte oder indirekte Landnutzungsänderungen bereitstellen, in eine ökologische Landwirtschaft.
5. Anbau biogener Rohstoffe auf Flächen, die wegen geringer Bodengüte, Rentabilität und Wasserverfügbarkeit **nicht** für Nahrungs- oder Futtermittel genutzt werden. Hierzu zählen z.B. durch Überweidung degradierte Flächen, auf denen in **mehnjährigen Kulturen** biogene Rohstoffe (nach)wachsen können.

²³ Siehe insbesondere Banse et al. (2020); EEA (2018); FAO (2017); Fritsche et al. (2006, 2010, 2015 + 2020a); Fritsche & Rösch (2020); Konrad, Scheer & Weidtmann (2020); OECD (2019); Panoutsou et al. (2016); Spangenberg & Kuhlmann (2020); Thrän & Moesenfechtel (2020); van der Hilst et al. (2019); WBGU (2009, 2011 + 2020) und Wydra et al. (2020).

²⁴ Zur Erweiterung dieses Konzepts im Hinblick auf Umsetzungsaspekte siehe Kapitel 4.5

²⁵ Eine aktuelle globale Übersicht gibt IACGB (2020).

4.1.1 Strategie 1: Übersetzung der planetaren Grenzen in maximale Biomasse-mengen

Strategie 1 wurde schon im Kapitel 3.2 für Deutschland in der Potenzialdiskussion dargestellt: Das maximale nachhaltige Biomassepotenzial wurde eingedenk der planetaren Grenzen bestimmt.

4.1.2 Strategie 2: Transformation des Ernährungssystems

Strategie 2 betrifft das Ernährungssystem²⁶ („food system“), d.h. das komplexe Geschehen der Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, ihrer Verarbeitung sowie die Nachfrageseite (Ernährungsgewohnheiten, Konsumstile) unter Einbeziehung von Gesundheitsaspekten.

Dass eine radikale Veränderung des Ernährungssystems möglich und als Teil einer „großen Transformation“ (WBGU 2011) hin zu mehr Nachhaltigkeit auch nötig ist, findet immer mehr Berücksichtigung und Zustimmung²⁷, z.B.:

- Im Entwurf der ‚Freiwilligen Leitlinien für nachhaltige Ernährungssysteme‘ des Komitee für Ernährungssicherheit der Vereinten Nationen (CFS 2020a),
- den vom CFS parallel entwickelten Politikempfehlungen zu »Agrarökologischen und anderen innovativen Ansätzen für nachhaltige Landwirtschaft und Ernährungssysteme, die Ernährungssicherheit fördern« (CFS 2020b),
- dem für Herbst 2021 geplanten „Food System Summit“ der Vereinten Nationen²⁸,
- der von der EU-Kommission entwickelten Farm-to-Fork-Strategie (EC 2020b), und
- den zivilgesellschaftlich initiierten Ernährungsräten, die sich weltweit in vielen Städten etablieren (Reichert 2021).

Nahrungs- und Futtermittel sind die größten Verbraucher von Biomasse, dominieren die globale Flächennutzung, den Flächennutzungswandel und viele Umwelteinflüsse wie den Biodiversitätsverlust (IPBES 2019) und tragen zum Klimawandel bei (IPCC 2019). Die Hälfte der heutigen Agrarproduktion ist für massive Überschreitungen der planetaren Grenzen hinsichtlich der Stickstoff- und Phosphorkreisläufe, der Biodiversität sowie im Hinblick auf Landnutzungsänderungen und Klima verantwortlich (WBGU 2020). Bahar et al. (2020) und Gerten et al. (2020) zeigen allerdings, dass es möglich ist, innerhalb der planetaren Grenzen zehn Milliarden Menschen zu ernähren.

²⁶ „Ernährungssysteme umfassen alle Elemente (Umwelt, Menschen, Betriebsmittel, Prozesse, Infrastruktur etc.) und Aktivitäten, die mit der Erzeugung, Verarbeitung, Vertrieb, Zubereitung und dem Verbrauch von Nahrungsmitteln zusammenhängen, einschließlich der sozio-ökonomischen und ökologischen Wirkungen dieser Aktivitäten (...) Nachhaltige Ernährungssysteme sichern die Ernährungssicherheit für alle so, dass es die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Grundlagen für die Herstellung von Ernährungssicherheit zukünftiger Generationen nicht einschränkt ist.“ (eigene Übersetzung nach HLEP 2017)

²⁷ Vgl. z.B. Herren et al. (2020); IFPRI (2020); IIASA & SDSN (2019+2020); IPCC (2019); OECD (2019); Sachs et al. (2019); WBGU (2020) und WIR (2019).

²⁸ <https://www.un.org/en/food-systems-summit>

Eckpfeiler nachhaltiger Ernährungssysteme sind Innovation (Herrero et al. 2020) und Produktivität (DeBoe 2020). Auch die Verringerung von Lebensmittelverlusten und Wertschöpfung aus Nebenprodukten der Lebensmittelverarbeitung gehören dazu, wie ein Überblick zu 50 Jahren Literatur zum Thema "how to feed the world" zeigt (Tamburino et al. 2020).

IFPRI (2020) ruft in seinem jüngsten Global Food Policy Report Regierungen und Stakeholder dazu auf, inklusive Ernährungssysteme aufzubauen, und IPES-Food (2015-2020) betont die Notwendigkeit des Übergangs von industrieller Landwirtschaft zu diversifizierten agrarökologischen Systemen.

Ein solches Maß an Anerkennung und Unterstützung auf hoher Ebene für eine Transformation des Ernährungssystems zeigt sich auch in SAPEA (2020), die ein nachhaltiges Ernährungssystem in der EU fordert.

In diesem Zusammenhang fordert EC (2020g) die Anerkennung von Lebensmitteln als **Gemeingut** und nicht nur als Ware/Konsumgut. Als ein besonders relevantes Handlungsfeld hat der WBGU Orte die Außer-Haus-Verpflegung und insbesondere die Gemeinschaftsverpflegung identifiziert. Hier können Ernährungsbiografien geprägt, Wissen und Normen vermittelt und nachhaltige Ernährungsstile verbreitet werden (WBGU 2020).

Wichtig für die Bioökonomie ist, dass die Ernährungssystemeansicht ermöglicht, sowohl die Chancen als auch die politischen Herausforderungen im Zusammenhang mit nachhaltigen Ernährungssystemen besser zu verstehen und dabei auch die Effizienz zu betrachten (OECD 2019):

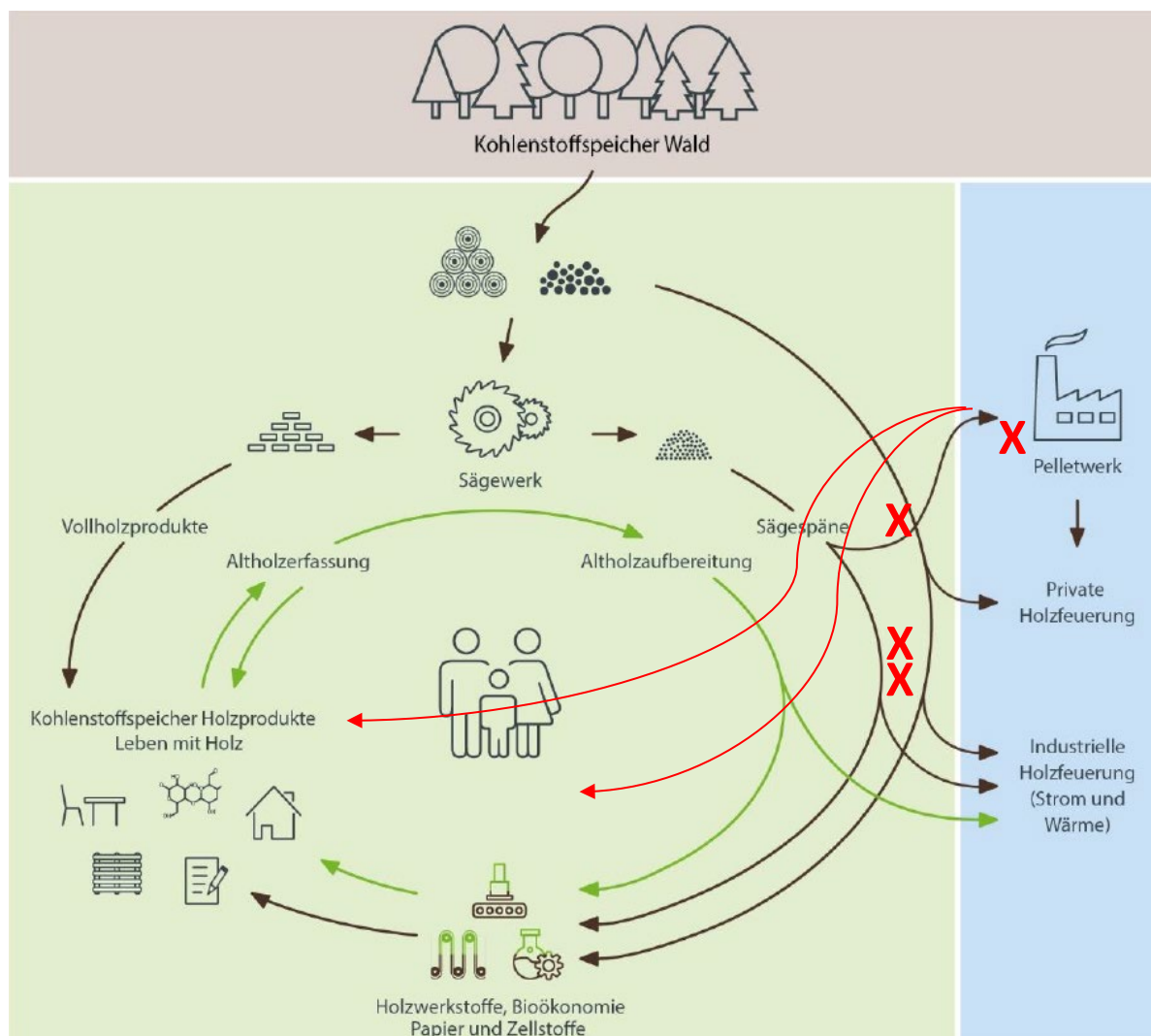
Eine nachhaltige Bioökonomie vermeidet und reduziert Lebensmittelverluste und -abfälle. Unter Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft können unvermeidbare Nebenprodukte der Lebensmittelverarbeitung und Lebensmittelabfälle in Futtermittel umgewandelt werden, z. B. in dezentralen **Bioraffinerien**.

Dies bietet neue Perspektiven für Landwirte und ländliche Räume und könnte nicht nur Treibhausgasemissionen reduzieren, sondern auch Stickstoff- und Phosphorkreisläufe (und damit die Kreislaufwirtschaft) sowie die gesamte Landnutzungseffizienz verbessern und damit Spielräume für den – nachhaltigen – Anbau von NaWaRo eröffnen (WBGU 2020).

4.1.3 Strategie 3: Vorrang stofflicher Nutzung in Kaskaden, dezentrale Bioraffinerien und prioritäre Nutzung biogener Abfall- und Reststoffe

Bei **Strategie 3** ist die Nutzungskaskade der Schlüsselbegriff (siehe auch Bild 3). Am Beispiel Holz zeigt das folgende Bild, was darunter zu verstehen ist.

Bild 24 Die Kaskadennutzung von Holz in einer nachhaltigen Bioökonomie



Quelle: eigene Darstellung, ergänzt nach BMEL (2020); X = bei Kaskadennutzung **nicht** zu verfolgende Pfade

Die Bioraffinerien in Strategie 3 sind **keine** zentrale Großanlagen, die Biomasse aufwändig in elementare Bestandteile zerlegen und anschließend – analog zu petrochemischen Raffinerien – daraus Grundstoffe synthetisieren. Vielmehr sind hier **dezentrale** Technologien gemeint, die über biologische und chemisch-physikalische Verfahren die in der Biomasse **bereits vorhandenen** Komponenten²⁹ auftrennen und weiter verarbeiten. Diese „grünen“ Bioraffinerien setzen dazu lokale Ressourcen wie Bioabfälle, Grasschnitt oder Holz ein und schließen Nährstoffkreisläufe insbesondere für Stickstoff und Phosphor.

Im Hinblick auf die Nutzung von **Abfall- und Reststoffen** sind die Nachhaltigkeitsanforderungen entscheidend: Bei der Entnahme von Reststoffen aus Forst- und Landwirtschaft (Durchforstungsholz, Reststroh) ist neben der Kohlenstoffbilanz auch die Frage der Biodiversität relevant, z.B. Totholzanteile für den Wald.

²⁹ Dies sind die von Pflanzen synthetisierten Substanzen wie Fasern, Öle und Proteine

4.1.4 Strategie 4: **Integration** des Biomasseanbaus in eine ökologische Landwirtschaft

Strategie 4 zielt beim Biomasseanbau auf **Ökologisierung** statt Intensivierung.

Ziel ist die Steigerung von Biodiversität sowie Bodenkohlenstoff durch NaWaRo-Pflanzen, also mehr **Ökosystemleistungen** in der offenen Agrarlandschaft (Bessel 2019): Die Diversifizierung von Anbausystemen kann z.B. regulierende Leistungen des Bodens fördern (KBU 2008+2019).

Hierzu stehen ein- und mehrjährige Pflanzen zur Verfügung, etwa Wildpflanzenmischungen, die sowohl Biomasse liefern als auch Lebensraum und Nahrungsressourcen für Vögel und Insekten bereitstellen (Lewandowski & von Cossel 2019; Weisser 2019).

Für die gesellschaftliche Akzeptanz der Bioökonomie ist dabei wesentlich, auf die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen (genetically modified organisms, GMO) **zu verzichten** – hier besteht kein Konsens zu Risiken und Nutzen³⁰.

4.1.5 Strategie 5: Fokussierung des Anbaus biogener Rohstoffe auf **marginale** und **degradierte** landwirtschaftliche Flächen

In **Strategie 5** ist die Definition von Marginal- und Degradationsflächen entscheidend (WBGU 2020): **Marginale** Flächen sind solche mit geringer Bodengüte und Wasserverfügbarkeit, steilen Hanglagen usw., die nicht (mehr) für den Anbau von Nahrungs- oder Futtermitteln dienen. **Degradiert** sind Flächen, deren Bodenkohlenstoff- und Humusgehalte zu gering für herkömmliche Landwirtschaft sind, was z.B. durch Wasser- und Winderosion, Überdüngung und Überweidung sowie lang anhaltende Trockenheit verursacht sein kann („Wüstenbildung“). Hierzu zählen auch kontaminierte, überflutete oder versalzene Flächen³¹. Solche Flächen sind in erheblichem – und steigendem – Umfang verfügbar³² und mit mehrjährigen Kulturen nutzbar (Lewandowski & von Cossel 2019).

Der NaWaRo-Anbau für die Bioökonomie **kann** damit auch zur Erreichung des SDG 15.3 (land degradation neutrality) beitragen und bietet eingeschränkt Potenziale für Entwicklungsländer – hier findet allerdings z.T. Subsistenzlandwirtschaft durch Nomaden statt, die durch Biomasseanbau gefährdet sein kann. Marginalflächen sind zudem oft hoch artenreich (WBGU 2020).

³⁰ Vgl. näher BfR (2019); CBD (2015); EEA (2020); ENSSER (2013+2019); IUCN (2019); Zilberman, Holland & Trilnick (2018) sowie Wannemacher (2020). Eine „kritische Berichterstattung“ erfolgt hierzu auch durch den NABU, siehe <https://www.nabu-bfa-oekeotox.de/>

³¹ Zur näheren Diskussion der Definition siehe Wiegmann, Hennenberg & Fritsche (2008); Elbersen et al. (2017); Gerwin (2018); Mellor et al. (2021).

³² Vgl. näher Fritsche et al. (2017); IEA & GBEP (2016); IRENA (2017); Wicke (2011).

Beides erfordert, ökologische (Artenvielfalt) und soziale (Landrechte) **Kriterien zum Ausschluss** solcher Flächen³³ vom Anbau biogener Rohstoffe verbindlich festzulegen und entsprechende Überprüfungsmechanismen (Monitoring, Zertifizierung) zu entwickeln.

4.2 Bioökonomisches Wissen für die Transformation

Die fünf Strategien für eine nachhaltige Bioökonomie müssen wissenschaftsbasiert sein (vgl. Kapitel 1.1, Bild 2). Eine zukunftsfähige Bioökonomie ist so zu gestalten, dass neben technisch-ökonomischem Wissen auch solches Wissen gefördert wird, das es Produzenten und Konsumenten ermöglicht, nicht-nachhaltige Verfahren und Verhaltensweisen nicht nur zu reduzieren, sondern **radikal zu verändern**. Urmetzer et al. (2020) betonen, dass neben den technologischen Fertigkeiten ein interdisziplinäres Verständnis systemischer Zusammenhänge, demokratisch legitimierte Zielvorstellungen sowie die notwendigen Fähigkeiten, um diese Ziele partizipativ umzusetzen, **unverzichtbar** sind.

Dazu gehört auch, dass Aus- und Weiterbildung an die Bioökonomie angepasst werden und zukunftsgerichtet qualifizierte Lehre und Forschung gewährleistet sind. Beispielhaft für nachhaltiges Bauen schlägt der WBGU (2020) vor:

„Um alle Wertschöpfungsstufen des nachhaltigen Bauens weltweit und auch im ländlichen Raum zu etablieren, muss das nötige Wissen verbreitet werden (etwa zu Materialien, Bauweisen, Normen und Zertifizierungen sowie Kreislaufoptionen)“.

Ingenieurs- und duale Ausbildungsgänge sowie Fortbildungen zum nachhaltigen Bauen sollten stärker an Hochschulen und in der außeruniversitären Ausbildung verankert werden und Schulungsprogramme auf kommunaler Ebene für Entscheidungsträger (Bauämter, Brandschutz-Sachverständige, u.a.) zum Stand der Technik im Holzbau angeboten werden (MLRV BaWü 2018).

Es müssen Normen geändert, Wissen generiert, verbreitet und anerkannt werden, sonst läuft die Transformation hin zu einer Bioökonomie Gefahr, zu einem nicht nachhaltigen, rein technologisch-ökonomischen Projekt zu werden.

4.3 Nachhaltige Bioökonomie: Eine Gestaltungsaufgabe

Die fünf Nachhaltigkeitsstrategien für die Bioökonomie lassen einerseits erhebliche Spielräume für Gestaltung und Umsetzung, die durch künftige Innovationen bei Anbau, Pflanzenzucht und Konversionstechnologien weitere Möglichkeiten eröffnen können. Andererseits ist ihre **Akzeptanz** durch die vielfältigen Akteure und Sektoren keineswegs einfach „gegeben“.

³³ Für eine entsprechende Kriterienliste siehe Crepy et al. (2020) sowie OEKO, RSB & CI (2008). In der EU RED sind hochbiodiverse Flächen verbindlich ausgeschlossen – dies gilt aber nur für Bioenergie, nicht für stoffliche Biomassenutzung.

Seit einigen Jahren gibt es daher auf regionaler³⁴, nationaler (Banse et al. 2020; Wydra et al. 2020) und EU-Ebene (Fritsche et al. 2021a) partizipative **Szenario-Prozesse**, die mögliche Entwicklungspfade einer nachhaltigen Bioökonomie entwerfen und sowohl gemeinsame Positionen – bis hin zum Konsens - über „gewünschte“ Zukünfte als auch gemeinsame Umsetzungsperspektiven und entsprechende Handlungskoalitionen erarbeiten.

Dabei ist es wichtig, **auch Dissens** offen zu ermitteln und ggf. strittige Optionen – wie etwa die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen – von der bioökonomischen Nutzung auszuklammern (vgl. Kapitel 4.1.2).

Im Sinne der **BioWEconomy** (vgl. Kapitel 4.4, 4.5 und 5.5) sind solche Prozesse notwendiger Teil der Umsetzung des Konzepts einer nachhaltigen Bioökonomie, auch wenn sie bislang deutliche Defizite in Bezug auf eine notwendig breite Beteiligung aufweisen (Ober & Huwe 2020).

Entscheidend für eine breitere Beteiligung ist dabei auch, das Verständnis von Bioökonomie zu erweitern und von der bisher stark technisch-ökonomischen Sicht und Darstellung hin zu einer umfassenderen und wesentlich besser verständlichen Definition zu kommen, die **gemeinsam** mit gesellschaftlichen Akteuren formuliert und getragen wird.

4.4 Zum Konzept der „BioWEconomy“

2018 wurde in den USA das Buch "**WEconomy**" veröffentlicht (Kielburger, Branson & Kielburger 2018). Im selben Jahr veröffentlichten zwei Deutsche ein Manifest mit dem Titel "**Economy to Weconomy**" (Marx & Stegellner 2018), das den individualistischen US-Ansatz um eine eher gesellschaftliche Sichtweise erweitert.

Parallel dazu eröffnete Tim Jackson das **Centre for the Understanding of Sustainable Prosperity** (CUSP)³⁵, das **Donuts Economic Lab** nahm seine Arbeit auf³⁶, Maja Göpel veröffentlichte **The Great Mindshift**³⁷ und die **Wellbeing Economy Alliance** wurde gegründet³⁸.

Inspiriert von diesen Entwicklungen ist die Einfügung des "**WE**" (we = all of us) in den englischen Begriff Bioeconomy zur Bildung des Begriffs Bio**WE**economy³⁹ bereits eine - kleine - Transformation.

³⁴ Siehe z.B. für das rheinische Braunkohlerevier: <https://www.bioekonomierevier.de/>

³⁵ <https://www.cusp.ac.uk>

³⁶ <http://www.doughnuteconomics.org/>

³⁷ <http://greatmindshift.org/>

³⁸ <https://wellbeingeconomy.org/>

³⁹ Im deutschen Sprachgebrauch wäre eine freie Übersetzung: Lebens**WIR**tschaft.

Die klassische Bioökonomie braucht ein neues Narrativ unter einem neuen Paradigma:

Die **Transformation** zu einer zirkulären, nachhaltigen Bio**WE**economy, die die Transformation der Abfall-, Agrar-, Fischerei- und Forstwirtschaft einschließt, stimuliert und unterstützt (Tabelle 3).

Tabelle 3 Vergleich zwischen der "klassischen" Bioökonomie und der BioWEconomy

Themen	"Klassische" Bioökonomie	BioWEconomy
Nachhaltigkeit	THG-Minderung	Wohlbefinden*
	Substitution fossiler Ressourcen	Transformation
Landwirtschaftliche Logik	Intensivierung	Agrarökologie & Ökosystemleistungen
Geschäftslogik	Linear, privater Profit, Skalen-ökonomie, Produzent-Kunde	Zirkularität, Gemeinwohl, Netzwerke, Prosumenten
Innovationslogik	Technisch	Biologisch und technisch, sozial & wirtschaftlich
Räumliche Muster	Großräumig/global, zentralisiert	Dezentral, regionale Cluster

Quelle: *eigene Übersetzung und Anpassung nach Fritsche et al. (2020); *= healthy people, planet, and prosperity*

Eine Bio**WE**economy könnte Systemveränderungen (Transformationen) in der Wirtschaft selbst in Richtung Nachhaltigkeit vorantreiben, da ihre Akteure Produzenten, Konsumenten und Prosumenten sind - **wir alle**.

- Die BioWEconomy umfasst auch neue soziokulturelle Akteure (kollaborative/teilende Ökonomie, Commoning) und erforscht Innovationen nicht nur bei Technologien, sondern auch bei Geschäftsmodellen und **sozialen** Praktiken.
- **Kultur & Kunst** sind nicht nur Kommunikationsmittel, sondern Elemente der BioWEconomy, sowohl in Bezug auf die Bereitstellung von (gesellschaftlichen und wirtschaftlichen) Dienstleistungen als auch Mittel zur Transformation.
- Die BioWEconomy begünstigt **naturbasierte** Lösungen & fairen internationalen Handel. Es wird allerdings viele Experimente, Erkundungen und kritische Überprüfungen brauchen, um dorthin zu gelangen.
- Die Governance einer nachhaltigen Bioökonomie erfordert **partizipative** Ansätze und neue Indikatoren. Um Vertrauen zu schaffen, braucht es **transparente Lieferketten** und partizipative Verifizierung ("citizen science").
- Finanzierungsinstitutionen brauchen Nachhaltigkeitsprüfungen für Investitionen in die Bioökonomie - Zertifizierung ist **nicht genug**. Nachhaltigkeit muss

Bedingung für Finanzierungen werden (EU-Taxonomie, Green Deal, Konjunkturpakete etc.), und partizipatives **crowd funding** wird es dem WE-Ansatz ermöglichen, Bottom-up-Projekte zu fördern.

- Die BioWEconomy braucht Ziele für 2030 und 2050, um die Transformation zu steuern. **Wir** müssen uns an der Erstellung der Ziele beteiligen und dabei globale Ansichten berücksichtigen.

4.5 Kultur und Kunst in der BioWEconomy

Im Kapitel 2.2 (Bild 5) wurde die Rolle von Kultur und Kunst als **Bindeglied** zwischen Gesellschaft und Wirtschaft hervorgehoben, und die BioWEconomy sieht sozioökonomische Praktiken als wichtige Bestandteile der Wertschöpfung, wenn auch weniger im Sinne des BIP, sondern im Sinne **gesellschaftlicher Werte**. Kulturelle Praktiken sind so alt wie die Menschheit, und Kunst ist ein spezifischer Ausdruck solcher Praktiken. Mit den Veränderungen in den Gesellschaften über die Jahrtausende, dem wachsenden (wirtschaftlichen) Wohlstand und zunehmenden neoliberaler Prägung wie wir leben und interagieren, wurde **der Markt** zu einem bestimmenden Faktor für kulturelle Praktiken und Kunst. Dies betrifft nicht nur die Massen- und neuen "sozialen" Medien, sondern auch die Art und Weise, wie Museen arbeiten, kulturelle Praktiken bewertet und Kunstprodukte vermarktet werden.

Andererseits waren Kultur und Kunst noch nie so frei, vielfältig und zugänglich wie heute.

Kulturelle Vielfalt wird zu einem Marktwert, und kulturelle Ressourcen wie Essen, Mode, Musik, Sport und Geschichten (z. B. Manga-Comics, Telenovelas, Bollywood-Filme) entziehen sich zunehmend früheren Beschränkungen im Sinne der Kontrolle durch Clans, Monarchen, Nationen, Oligarchen und Potentaten, Religionen usw., um für globalisierte Kunden auf der Suche nach Neuem verfügbar zu werden.

Die "Flower-Power-Revolution" der späten 1960er Jahre, die postkoloniale Öffnung vieler Länder des globalen Südens in den 1970er und 1980er Jahren, verbesserter Medien- und Internetzugang und die Digitalisierung seit 1990 wirkten auf kulturelle Praktiken - auch Kunst - kontinuierlich **transformierend**.

Der aktuelle Trend des 3D-Drucks (keine "Originale" mehr), die Wiederentdeckung von Manufaktur und Handwerk als Gegentrend, die zunehmende Digitalisierung und Virtualisierung als Reaktion auf die Corona-bedingten lockdowns und die Erfahrung kultureller Abwesenheit oder eines nur dürftigen Ersatzes des "Echten" (Konzerte, Sportveranstaltungen etc.) werden Einfluss darauf haben, wie sich kulturelle Praktiken und Kunst weiter entwickeln.

Inzwischen stellen Künstler wie Olafur Eliasson das Verhältnis von Mensch und Natur in Frage⁴⁰, Emma Hislop erforscht Zusammenhänge zwischen Mikrobiomen in unseren Bäuchen und Kreislaufwirtschaft⁴¹, Kristiane Kegelmann verbindet Food Art und Unternehmertum⁴², Banksy fügt mit subversiven Graffiti Kunst in den Alltag ein⁴³ und Bruno Latour fordert [Landing on Earth](#)⁴⁴.

Die Beispiele deuten auf fruchtbaren Boden, um die BioWEconomy durch nicht-technische und postmoderne Ansichten und Praktiken zu stärken.

Dies ist notwendig, da die Humanisierung des Begriffs Bioökonomie nicht allein durch Hinzufügen des „WE“ (bzw. "WIR") erreicht wird. Es könnte ein Anfang sein, auf Künstler zuzugehen und naturbasierte [kulturelle](#) Praktiken (z.B. Kochen, Bildung, Gärtnern, Gesundheitsvorsorge usw.) als [Teil](#) der BioWEconomy neu zu definieren, die [gesellschaftlichen](#) Wert für alle schaffen. Auch [traditionelles](#) Wissens, eingebettet z.B. in landwirtschaftliche Praktiken der Saatgutwahl (Iran), adaptive Klimaarchitektur (Nordafrika), naturbasierte langlebige Stoffe und Materialien (Afrika, Asien, Lateinamerika) könnte die BioWEconomy bereichern.

4.6 Nachhaltigkeits-Governance als Herausforderung

Die Bioökonomie ist kein allein deutsches oder europäisches Konzept, sondern wird von vielen Staaten verfolgt (Teitelbaum, Boldt & Patermann 2020) – und sie verbindet über internationale Wertschöpfungsketten und Handel rohstoffproduzierende Länder mit jenen, die Zwischenprodukte herstellen bzw. Endprodukte konsumieren. Damit hat sie globale Reichweite – sie ist eine Herausforderung für die [weltweite Governance](#) und ihre politische Gestaltung⁴⁵.

Das Gelingen einer nachhaltigen Bioökonomie wird davon abhängen, wie weit die derzeit sehr schwache globale Governance gestärkt wird und sie belastbare Nachhaltigkeitskriterien umsetzen kann (Jering, Klatt & Günther 2020).

Dabei darf nicht auf eine globale „Lösung“ gewartet werden, sondern auch lokal/regional und national können Handlungsansätze erprobt und Akteursallianzen initiiert werden (Wolff, Kiresiewa & Möller 2020).

Diese [Dynamik von unten](#) ersetzt nicht internationale bzw. globale Nachhaltigkeitsregeln für die Bioökonomie - sie ist vielmehr ein Weg dahin.

⁴⁰ <https://olafureliasson.net>

⁴¹ <https://opentongue.cargo.site/AiR-2020>

⁴² www.kristianekegelmann.com

⁴³ <http://www.artbanksy.com/>

⁴⁴ <https://zkm.de/en/exhibition/2020/05/critical-zones>

⁴⁵ Entsprechende Vorschläge wurden u.a. bereits in Fritsche et al. (2010) formuliert, in Fritsche & Iriarte (2014) und Hoff et al. (2018) für die EU konkretisiert sowie in Fritsche et al. (2015) und kürzlich in WBGU (2020) im Hinblick auf die globale Landnutzung weiter diskutiert. Eine Übersicht zu entsprechenden Ansätzen geben Iriarte, van Dam & Fritsche (2021), Konrad, Scheer & Weidtmann (2020) sowie Pelkmans, Berndes & Fritsche (2019) und Spangenberg & Kuhlmann (2020).

Die Ergebnisse des interdisziplinären Workshops⁴⁶ der BMBF-Nachwuchsgruppe "Mentalitäten im Fluss (flumen)" verweisen darauf, dass das größte Potenzial für eine Bioökonomie **auf lokaler Ebene** läge, mit maßgeschneiderten Lösungen für spezifische ökologische und kulturelle Anforderungen und eingedenk der planetaren Grenzen des Wachstums und der Ungleichheiten zwischen dem globalen Süden und Norden.

Bisher profitiert der Norden, und die Bioökonomie schwächt die bestehenden Probleme nicht ab, sondern verstärkt sie in vielen Fällen.

„Weiterhin wurde festgestellt, dass die realen Auswirkungen der Bioökonomie, zusammen mit der Kritik von Aktivisten und Akademikern, von der Politik oft nicht aufgegriffen werden. Trotz wissenschaftlicher Erkenntnisse wird weiterhin auf technologische Forschung und Wachstum gesetzt, alles in der Hoffnung auf ein immerwährendes Business-as-usual. Fossile Infrastrukturen und fossile Mentalitäten können nicht schnell überwunden werden, weil sie sich gegenseitig verstärken.“ (Koch & Fritz 2020)

⁴⁶ Workshop "It's the Bioeconomy, stupid! Die Zukunft des Wachstums und das Versprechen der Bioökonomie" 7.-8.10. 2020 am Institut für Soziologie der Universität Jena, siehe <http://www.flumen.uni-jena.de/interdisziplinaerer-workshop-its-the-bioeconomy-stupid-7-8-oktober-2020/>

5 Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des Konzepts einer nachhaltigen Bioökonomie

Dieses Schlusskapitel gibt Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des Konzepts einer nachhaltigen **deutschen** Bioökonomie im EU- und Global-Kontext.

5.1 Nachhaltigkeits-Governance für die Bioökonomie

Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, für das Konzept einer nachhaltigen Bioökonomie eine **Governance** (im Sinne von Steuerung) zu entwickeln und zu implementieren, die durch **Integration von Einzelpolitiken** dem sektorübergreifenden Charakter der Bioökonomie gerecht wird.

Mit dem **European Green Deal** (EGD) verfolgt die EU ein solches – neues – politisches Projekt, das als Multi-Level-Ansatz Mitgliedsstaaten und Regionen, aber auch Nicht-EU-Partner (insb. Afrika) adressiert und einbezieht. Die SDGs und der EGD haben 2030 als Zeithorizont zur Umsetzung, während Nachhaltigkeitsprobleme wie Klimawandel, Dekarbonisierung und Ressourceneffizienz auf längere Zeiträume (bis 2050 und danach) abzielen. Daher sind die SDGs und der EGD relevant für die **mittelfristige** Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie, und die Entwicklung langfristiger Ziele für die Zeit **nach 2030** sollte Teil der Bioökonomie-Governance sein. Hier sollte Deutschland **Impulse** geben:

Die bessere Integration der Bioökonomie in die – fortzuschreibende – Nachhaltigkeitsstrategie unter Federführung des Bundeskanzleramts, die Aufwertung des Bioökonomierats durch eine EU-Komponente sind solche Schritte. Hinzu kommt, dass Deutschland eine sektor**übergreifende rechtlich verbindliche** Steuerung der Bioökonomie fehlt und diese in der nächsten Legislaturperiode prioritär zu verfolgen ist (siehe Kapitel 5.3).

Auf der anderen Seite stehen kürzere Zeitperspektiven und Präferenzen der Marktakteure. Dies erfordert **kurzfristige greifende Regelungen** wie Steuern, Anreiz- und Quotensysteme sowie Nachhaltigkeitsanforderungen für Investitionen in die Bioökonomie (analog der EU Taxonomy, vgl. Kapitel 5.2).

Die Steuerung der Nachhaltigkeit der Bioökonomie ist somit ein **Prozess**, der vom Agenda Setting und Framing bis hin zur Schaffung neuer rechtlicher Regeln und Institutionen reicht (Fritsche et al. 2020).

*„Beim Thema Bioökonomie zeigt sich das nicht nur ein oft im „Hype“ verzerrtes Bild von Potenzialen und Risiken neuer Technologien, sondern dass Zielkonflikte bei Nachhaltigkeit immer auf ethische, politische und juristische Fragen zurückgehen. Diese lassen sich nicht ausrechnen, sondern müssen gesellschaftlich entschieden werden. Dazu sind nicht nur eine offene Debatte unter Einbezug von Bürger*innen nötig, sondern auch Mittel, um Ungleichgewichte verschiedener Stakeholder-Kreise zu reduzieren.“ (WBGU 2020, S.262)*

5.2 Finanzierungsfragen

Die Reaktionen der deutschen, europäischen und internationalen Politik auf die COVID-19-Pandemie belegen, dass sich bei entsprechendem Problemdruck beachtliche öffentliche Mittel mobilisieren lassen, um ökonomische und soziale Konsequenzen abzufedern und über Konjunkturpakete wie NextGenerationEU in Billionenhöhe zu beschließen.

Entsprechendes gilt für den deutschen Kohleausstieg, der mit gut 40 Milliarden € wesentliche regionale Impulse setzt.

Die mittelfristig ansteigende CO₂-Bepreisung wird durch Steuern und Emissionshandel weitere erhebliche Finanzmittel mobilisieren, die zur Umsetzung einer nachhaltigen Bioökonomie durch Investitionen genutzt werden müssen.

Mit dem European Circular Bioeconomy Fund und Finanzprogrammen der EIB hat die EU erste – noch zu geringe (Fritsche et al. 2021b) - Schritte in diese Richtung getan.

Für eine klare Nachhaltigkeitsregelung öffentlicher Investitionen und Finanzierungsprogramme bietet die [EU Taxonomy](#) den Rechtsrahmen, in den auch die [Bioökonomie integriert](#) werden muss.

5.3 Ein Bioökonomie-Gesetz

In Deutschland – und perspektivisch auch in der EU, vgl. unten – ist ein [verbindlicher Rechtsrahmen](#) zur Integration der heutigen sektoralen Regelungen unter dem „Dach“ einer nachhaltigen Bioökonomie nötig.

Dies sollte unter dem Stichwort [Bioökonomie-Gesetz](#) ein breites politisches Projekt der nächsten Legislaturperiode werden und zur Vorbereitung sind entsprechende [Entwürfe der Zivilgesellschaft](#) – etwa der zivilgesellschaftlichen Plattform Bioökonomie – sinnvoll.

Im Bioökonomiegesetz wären die [national](#) regelbaren Fragen der Biodiversität, Bodenschutz, nachhaltiger Forstwirtschaft, nachhaltigen Bauens und biogener Ressourceneffizienz (Möller et al. 2020) zusammen mit einem nachhaltigen öffentlichen Beschaffungswesen [integrierend](#) zu steuern.

Das Abfall- und Handelsrecht kann dagegen [nur auf EU-Ebene](#) adressiert werden, da Fragen wie bi- und multilaterale Handelsabkommen und WTO-Reform der EU obliegen.

Ein deutsches Bioökonomiegesetz muss, um eine Integration dieser wichtigen Fragen zu ermöglichen, daher durch einen parallelen Prozess zur Schaffung eines EU-Ordnungsrahmens („framework directive“) zur nachhaltigen Bioökonomie ergänzt werden.

5.4 Der Ernährungssystem-Land-Naturschutz-Nexus als Fokus

Die Strategie 2 des Konzepts zur nachhaltigen Bioökonomie (vgl. Kapitel 4.1.2) betrifft die notwendige Transformation des Ernährungssystems. Nicht erst während der COVID-19-Pandemie – aber hierdurch verstärkt – ist dieses komplexe Teilgebiet der Bioökonomie in der gesellschaftlichen und ökonomischen Diskussion „angekommen“, nicht zuletzt durch die starken **Alltagsbezüge**, den hohen Beiträgen zu Klimawandel und Artenverlust sowie regionalwirtschaftlichen Effekten.

Bislang wird das Ernährungssystem in der Öffentlichkeit jedoch kaum als Teilfrage der Bioökonomie gesehen (Hempel, Will & Zander 2019), hat aber erhebliches **Mobilisierungspotenzial**, wenn es gelingt, diese Verknüpfung stärker zu betonen.

Hier sind entsprechende Kampagnen durch Verbandsarbeit notwendig und sollten mit Aktivitäten von z.B. Fridays for Future koordiniert werden.

Analog zur „farm-to-fork“-Strategie der EU sind dabei auch und gerade Fragen der Biodiversität, des Tierwohls und des Naturschutzes in der Land(wirt)schaft offenkundige Schwerpunkte, die sich gut mit **nachfrageseitigen** Maßnahmen (Ernährungs- und Konsumstile) verbinden lassen.

5.5 Umsetzung: Auf dem Weg zur BioWEconomy

5.5.1 Städte als Tatorte der Bioökonomie

Durch technologische Innovationen der letzten Dekade sind nun nachhaltige biobasierte Alternativen vor allem für Baustoffe und Textilien aus Holz verfügbar (Palahi et al. 2020), die eine erhebliche Reduktion der THG-Emissionen erlauben und gleichzeitig dauerhafte **Kohlenstoffspeicher** schaffen (Churkina et al. 2020; IPCC 2019; WBGU 2020).

Biobasierte Materialien und **naturnahe** bioökonomische Ansätze sind wesentlich für nachhaltigere und gegenüber Klimawandel und Pandemien **widerstandsfähige** Städte (Cabanek, Zingoni de Baro & Newman 2020; Fritsche et al. 2021b): Sie sind der Ort, an dem die meisten Verbraucher leben, einkaufen und konsumieren. Entscheidungen in Bezug auf Handel, Infrastruktur, Gesundheit, Mobilität und Bildung beeinflussen städtische Lebensgrundlagen und die Umwelt sowohl durch die Nachfrage als auch durch das Angebot erheblich.

Urbane Landwirtschaft kann eine wichtige Rolle spielen vor allem bei der Versorgung mit frischem Gemüse, und eine **urbane Waldwirtschaft** könnte eine wesentliche naturbasierte Komponente beim anstehenden Umbau von Städten sein, um gesunde Räume während „lockdowns“ und Hitzeperioden zu schaffen, lokale Rohstoffe für die Bioökonomie zu liefern und die Biodiversität zu erhöhen.

Literaturverzeichnis

- Aguilar, Alfredo & Patermann, Christian (2020) Biodiplomacy, the new frontier for bioeconomy? *New Biotechnology* 59: 20-25 <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.07.001>
- Andersen, Brannon & Quinn, John (2020) Human Appropriation of Net Primary Production. *Encyclopedia of the World's Biomes*: 22-28 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12434-0>
- Arasto, Antti et al. (2017) Bioenergy's role in balancing the electricity grid and providing storage options – an EU perspective. *IEA Bioenergy Task 41 P6: 2017:01* http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/02/IEA-Bioenergy-Bioenergy-in-balancing-the-grid_master_FINAL-Revised-16.02.17.pdf
- Banse, Martin et al. (2020) Eine biobasierte Zukunft in Deutschland - Szenarien und gesellschaftliche Herausforderungen. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig <https://www.thuenen.de/media/institute/ma/Downloads/BEPASO-Broschuere.pdf>
- Bentsen, Niclas & Møller, Ian (2017) Solar energy conserved in biomass: Sustainable bioenergy use and reduction of land use change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71: 954-958 <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.124>
- Berger, Lars - ed. (2018) Bioökonomie und Biodiversität - Workshop-Dokumentation. Bundesamt für Naturschutz BfN-Skripten 496. Bonn https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript496_Bf.pdf
- Berndes, Göran & Fritsche, Uwe (2016) May we have some more land use change, please? *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 10: 195-197 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.1656/full>
- Beuchelt, Tina & Nassl, Michael (2019) Applying a Sustainable Development Lens to Global Biomass Potentials. *Sustainability* 11 (18): 5078 <https://doi.org/10.3390/su11185078>
- BfR (2019) Verbrauchervotum „Genome Editing im Bereich Ernährung und menschliche Gesundheit“. Ergebnis der BfR-Verbraucherkonferenz „Genome Editing im Bereich Ernährung und menschliche Gesundheit“ 2019. Bundesinstitut für Risikobewertung <https://www.bfr.bund.de/cm/343/verbrauchervotum-genome-editing.pdf>
- Biber-Freudenberger, Lisa et al. (2020) Bioeconomy futures: Expectation patterns of scientists and practitioners on the sustainability of bio-based transformation. *Sustainable Development* 28 (5): 1220-1235 <https://doi.org/10.1002/sd.2072>
- Biermann, Frank (2012) Planetary Boundaries and Earth System Governance: Exploring the Links. *Ecological Economics* 81: 4-9 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.016>
- Biermann, Frank & Kim, Rakhyun (2020) The Boundaries of the Planetary Boundary Framework: A Critical Appraisal of Approaches to Define a “Safe Operating Space” for Humanity. *Annual Review of Environment and Resources* 45: 497-521 <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-080337>
- BMEL (2020) Etablierung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft bei der Nutzung von Holz. Arbeitsgruppe 3 Material- und Energieeffizienz der Charta für Holz 2.0 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Berlin https://www.charta-fuer-holz.de/fileadmin/charta-fuer-holz/dateien/aktivitaeten/20200920_Empfehlungen_der_AG_Effizienz_zur_Kreislaufwirtschaft_final.pdf
- BMW (2021) Vergaberecht. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin <https://www.bmw.de/Navigation/DE/Themen/themen.html?cl2Categories=LeadKeyword=vergaberecht>

- Böttcher, Hannes et al. (2020) Nexus Ressourceneffizienz und Landnutzung – Ansätze zur mehrdimensionalen umweltpolitischen Bewertung der Ressourceneffizienz bei der Biomassebereitstellung. Öko-Institut e.V., ATB & HFR i.A. des Umweltbundesamts. UBA Texte 45/2020. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-03-04_texte_45-2020_nexus-ressourceneffizienz-landnutzung.pdf
- Bringezu, Stefan et al. (2020) Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Center for Environmental Systems Research, Kassel University (ed.). Kassel <https://doi.org/10.17170/kobra-202005131255>
- BuReg (2020) Nationale Bioökonomiestrategie. Bundesregierung. Drucksache 19/16722. Berlin <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/167/1916722.pdf>
- BuReg (2021) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Berlin <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bcdc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf>
- Cabanek, Agata; Zingoni de Baro, Maria & Newman, Peter (2020) Biophilic streets: a design framework for creating multiple urban benefits. Sustainable Earth 3:7 <https://doi.org/10.1186/s42055-020-00027-0>
- Cabernard, Livia; Pfister, Stephan & Hellweg, Stefanie (2019) A new method for analyzing sustainability performance of global supply chains and its application to material resources. Science of The Total Environment 684: 164-177 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.434>
- CBD (2015) Report of the Ad hoc Technical Expert Group on Risk Assessment and Risk Management. UNEP/CBD/BS/RARM/AHTEG/2015/1/4. Brasilia <https://www.cbd.int/doc/meetings/bs/bsrarm-ahteq-2015-01/official/bsrarm-ahteq-2015-01-04-en.pdf>
- CCC (2018) Biomass in a low-carbon economy. Committee on Climate Change. London <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/11/Biomass-in-a-low-carbon-economy-CCC-2018.pdf>
- CFS (2020a) Chair's proposal – Based on inputs receiving during first round of negotiations. UN Committee on World Food Security. Rome www.csm4cfs.org/wp-content/uploads/2016/02/CFS_VGFSyN_Chairs_Proposal_October2020_FINAL.pdf
- CFS (2020b) CFS policy recommendations on agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition - Draft. UN Committee on World Food Security. Rome www.fao.org/filead-min/templates/cfs/Docs1920/Agroecology_an_other_innovative/23_July_2020/1CFS_Agroecological_innovative_approaches.pdf
- Chiaromonti, David (2020) Synthesis report on Question 4: Biomass use for energy and competing uses. Final report prepared for EC DG RTD & JRC. Florence & Turin (report available upon request from the EC Knowledge Centre Bioeconomy: email EC-Bioeconomy-KC@ec.europa.eu)
- Churkina, Galina et al. (2020) Buildings as a global carbon sink. Nature Sustainability 3: 269-276 <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>
- COWI et al. (2018) Feasibility study on options to step up EU action against deforestation PART I: Background analysis: scale and trends of global deforestation and assessment of EU contribution and PART II: A potential EU initiative on deforestation: Possible interventions. Study for EC DG ENV. Luxembourg <http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/KH0418199ENN2.pdf>

- Crepy, Mathilde et al. (2020) Set of recommendations for land use policies. STAR-ProBio Deliverable D7.3 http://www.star-probio.eu/wp-content/uploads/2017/04/STAR-ProBio-D7.3_Final.pdf
- Creutzig, Felix (2017) Govern land as a global commons. Nature 546: 28-29 <https://doi.org/10.1038/546028a>
- DBFZ (2015) Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen - Status Quo in Deutschland. FNR Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe Band 36. Gülzow http://media-thek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/s/c/schriftenreihe_band_36_web_01_09_15.pdf
- DeBoe, Gwendolen (2020) Impacts of agricultural policies on productivity and sustainability performance in agriculture: A literature review. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers No. 141. Paris <http://dx.doi.org/10.1787/6bc916e7-en>
- Dees, Matthias et al. (2017) Atlas with regional cost supply biomass potentials for EU 28, Western Balkan Countries, Moldavia, Turkey and Ukraine. Deliverable D1.8 of the S2Biom project http://www.s2biom.eu/images/Publications/D1.8_S2Biom_Atlas_of_regional_cost_supply_biomass_potential_Final.pdf
- DESTATIS (2020a) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen) Fachserie 3 Reihe 3.2.1. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/_inhalt.html
- DESTATIS (2020b) Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-insgesamt.html>
- DESTATIS (2020c) Dauergrünland nach Art der Nutzung im Zeitvergleich. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/zeitreihe-dauergruenland-nach-nutzung.html>
- Dietz, T., Rubio, K. & J. Börner (2020) Designing Sustainability Governance for the Bioeconomy – a Global Expert Survey. International Advisory Council on Global Bioeconomy https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS-2020_Expert-Survey_web.pdf
- Downing, Andrea et al. (2019) Matching scope, purpose and uses of planetary boundaries science. Environmental Research Letters 14: 073005 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab22c9>
- EC (2018a) A sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM/2018/673 final. Brussels <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0673>
- EC (2018b) Bioeconomy: the European way to use our natural resources - Action plan 2018. European Commission Directorate-General for Research and Innovation Unit F – Bioeconomy. Brussels <https://doi.org/10.2777/79401>
- EC (2019) Report from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the status of production expansion of relevant food and feed crops worldwide. Brussels https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20190212_draft_report_-_post-isc_final.pdf
- EC (2020a) EU Biodiversity Strategy for 2030 - Bringing nature back into our lives. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2020) 380

- final. Brussels https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-eu-biodiversity-strategy-2030_en.pdf
- EC (2020b) Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2020) 381 final. Brussels https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-farm-fork-green-deal_en.pdf
- EC (2020c) A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, The European Council, the Council of the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM/2020/98 final. Brussels https://eur-lex.europa.eu/source.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF
- EC (2020d) Leading the way to a global circular economy: state of play and outlook. Commission Staff Working Document SWD(2020)100final. Brussels https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/leading_way_global_circular_economy.pdf
- EC (2020e) A New Industrial Strategy for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, The European Council, the Council of the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2020) 102final. Brussels https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf
- EC (2020f) Sustainable Europe Investment Plan. COM(2020)21final. Brussels https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/860462/Commission%20Communication%20on%20the%20European%20Green%20Deal%20Investment%20Plan_EN.pdf.pdf
- EC (2020g) Towards a Sustainable Food System. Group of Chief Scientific Advisors. Scientific Opinion No 8. European Commission DG Research and Innovation. Luxembourg https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/groups/sam/scientific_opinion_-_sustainable_food_system_march_2020.pdf
- EC (2020h) Stepping up Europe's 2030 climate ambition - Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people - Impact Assessment. Commission Staff Working Document SWD(2020) 176 final. Brussels https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:749e04bb-f8c5-11ea-991b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF und https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:749e04bb-f8c5-11ea-991b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_2&format=PDF
- EEA (2018) The circular economy and the bioeconomy - Partners in sustainability. European Environment Agency EEA Report No 8/2018. Luxembourg https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy/at_download/file
- EEA (2020) Synthetic biology and the environment. European Environment Agency. Briefing no. 17/2020 <https://doi.org/10.2800/273221>
- Elbersen, Berien et al. (2017) Definition and classification of marginal lands suitable for industrial crops in Europe. Deliverable D2.1 of the MAGIC (Marginal lands for Growing Industrial Crops: Turning a burden into an opportunity) Horizon 2020 project. Wageningen <https://doi.org/10.5281/zenodo.3539228>
- Ellis, Erle (2011) Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. Phil. Trans. R. Soc. A 369: 1010-1035 <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0331>
- Ellis, Erle (2019) Sharing the land between nature and people. Science 364 (6447): 1226-1228 <https://doi.org/10.1126/science.aax2608>

- Englund, Oskar et al. (2020) Beneficial land use change: Strategic expansion of new biomass plantations can reduce environmental impacts from EU agriculture. *Global Environmental Change* 60: 101990 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101990>
- ENSSER (2013) No scientific consensus on GMO safety. ENSSER Statement. European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility. Braunschweig https://ensser.org/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=px_zAY5Myoss-VImGX5J-RJ_IeGOBOPgMFkigkUHKtc4
- ENSSER (2019) New genetic modification techniques and their products pose risks that need to be assessed. ENSSER Statement. European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility. Berlin <https://ensser.org/publications/2019-publications/ensser-statement-new-genetic-modification-techniques-and-their-products-pose-risks-that-need-to-be-assessed/#more-2543>
- FAO (2019) Towards Sustainable Bioeconomy Guidelines - Brief. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome <http://www.fao.org/3/ca5145en/CA5145EN.pdf>
- FAOSTAT (2020) Land Use data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>
- Fehrenbach, Horst et al. (2017a) Biomassekaskaden - Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis. UBA-Texte 53/2017. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-06-13_texte_53-2017_biokaskaden_abschlussbericht.pdf
- Fehrenbach, Horst et al. (2017b) Biomassekaskaden - Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis - Anlage: Gesamtökologische Betrachtung ausgewählter Biomassekaskaden. UBA-Texte 53/2017. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-06-13_texte_53-2017_biokaskaden_anlage.pdf
- Fehrenbach, Horst et al. (2021) Weiterentwicklung von Kriterien und Ansätzen einer Nachhaltigkeitsbewertung der Bioenergie im Rahmen der GBEP. ifeu & IINAS. UBA-Texte 18/2021. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-01-25_texte_18-2021_gbep.pdf
- Finch, Tom (2020) Restoring farmlands for food and nature. *One Earth* 3 (6): 665-668 <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.11.006>
- FNR (2020) Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Gülzow <https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22004416> und https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/images/Pflanzenweb/Anbauzahlen_Grafiken/22004416_3.xlsx
- Fritsche, Uwe R. et al. (2004) Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Öko-Institut in Kooperation mit FhI-UMSICHT, IE, IFEU, IZES, TU Braunschweig und TU München. Endbericht zum Verbundforschungsvorhaben KFZ 0327575 gefördert vom BMU. Darmstadt usw. http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2004_Bio_Stoffstrom-BMU.pdf http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2004_Bio_Stoffstrom-BMU-Anhang.pdf
- Fritsche, Uwe R. et al. (2006) Sustainability Standards for Bioenergy. Prepared for WWF by Öko-Institut. Darmstadt http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2006_Sustainability_Standards_Bio-WWF.pdf

- Fritsche, Uwe R. et al. (2010) Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel. UBA-Texte 48/2010. Dessau <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3960.pdf>
- Fritsche, Uwe R. et al. (2014) Sustainability Assurance for Energy from Forestry. Prepared by IINAS, European Forest Institute & Joanneum Research for WWF. Darmstadt etc. http://assets.panda.org/downloads/iinas_efi_jr_2014_sustainability_assurance_for_energy_from_forestry.pdf
- Fritsche, Uwe R. et al. (2015) Resource-Efficient Land Use - Towards a Global Sustainable Land Use Standard (GLOBALANDS). Synthesis Report. IINAS in collaboration with Ecologic Institute, Öko-Institut and Leuphana University Lüneburg. UBA Texte 82/2015. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_82_2015_resource_efficient_land_use.pdf
- Fritsche, Uwe R. et al. (2017) Energy and land use. Working Paper for the UNCCD Global Land Outlook. Darmstadt etc. https://global-land-outlook.squarespace.com/s/Energy-and-Land-Use_U_Fritsche-t9tw.pdf
- Fritsche, Uwe R. et al. (2018) Linkages between the Sustainable Development Goals (SDGs) and the GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy (GSI). Technical Paper for the GBEP Task Force on Sustainability. IINAS & ifeu. Darmstadt, Heidelberg http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/IINAS_IFEU_2018_Linkages_SDGs_and_GSIs.pdf
- Fritsche, Uwe R. et al. (2020) Future transitions for the bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Knowledge Synthesis and Foresight. Report of the Network of Experts for the JRC in the framework of the European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy. Report JRC121212. Luxembourg <https://doi.org/10.2760/667966>
- Fritsche, Uwe R. et al. (2021a) Future transitions for the bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Foresight Scenarios for the EU bioeconomy in 2050. Report of the Network of Experts for the JRC in the framework of the European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy. Luxembourg <https://doi.org/10.2760/763277>
- Fritsche, Uwe R. et al. (2021b) Future transitions for the bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Bioeconomy opportunities for a green recovery and enhanced system resilience. Report of the Network of Experts for the JRC in the framework of the European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy. Luxembourg <https://doi.org/10.2760/831176>
- Fritsche, Uwe R. & Eppler, Ulrike (2018) Bioökonomie – SDG – Landnutzungskonkurrenzen. In: Berger, Lars (ed.) Bioökonomie und Biodiversität - Workshop-Dokumentation. Bundesamt für Naturschutz BfN-Skripten 496. Bonn: 42-49 https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript496_Bf.pdf
- Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner (2021) Aktualisierung der Daten zur „Globalen Flächenverfügbarkeit und Landnutzung“. Teilbericht zu Arbeitspaket 1 der Literaturstudie zur Vorbereitung der Aktualisierung des UBA-Biomassepositionspapiers. IINAS i.A. des UBA. Darmstadt (in Vorb.)
- Fritsche, Uwe R. & Iriarte, Leire (2014) Sustainability Criteria and Indicators for the Bio-Based Economy in Europe: State of Discussion and Way Forward. *Energies* 7 (11): 6825-6836 <http://www.mdpi.com/1996-1073/7/11/6825/pdf>

- Fritzsche, Uwe & Rösch, Christine (2020) The Conditions of a Sustainable Bioeconomy. In: Pie-tzsch, Joachim (ed.) Bioeconomy for Beginners. Berlin, Heidelberg: 177-202
https://doi.org/10.1007/978-3-662-60390-1_9
- GBS (2020) Global Bioeconomy Summit 2020. Recordings available at <https://gbs2020.net/plenary-recordings/> and <https://gbs2020.net/recordings/>
- Gerten, Dieter et al. (2020) Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. Nature Sustainability <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0465-1>
- Gerwin, Werner (2018) Assessment and quantification of marginal lands for biomass production in Europe using soil quality indicators. SOIL Discuss. <https://doi.org/10.5194/soil-2018-14>
- Göpel, Maja (2016) The Great Mindshift: How a New Economic Paradigm and Sustainability Transformations go Hand in Hand. The Anthropocene: Politik-Economics-Society-Science No. 2. Cham <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-43766-8>
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1979) The Entropy Law and the Economic Process. Paris (reprint: Harvard University Press 2013 <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674281653>)
- Gowdy, John & Mesner, Susan (1998) The Evolution of Georgescu-Roegen's Bioeconomics. Review of Social Economy 56 (2): 136-156 <https://doi.org/10.1080/00346769800000016>
- Hanspach, Jan et al. (2020) Biocultural approaches to sustainability: A systematic review of the scientific literature. People and Nature <https://doi.org/10.1002/pan3.10120>
- Häyhä, Tiina et al. (2016) From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space - How can the scales be bridged? Global Environmental Change 40: 60-72 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.008>
- Hempel, Corinna; Will, Sabine & Zander, Katrin (2019) Bioökonomie aus Sicht der Bevölkerung. Thünen Working Paper 115. Braunschweig https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_115.pdf
- Herrero, Mario et al. (2020) Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. Nature Food 1: 266-272 <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1>
- Herren, Hans et al. - eds. (2020) Transformation of our food systems - the making of a paradigm shift <https://www.globalagriculture.org/fileadmin/files/weltagrarbericht/IAASTD-Buch/PDFBuch/BuchWebTransformationFoodSystems.pdf>
- HLPE (2019) Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security Report 14. Rome <http://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>
- HLPE (2017) Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-12_EN.pdf
- Hoff, Holger et al. (2018) Sustainable bio-resource pathways towards a fossil-free world: the European bioeconomy in a global development context. Policy Paper produced for the IEEP Think2030 conference, Brussels, October 2018 by SEI, IIEP, PIK and ZEF. Brussels https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/8b23e752-50e6-4c7c-a7e3-71a8bfa0a806/Think_2030_Bioeconomy.pdf

- IACGB (2020) Expanding the Sustainable Bioeconomy – Vision and Way Forward. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020. International Advisory Council on Global Bioeconomy. Berlin https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020_IACGB-Communique.pdf
- IEA (2017) Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy. International Energy Agency and IEA Bioenergy TCP. Paris http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf
- IEA (2019) Global Energy & CO2 Status Report 2018. International Energy Agency. Paris https://webstore.iea.org/download/direct/2461?fileName=Global_Energy_and_CO2_Status_Report_2018.pdf
- IEA et al. (2020) Tracking SDG7: The Energy Progress Report. IEA, IRENA, UNSD, World Bank & WHO. Washington, DC https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/May/SDG7Tracking_Energy_Progress_2020.pdf
- IFPRI (2020) 2020 Global Food Policy Report: Building Inclusive Food Systems. International Food Policy Research Institute. Washington, DC <https://doi.org/10.2499/9780896293670>
- IIASA & SDSN (2019) Pathways to Sustainable Land-Use and Food Systems. 2019 Report of the FABLE Consortium. International Institute for Applied Systems Analysis & Sustainable Development Solutions Network. Laxenburg, Paris http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-FABLE-Report_Full_High-Resolution.pdf
- IIASA & SDSN (2020) Pathways to Sustainable Land-Use and Food Systems. 2020 Report of the FABLE Consortium. International Institute for Applied Systems Analysis & Sustainable Development Solutions Network. Laxenburg, Paris <https://doi.org/10.22022/ESM/12-2020.16896>
- IINAS et al. (2020) The GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy - A TOOL FOR POLICY-MAKERS. Berlin, Darmstadt http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Implementation_Guide/200511_final_WEB_The-GBEP-Sustainability-Indicators-for-Bioenergy-2020.pdf
- IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz, Sandra et al. (eds.). IPBES secretariat. Bonn <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IPCC (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. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/>
- IPES-Food (2015) The New Science of Sustainable Food Systems: Overcoming Barriers to Food Systems Reform. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/NewScienceofSusFood.pdf
- IPES-Food (2016) From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food systems http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/UniformityToDiversity_FULLL.pdf
- IPES-Food (2018) Breaking away from industrial food and farming systems: Seven case studies of agroecological transition. Gliessman, Steve et al. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/CS2_web.pdf

- IPES-Food (2019) Towards a Common Food Policy for the European Union. De Schutter, Olivier et al. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/CFP_FullReport.pdf
- IPES-Food (2020) COVID-19 and the Crisis in Food Systems: Symptoms, causes, and potential solutions. Communiqué by the International Panel of Experts on Sustainable Food Systems http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/COVID-19_CommuniqueEN%283%29.pdf
- IRENA (2017) Bioenergy from degraded land in Africa. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Dec/IRENA_Bioenergy_Africa_degraded_land_2017.pdf
- IRENA (2019) Renewable energy statistics 2019. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2019.pdf
- IRENA (2020) Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf
- Iriarte, Leire & Fritsche, Uwe (2019) SDG implementation in selected Latin America and Caribbean countries and possibilities to link with the GBEP Sustainability Indicators. Technical Report by IINAS for the GBEP Task Force on Sustainability. Pamplona, Darmstadt http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/IINAS_2019_%20SDG_and_GSI_opportunities.pdf
- Iriarte, Leire; van Dam, Jinke & Fritsche, Uwe (2021) Sustainability governance of bioenergy and the bioeconomy. Technical Paper prepared for IEA Bioenergy Task 45 and the Global Bioenergy Partnership (GBEP) Task Force on Sustainability. Pamplona, Utrecht & Darmstadt (forthcoming)
- IUCN (2019) Genetic frontiers for conservation - An assessment of synthetic biology and biodiversity conservation. International Union for Conservation of Nature. Gland <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.05.en>
- Jenkins, David et al. (2020) Global human “predation” on plant growth and biomass. *Global Ecol Biogeogr.* 00:1-13 <https://doi.org/10.1111/geb.13087>
- Jering, Almut; Klatt, Anne & Günther, Jens (2020) Mehr als eine Substitutionstherapie - Bioökonomie aus nachhaltigkeitspolitischer Perspektive. In: oekom (ed.): 17-25
- Jessel, Beate (2019) Schutz und Nutzung von Natur und Landschaft im Kontext der Bioökonomie – (k)ein Schritt vorwärts? In: Rundgespräche Forum Ökologie Bd. 48 Ökologie und Bioökonomie. München: 115-128 <https://publikationen.badw.de/de/046311333/pdf/CC%20BY-ND/10%20Jessel%20%28Schutz%20und%20Nutzung%20von%20Natur%20und%20Landschaft%20im%20Kontext%20der%20Bio%C3%B6konomie%20...%29>
- Jones, Nicola (2011) Human influence comes of age. *Nature* 473: 133 <https://doi.org/10.1038/473133a>
- JRC (2018) Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment. Camia, Andrea et al. European Union Joint Research Centre report JRC109869. Luxembourg <https://doi.org/10.2760/539520>
- JRC (2020a) Report on the Community of Practice Workshop: Web-based workshop series in preparation of launch of the EU Bioeconomy Monitoring System. Brussels, Ispra https://ec.europa.eu/knowledge4policy/sites/know4pol/files/kcb_report-monitor4be-cop_workshop_june_2020.pdf

- JRC (2020b) Report on the Community of Practice Workshop: Joint Research Centre's contributions to Enhancing the knowledge base on the Bioeconomy. Brussels, Ispra https://ec.europa.eu/knowledge4policy/sites/know4pol/files/report_cop_workshop_enhancing_be_knowledge_base_final.pdf
- Katsikis, Nikos (2019) Operational Landscapes and the Planetary Thünen Town. Technosphere Magazine <https://technosphere-magazine.hkw.de/p/Operational-Landscapes-and-the-Planetary-Thu-nen-Town-wEHRDNXmerHhSqB7jYXGuC>
- KBU (2008) Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt. Dessau <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3472.pdf>
- KBU (2019) Das Konzept der Ökosystemleistungen – ein Gewinn für den Bodenschutz. Position der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU). Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019_10_16_pp_kbu_oeko-systemleistungen_final_online.pdf
- Keppner, Benno et al. (2020) Planetary boundaries: Challenges for science, civil society and politics. adelphi, PIK & SEI on behalf of the German Environment Agency. UBA Texte 183/2020. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_10_26_texte_183_2020_planetary_boundaries.pdf
- Kielburger, Craig; Branson, Holly & Kielburger, Marc (2018) WEconomy: You Can Find Meaning, Make A Living, and Change the World. Hoboken, NJ
- Klepper, Gernot & Thrän, Daniela - eds. (2019) Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik. Potenziale – Technologien – Zielkonflikte. Analyse des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. München https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/publikationen/pdf/ESYS_Analyse_Biomasse.pdf
- Koch, Philip & Fritz, Martin (2020) Between Critique of Growth and High-Tech Strategy: The Bioeconomy. Report of the interdisciplinary workshop “It’s the Bioeconomy, stupid! The future of growth and the promise of the bioeconomy” of the BMBF-Junior Research Group “Mentalities in Flux (flumen)” on the 7th and 8th of October 2020 at the Institute for Sociology of the Friedrich-Schiller-University Jena <http://www.flumen.uni-jena.de/wp-content/uploads/2020/11/Bericht-Workshop-english.pdf>
- Koch, Matthias et al. (2018) Rolle der Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt bis 2050 unter Einbeziehung des zukünftigen Gebäudebestandes. Wissenschaftlicher Endbericht FKZ 03KB114 gefördert durch das BMWi. Öko-Institut. Freiburg, Darmstadt <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Rolle-Bioenergie-im-Strom-Waermemarkt-bis-2050.pdf>
- Konrad, Wilfried; Scheer, Dirk & Weidtmann, Annette - eds. (2020) Bioökonomie nachhaltig gestalten - Perspektiven für ein zukunftsfähiges Wirtschaften. Wiesbaden <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29433-5>
- Krausmann, Fridolin et al. (2013) Global Human Appropriation of Net Primary Production Doubled in the 20th Century. PNAS 110 (25): 10324-10329 <https://doi.org/10.1073/pnas.1211349110>
- Kulišić, Biljana et al. - eds. (2019) Attractive Systems for Bioenergy Feedstock Production in Sustainably Managed Landscapes. IEA Bioenergy Task 43 Report TR2019-06 https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/07/Contributions-to-the-Call_final.pdf

- Lenz, Volker et al. (2020) Status and Perspectives of Biomass Use for Industrial Process Heat for Industrialized Countries. Chem. Eng. Technol. 43 (8): 1469-1484
<https://doi.org/10.1002/ceat.202000077>
- Lewandowski, Iris & von Cossel, Moritz (2019) Welche Biomassepflanzen braucht eine nachhaltige Bioökonomie? In: Rundgespräche Forum Ökologie Bd. 48 Ökologie und Bioökonomie. München: 91-104 <https://publikationen.badw.de/de/046311333/pdf/CC%20BY-ND/08%20Lewandowski%2C%20von%20Cossel%20%28Welche%20Biomassepflanzen%20...%20nachhaltige%20Bio%C3%B6konomie%29>
- Ludwig, Grit et al. (2017) Bauen mit Holz als Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz. Die Öffentliche Verwaltung 23: 985-996
- Majer, Stefan et al. (2018) Gaps and Research Demand for Sustainability Certification and Standardisation in a Sustainable Bio-Based Economy in the EU. Sustainability 10 (7): 2455 <https://doi.org/10.3390/su10072455>
- Mandley, S. et al. (2020) EU bioenergy development to 2050. Renewable and Sustainable Energy Reviews 127: 109858 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109858>
- Marx, Arno & Stegellner, Markus (2018) Economy to Weconomy. Ein Manifest für ein neues genossenschaftliches Jahrhundert - Initiative für ein gesamtsystemisches Grundverständnis von Ökonomie. Diskussionsexemplar. Berlin https://docplayer.org/105109011-Weconomy-economy-to-ein-manifest-fuer-ein-neues-genossenschaftliches-jahrhundert-initiative-fuer-ein-gesamtsystemisches-grundverstaendnis-von-oekonomie.html#download_tab_content
- Mayum, Kozo (2001) The Origins of Ecological Economics - The Bioeconomics of Georgescu-Roegen. London, New York http://library.uniteddiversity.coop/Measuring_Progress_and_Eco_Footprinting/The_Origins_of_Ecological_Economics-The_Bioeconomics_of_Georgescu-Roegen.pdf
- Mayumi, Kozo (2009) Nicholas Georgescu-Roegen: His Bioeconomics Approach to Development and Change. Development and Change 40 (6): 1235-1254
<https://doi.org/epdf/10.1111/j.1467-7660.2009.01603.x>
- Mellor, P. et al. (2021) Identifying non-agricultural marginal lands as a route to sustainable bioenergy provision - A review and holistic definition. Renewable and Sustainable Energy Reviews 135: 110220 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110220>
- Mittelstädt, Nora & Zeug, Walther (2019) Regulatory Framework influencing the BE. SYMOBIO ERGEBNISSE WP1.2. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung- UFZ. Leipzig <https://symobio.de/wp-content/uploads/2019/11/2019-10-22-WP-1.2-Rechtsrahmen-der-Bioökonomie-Abschlussbericht-Mittelstaedt.pdf>
- MLRV BaWü (2018) Holzbau-Offensive Baden-Württemberg. Nachhaltiges Bauen für die Zukunft. Version 5.1 Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Stuttgart https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/PDFs/Wald/Strategie_Holzbau-Offensive_BW_final-v.pdf
- Möller, Martin et al. (2020) Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung. Öko-Institut et al. i.A. des Umweltbundesamts. UBA Reihe TEXTE 181/2020. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020_10_20_texte_181_2020_bioökonomie.pdf
- Montoya, José; Donohue, Ian & Pimm, Stuart (2018a) Planetary boundaries for biodiversity: implausible science, pernicious policies. Trends in Ecology & Evolution 33 (2): 71-73
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.10.004>

- Montoya, José; Donohue, Ian & Pimm, Stuart (2018b) Why a Planetary Boundary, If It Is Not Planetary, and the Boundary Is Undefined? A Reply to Rockström et al. *Trends in Ecology & Evolution* (in press) <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.01.008>
- O'Neill, Daniel et al. (2018) A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1: 88-95 <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>
- Ober, Steffi & Huwe, Vivienne (2020) Technikfixierung bremst Bürgerbeteiligung - Teilhabe in der bioökonomischen Transformation. In: *oekom* (2020): 78-83
- OECD (2017) Bioproduction and the bioeconomy. In: *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris <https://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-7-en>
- OECD (2018) Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris <https://dx.doi.org/10.1787/9789264292345-en>
- OECD (2019) Bio-economy and the sustainability of the agriculture and food system - Opportunities and policy challenges. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris <https://doi.org/10.1787/18156797>
- OECD & SDSN (2019) Long-Term Pathways for the Implementation of the SDGs: The Governance Implications. Reflection Paper. Organisation for Economic Cooperation and Development & Sustainable Development Solutions Network. Paris http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2019/07/OECD_SDSN-Working-Paper_2019_Final.pdf
- OEKO, RSB & CI (2008) Criteria and Indicators to Identify and Map High Nature Value Areas. Issue Paper prepared for the Joint International Workshop on High Nature Value Criteria and Potential for Sustainable Use of Degraded Lands - June 30 to July 1, 2008 at UNEP, Paris. Oeko-Institut, Roundtable on Sustainable Biofuels & Conservation International. Darmstadt, Geneva & Washington, DC http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2008_Issue_Paper_Criteria_Indicators_WS_Paris.pdf
- oekom - ed. (2020) Bioökonomie - Weltformel oder Brandbeschleuniger? politische ökologie 03 – 2020. München <https://www.oekom.de/ausgabe/biooekonomie-80781>
- Panoutsou, Calliope et al. (2016) Vision for 1 billion dry tonnes lignocellulosic biomass as a contribution to biobased economy by 2030 in Europe. S2Biom project D8.2. London https://www.s2biom.eu/images/Publications/D8.2_S2Biom_Vision_for_1_billion_tonnes_biomass_2030.pdf
- Panoutsou, Calliope & Brunori, Gianluca (2020) Synthesis report on Question 1: Sustainable sourcing of biomass supplies? Final report prepared for EC DG RTD & JRC. London, Pisa (report available upon request from the EC Knowledge Centre Bioeconomy: email EC-Bioeconomy-KC@ec.europa.eu)
- Pelkmans, Luc; Berndes, Göran & Fritsche, Uwe (2019) Governing sustainability in biomass supply chains for the bioeconomy - Summary and conclusions from the IEA Bioenergy workshop, Utrecht (Netherlands), 23 May 2019 <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/10/ExCo83-Governing-sustainability-in-biomass-supply-chains-for-the-bioeconomy-Summary-and-Conclusions.pdf>
- Pickering, Jonathan & Persson, Åsa (2020) Democratising planetary boundaries: experts, social values and deliberative risk evaluation in Earth system governance. *Journal of Environmental Policy & Planning* 22: 59-71 <https://doi.org/10.1080/1523908X.2019.1661233>

- Prognos et al. (2020) Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzungen 2030/2050. Kemmler, Andreas et al. Studie von Prognos AG, Fraunhofer ISI, GWS & IINAS i.A. des BMWi. Basel <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.pdf>
- Prognos & IINAS (2018) Biomassepotenzial und Biomasseallokation. Ergebnisrapport zum Fachgespräch am 13. Nov. 2017 im Rahmen des Projektes "Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzungen 2030/2050" von Prognos AG, FhG-ISI, GWI & IINAS im Auftrag des BMWi. Basel & Darmstadt
- Purkus, Alexandra et al. (2020) Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 78. Braunschweig <https://doi.org/10.3220/REP1591254742000>
- Purkus, Alexandra & Jähkel, Anne (2018) Themenfelder und Einrichtungen der Bioökonomieforschung in Deutschland – Wer macht was? Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ. Leipzig https://www.ufz.de/export/data/2/204359_Bio%C3%B6konomie%20-%20%C3%9Cbersicht%20Themenfelder%20und%20Akteure%20in%20D..pdf
- Rahman, Syed et al. (2019) Integrating bioenergy and food production on degraded landscapes in Indonesia for improved socioeconomic and environmental outcomes. Food Energy Secur. 2019: e00165 <https://doi.org/10.1002/fes3.165>
- Randers, Jorgen et al. (2018) Transformation is feasible - How to achieve the Sustainable Development Goals within Planetary Boundaries. A report to the Club of Rome. Stockholm Resilience Centre & BI Norwegian Business School. Stockholm https://www.stockholmresilience.org/download/18.51d83659166367a9a16353/1539675518425/Report_Achieving%20the%20Sustainable%20Development%20Goals_WEB.pdf
- Reichert, Tobias (2021) Über Agrarpolitik hinaus: nachhaltige Ernährungssysteme als neuer globaler Ansatz? Welthandel und Ernährung. Der kritische Agrarbericht 2021. <https://www.kritischer-agrarbericht.de/2021.404.0.html>
- Reid, Walter; Ali, Mariam & Field, Christopher (2020) The future of bioenergy. Global Change Biology 26: 274-286 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcb.14883>
- REN21 (2020) Renewables 2020 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf
- Robert, Nicolas et al. (2020) Development of a bioeconomy monitoring framework for the European Union: An integrative and collaborative approach. New Biotechnology 59: 10-19 <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.06.001>
- Rockström, Johan et al. (2009a) A safe operating space for humanity. Nature 461: 472-475 <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Rockström, Johan et al. (2009b) Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14 (2): 32 <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ES-2009-3180.pdf>
- Rockström, Johan et al. (2018) Planetary Boundaries: Separating Fact from Fiction. A Response to Montoya et al. Trends in Ecology & Evolution 33 (4): 233-234 <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.01.010>

- Sachs, Jeffrey et al. (2019) Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability* 2: 805-814 <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Sandstad Næss, Jan; Cavalett, Otavio & Cherubini, Francesco (2021) The land-energy-water nexus of global bioenergy potentials from abandoned cropland. *Nature Sustainability* <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00680-5>
- SAPEA (2020) A sustainable food system for the European Union. Science Advice for Policy by European Academies. Berlin <https://doi.org/10.26356/sustainablefood>
- Soest, Heleen van et al. (2019) Analysing interactions among Sustainable Development Goals with Integrated Assessment Models. *Global Transitions* 1: 210-225 <https://doi.org/10.1016/j.glt.2019.10.004>
- Spangenberg, Joachim & Kuhlmann, Wolfgang (2020) Bioökonomie im Lichte der planetaren Grenzen und des Schutzes der biologischen Vielfalt. BUND & denkhausbremen. Köln & Bremen <https://denkhausbremen.de/wp-content/uploads/2020/12/Studie-Biooekonomie.pdf>
- SRU (2007) Klimaschutz durch Biomasse - Sondergutachten. Berlin https://www.umwelt-rat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2004_2008/2007_SG_Biomasse_Buch.pdf
- SRU (2019) Demokratisch regieren in ökologischen Grenzen - Zur Legitimation von Umweltpolitik. Sachverständigenrat für Umweltfragen Sondergutachten. Berlin https://www.umwelt-rat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2016_2020/2019_06_SG_Legitimation_von_Umweltpolitik.pdf
- Steffen, Will et al. (2011) The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. *AMBIO* 40: 739-761 <https://dx.doi.org/10.1007/13280-011-0185-x>
- Steffen, Will et al. (2015a) The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* 2 (1): 81-89 <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Steffen, Will et al. (2015b) Planetary boundaries. Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223): 1259855 <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Steffen, Will & Smith, Stafford (2013) Planetary boundaries, equity and global sustainability: why wealthy countries could benefit from more equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 403-408 <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.04.007>
- Szarka, Nora et al. (2020) All in One: A Comprehensive Goal and Indicator System for Smart Bioenergy. *Chem. Eng. Technol.* 43 (8): 1554-1563 <https://doi.org/10.1002/ceat.202000033>
- Tamburino, Lucia et al. (2020) From population to production: 50 years of scientific literature on how to feed the world. *Global Food Security* 24: 100346 <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100346>
- Teitelbaum, Lily; Boldt, Christin & Patermann, Christian (2020) Global Bioeconomy Policy Report (IV): A decade of bioeconomy policy development around the world. Secretariat of the Global Bioeconomy Summit 2020. Berlin https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS-2020_Global-Bioeconomy-Policy-Report_IV_web.pdf
- Thrän, Daniela et al. (2005) Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext: Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern. Endbericht gefördert vom BMU. Leipzig usw. http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2005_EU-25_Biohandel.pdf

- Thrän, Daniela et al. (2015) Meilensteine 2030 - Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie. Schriftenreihe des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ BAND 18. DBFZ. Leipzig
<https://doi.org/10.13140/2.1.3093.2000>
- Thrän, Daniela et al. (2017) Strategy Elements for a Sustainable Bioenergy Policy Based on Scenarios and Systems Modeling: Germany as Example. Chemical Engineering & Technology 40 (2): 211-226 <https://doi.org/10.1002/ceat.201600259>
- Thrän, Daniela & Moesenfechtel, Urs - eds. (2020) Das System Bioökonomie. Berlin
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5>
- Thrän, Daniela; Cowie, Annette & Berndes, Göran - eds. (2020) Roles of bioenergy in energy system pathways towards a “well-below-2-degrees-Celsius (WB2)” world. Workshop report and synthesis of presented studies. IEA Bioenergy: ExCo
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21038.33600>
- UBA (2020) Erneuerbare Energien in Deutschland 2019 - Daten zur Entwicklung im Jahr 2019. Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt. Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-03_hgp-ee-in-zahlen_bf.pdf
- UN (2015a) Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. New York <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- UN (2015b) The Global Goals for Sustainable Development. United Nations. New York
<http://www.globalgoals.org/de/>
- UNCCD (2017) Global Land Outlook - First Edition. United Nations Convention to Combat Desertification. Bonn http://archive.unccd.int/download/GLO_Full_Report_hi_res.pdf
- UNCCD (2019) Land in numbers 2019 - Risks and opportunities. United Nations Convention to Combat Desertification. Bonn http://catalogue.unccd.int/1202-Land%20in%20numbers_2%20new-web.pdf
- UNCED (1992) The Earth Summit. United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>
- UNEP-IRP (2019) Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. Oberle, Bruno et al. A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27517/GRO_2019.pdf
- Urmetzner Sophie et al. (2020) Wissen für den Wandel – Wissenstheoretische Grundlagen einer nachhaltigen Bioökonomiepolitik. In: Konrad W., Scheer D. & Weidtmann A. (eds.) Bioökonomie nachhaltig gestalten. Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft. Wiesbaden https://doi.org/10.1007/978-3-658-29433-5_4
- van der Hilst, Floor et al. (2019) Biomass Provision and Use, Sustainability Aspects. In: Meyers, Robert (ed.) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2493-6_1048-1
- von Cossel, Moritz et al. (2019) Marginal Agricultural Land Low-Input Systems for Biomass Production. Energies 12: 3123 <https://doi.org/10.3390/en12163123>

- Wannemacher, Daniela (2020) Schöne neue Bioökonomie? Eine (gentechnik-)kritische Betrachtung. In: Der kritische Agrarbericht 2020 https://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2020/KAB2020_311_316_Wannemacher.pdf
- WBGU (2009) Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Jahresgutachten 2008. Berlin https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2008/pdf/wbgu_jg2008.pdf
- WBGU (2011) Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2011/pdf/wbgu_jg2011.pdf
- WBGU (2020) Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2020/pdf/WBGU_HG2020.pdf
- WCED (1987) Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Oxford <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Weber-Blaschke, Gabriele (2019) Nachhaltige Forst- und Holzwirtschaft als Basis der Bioökonomie. In: Rundgespräche Forum Ökologie Bd. 48 Ökologie und Bioökonomie. München: 31-46 <https://publikationen.badw.de/de/046311333/pdf/CC%20BY-ND/03%20Weber-Blaschke%20%28Nachhaltige%20Forst-%20und%20Holzwirtschaft%20als%20Basis%20der%20Bio%C3%B6konomie%29>
- Weisser, Wolfgang (2019) Bioökonomie als Chance für die Insektenvielfalt. In: Rundgespräche Forum Ökologie Bd. 48 Ökologie und Bioökonomie. München: 71-77 <https://publikationen.badw.de/de/046311333/pdf/CC%20BY-ND/06%20Weisser%20%28Bio%C3%B6konomie%20als%20Chance%20f%C3%BCr%20die%20Insektenvielfalt%29>
- Wicke, Birka (2011) Bioenergy Production on Degraded and Marginal Land - Assessing its Potentials, Economic Performance and Environmental Impacts for Different Settings and Geographical Scales. PhD Thesis. Utrecht University <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2011-0412-200703/wicke.pdf>
- Wiegmann, Kirsten; Hennenberg, Klaus & Fritsche, Uwe (2008) Degraded Land and Sustainable Bioenergy Feedstock Production. Issue Paper prepared for the Joint International Workshop on High Nature Value Criteria and Potential for Sustainable Use of Degraded Lands - June 30 to July 1, 2008 at UNEP, Paris. Darmstadt http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/oeko/2008_Issue-Paper_Degraded_Land_WS-Paris.pdf
- Wolff, Franziska; Kiresiewa, Zoritz & Möller, Martin (2020) Wo ein Wille ist, ist auch ein Weg - Handlungsoptionen einer nachhaltigen Bioökonomiepolitik. In: oekom (2020): 95-102
- Woods, Jeremy et al. (2015) Land and Bioenergy. In: Souza, Glaucia et al. (eds.) Bioenergy & Sustainability: Bridging the Gaps. SCOPE report. Sao Paulo http://bioenfapesp.org/scopebioenergy/images/chapters/bioenergy_sustainability_scope.pdf
- WRI (2019) Creating a Sustainable Food Future - A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050. World Resources Institute. Washington, DC https://wrr-food.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR_Food_Full_Report_0.pdf
- Wydra, Sven et al. (2020) Transformationspfade zur Bioökonomie - Zukunftsszenarien und politische Gestaltung. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Karlsruhe https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2020/transformation_bio_web.pdf

- ZAB (2019) Erklärung deutscher Umwelt- und Entwicklungsorganisationen zur Bioökonomie-Politik der Bundesregierung. Zivilgesellschaftlichen Aktionsforum Bioökonomie. Berlin <https://denkhausbremen.de/wp-content/uploads/2019/01/NGO-Erkl%C3%A4rung-Bio%C3%B6konomie.pdf>
- Zengerling, Cathrin (2020) Stärkung von Klimaschutz und Entwicklung durch internationales Handelsrecht. Eine Untersuchung des Rechts der WTO, regionaler Freihandelsabkommen und Wirtschaftspartnerschaftsabkommen der EU unter besonderer Berücksichtigung nachhaltiger Landnutzung. Expertise im Auftrag des WBGU https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2020/pdf/Expertise_Zengerling.pdf
- Zheng, Xinzhu et al. (2021) Consideration of culture is vital if we are to achieve the Sustainable Development Goals. One Earth 4 <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.01.012>
- Zhou, Chuanbin; Elshkaki, Ayman & Graedel, T. (2018) Global Human Appropriation of Net Primary Production and Associated Resource Decoupling: 2010-2050. Environ. Sci. Technol. 52: 1208-1215 <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04665>
- Zilberman, David; Holland, Tim & Trilnick, Itai (2018) Agricultural GMOs - What We Know and Where Scientists Disagree. Sustainability 10 (5): 1514 <https://doi.org/10.3390/su10051514>

Anhänge

Anhang 1: Übersicht zur BÖ-Forschung

Anhang 2: Der Rechtsrahmen der Bioökonomie und Änderungsbedarfe

Anhang 1: Übersicht zur BÖ-Forschung

Tabelle 4 Übersicht zu Projekten im Bioökonomiekontext

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
BMBF			
Bioeconomy as social Change			https://www.bioecon-societal-change.de/
BMBF MODUL I: Nachwuchsgruppen Bioökonomie			
BIO-KuM (2020 – 2025) Cumulative effects of bio-economic strategies for a more sustainable agriculture	Untersucht am Beispiel der hohen Nährstoffüberschüsse in der Landwirtschaft Zusammenhänge, Chancen, Risiken, Konflikte bioökonomischer Transformationsprozesse. Verknüpft BÖ Modellierung auf landwirtschaftlicher Betriebsebene mit Methoden der transformativen Nachhaltigkeitsforschung sowie regionalwirtschaftlichen, innovationsökonomischen und politikwissenschaftlichen Ansätzen.	Projektleitung: ZALF TP1 Nachhaltigkeitsbewertung bö Lösungen TP2 Kumulative bö Modellierung TP3 Insekten in der BÖ TP4 Extra-betriebliche bö Lösungen TP5 Diskurs- u. Akzeptanzanalyse TP6 Politikinstrumente zur Förderung bö Lösungen TP7 Innovationsprozesse nachhaltigkeitsorientierte BÖ	https://biokum.de
BIOMATERIALITIES (2019 – 2024) Nature and the Transformation of Production, Reproduction and Politics in the High-Tech Bioeconomy	Materialität der lebendigen Natur und ihrer wirtschaftliche Inwertsetzung in der High-Tech-Bioökonomie. Forschungsgruppe analysiert ausgehend von globalen Produktionsnetzwerken wie sich biophysikalische Prozesse mit sozialen Verhältnissen in Bezug auf Produktion, Reproduktion und Politik verschränken und verändern. Theoretisch wird sich dabei auf Ansätze aus politischer Ökonomie und Ökologie,	Projektleitung: Albrecht Daniel Thaer-Institut im Fachbereich Agrar- und Ernährungspolitik an der Humboldt-Universität zu Berlin	https://biomaterialities.de/

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
	feministischer Theorie und kritischer Geographie bezogen.		
FLUMEN (2019 – 2024) Mentalities in flux: imaginaries and social structure in modern circular bio-based societies	Erforscht aus soziologischer und historischer Perspektive, wie sich die Grundhaltungen, Einstellungen und gemeinsamen Vorstellungswelten von Menschen verändern, wenn sich die Rohstoff- und Energiebasis der Gesellschaft, in der sie leben, weg von fossilen und hin zu bio-basierten Grundstoffen verschiebt. Bio-basierte Kreislaufwirtschaften, so unsere Annahme, verlangen und bedingen andere Formen von Zeit- und Zukunftsbewusstsein, Selbst- und Weltverhältnissen, kurz: andere Mentalitäten als fossile Durchflusswirtschaften.	Projektleitung: Institut für Soziologie der Universität Jena Ergebnisse sollen Prognosen über mögliche soziale Konflikte und Folgeprobleme des Überganges zur Bioökonomie ermöglichen, die ein wichtiges Grundlagenwissen für künftige politisch-soziale Weichenstellungen darstellt. Wertvoll sind die zu erwartenden Erkenntnisse für die gesellschaftlich-politische Debatten über die Zukunft moderner Gesellschaften unter Bedingungen der Transformation weg von einer linear-fossilen hin zu einer auf zirkulären Flüssen biologischer Rohstoffe basierenden Wirtschaft.	http://www.flumen.uni-jena.de/en/flumen/
Circulus (2016 – 2021) Opportunities and challenges of transition to a sustainable circular bio-economy	Circulus asks how the circular economy is discursively constructed in Germany, Europe, and beyond and what material change processes are connected to it. According to a constructivist systems perspective, Circulus works towards understanding a circular economy as an emerging system that can be reached through different transformation processes of the existing system, the linear economy. What the system looks like, what elements it is composed of and what processes of emergence, self-organization etc.	Projektleitung: Chair of Societal Transition and Circular Economy, Universität Freiburg WP 1 transformation processes in global supply chains of forest and agriculture-based products related to a circular economy. WP 2 design and modelling sustainability indicators to compare transition paths in a circular economy. Identification of complementarities and contradictions across the visions of policy makers, industry, and civil society in different countries and across different industry sectors.	https://www.circulus-project.de/

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
	take place will be defined by the perceptions of involved stakeholders and the scholarly analyses. A - Discourses & Governance of the Circular Economy B - Conceptualizing Global Supply Chains & Material Flows in a Circular Economy	Assessment whether and how these visions are connected to current material and supply chain transformations across different industry sectors. Outline of possible governance strategies to foster opportunities for a sustainable circular economy.	
Bioeconomy and Inequalities (x –x) Transnational Entanglements and Interdependencies in the Bioenergy Sector How is the transition process towards a bioeconomy affecting social inequalities?	Analyses social inequalities connected to the expanding bioenergy sector – a core field of the emerging bioeconomy. Taking into account emergent changes in labor relations, knowledge production and technology, as well as political decision-making and commercial structures in the transnational bioenergy sector, the project focuses on a number of case studies (Brazil, Argentina, Indonesia, Malaysia and Germany) linked with an analysis of the entanglements and interdependences between South America, South-East Asia and Western Europe. Key dimensions of social inequality such as gender, class, and ethnicity are systematically integrated into the research perspective.	Projektleitung: Friedrich Schiller University of Jena Labor relations and access to land in rural areas Access to – and production of – knowledge and technology in the field of bioenergy Political participation in emerging transnational fora that promote a (sustainable) transformation process towards a bioeconomy Trade and investment	https://www.bioinequalities.uni-jena.de/en/
Food for Justice (01.04.2019-30.03.2024)	Food for Justice looks into social mobilization targeted at injustices in the food system and into social and political innovations that address inequalities undermining food security	Project frames Food: matter (biomass), culture (values) Global Food System: ecological crisis, food insecurity	https://www.lai.fu-berlin.de/forschung/food-for-justice

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
Power, Politics, and Food Inequalities in a Bioeconomy	such as class, gender, race, ethnicity, nationality.	Politicisation: production, distribution, consumption Academia: research models of food insecurity & bioeconomy are the same Science, Technology and Society (STS) BioEconomy; Feminism; Global Inequality; Postcolonial; Food Justice; AgriFood Systems Conceptual Frame: Food inequalities as global entangled inequalities; Multi-scalar and relational perspective; Emancipation and intersectionality (class, race, gender, nonhuman) Projektleitung: Institute for Latin American Studies from the Freie Universität Berlin	
STRIVE (ZEF) Sustainable TRade and InnoVation transfer in the bioEconomy: from national strategies to global sustainable development goals	The research project STRIVE aims at improving the knowledge base for the design of sustainable bioeconomy policies and investments with a focus on international regulatory frameworks. An alignment of bioeconomic societal transformation with global Sustainable Development Goals involves multiple complex governance challenges. To address these challenges, this project aims at (1) enhancing public and private decision-makers' capacity to tailor bioeconomy related policies and investments according to regional and local sustainable comparative advantages and at (2) identifying essential ingredients of international and national regulatory	Methodology (1) Mapping and measuring the global bioeconomy to identify and quantify current conditions, drivers and outcomes of bioeconomic transformations. (2) Exploring global bioeconomy scenarios via empirical evaluations and global trade model based assessments to identify unintended consequences of bioeconomy policy and innovation trends. (3) Designing governance frameworks for sustainable bio-based commodity trade and technology/knowledge transfers. The research will be conducted in collaboration with German, European, and international partners and is	http://strive-bioecon.de

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
	frameworks to promote social and environmental benefits of biobased transformation. The project focuses on transnational biomass flows and innovation transfer in selected bioeconomy sectors with an emphasis on major biomass and knowledge producing countries and regions.	embedded in a networking strategy that aims at mainstreaming sustainability science in applied bioeconomy research. Projektleitung: Center for Development Research (ZEF)	
BMBF MODUL II: Thematische Projekte und Verbünde			
BEPASO für Bioeconomy Pathways and SOcietal transformation strategies Bioökonomie 2050: Potenziale, Zielkonflikte, Lösungsstrategien: Verschiedene Zukunftsszenarien (qualitativ und quantitativ) eines Wandels der gegenwärtigen Wirtschaftsweise hin zu einer nachhaltigeren „Bioökonomie 2050“ und gesellschaftlich akzeptierte Transformationspfade werden beschrieben. Der Fokus liegt dabei auf der Produktion und Weiterverarbeitung von Biomasse.	Es wurde ausgehend von der gegenwärtigen Ressourcennutzung, der Verfügbarkeit von Biomasse (v. a. aus Land- und Forstwirtschaft) sowie deren Verwendung, mögliche Pfade einer Transformation der gegenwärtig eher fossil-basierten Wirtschaftsweise zu einer bio-basierten Ökonomie entwickelt. Die steigende Nachfrage nach bio-geenen Ressourcen sowie die Effekte (z. B. Mengen-, Preis- und Handelseffekte, Veränderung des CO₂-Ausstoßes, Veränderungen im Landschaftsbild, Arbeitsmarkteffekte), die diese Anpassungsprozesse mit sich bringen, fließen dabei in unsere Analysen mit ein. Die Potenziale der Bioökonomie sowie mögliche Grenzen und Konfliktfelder werden deutlich gemacht. Maßnahmen, um diese Konflikte zu entschärfen (z. B. durch Ertrags- und Effizienzsteigerung, Kaskadennutzung, Nutzung von Rest- und Abfallstoffen), werden analysiert und	Die Projektergebnisse bilden Grundlage für die wichtige Diskussion um den erforderlichen technologischen und gesellschaftlichen Wandel, sowie die Herausforderungen für Politik, Wirtschaft und Bürger*innen bzw. Verbraucher*innen in Deutschland	https://www.thuenen.de/de/info-thek/wege-zu-einer-gesellschaftlich-akzeptierten-biooekonomie/

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
	auf ihre gesellschaftliche Akzeptanz hin bewertet.		
BIO-MACHT (2017-2020) Bioökonomische Macht in globalen Lieferketten – Ansätze, Auswirkungen und Perspektiven von Zertifizierung und Sorgfaltspflichten für biogene Massenrohstoffe. Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen von unternehmerischen Sorgfaltspflichten und Zertifizierungssystemen in den globalen Wertschöpfungsketten von biogenen Massenrohstoffen zu formulieren	Für die bioökonomische Transformation resultiert hieraus die Herausforderung, sowohl die heutige Situation, als auch die mittel- bis langfristigen Auswirkungen und Nutzungskonkurrenzen einer steigenden Nachfrage so zu beeinflussen, dass zum einen wichtige Ökosystemdienstleistungen erhalten werden, zum anderen auch Konfliktpotenziale minimiert und sozioökonomische Chancen global erhöht werden.	Bisher keine zusammenfassenden Aussagen zur Ausgestaltung (einer nachhaltigen) Bioökonomie. Abschlussbericht Ende Dezember 2020/Anfang Januar 2021	https://www.uni-erfurt.de/forschung/forschen/forschungsprojekte/biooekonomische-macht-in-globalen-lieferketten
BIO-ÖKOPOLI (abgeschlossen) Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie.	Das Projekt untersucht Zielkonflikte (wie globale Sicherung der Nahrungsversorgung, dauerhaft sicheren Versorgung der Industrie mit Rohstoffen, oder Förderung der ökonomischen Innovation am Standort Deutschland) zwischen Umweltschutz und ökonomischen Zielen und geht der Frage nach, wie Politik gestaltet werden könnte, um geeignete Maßnahmen zu definieren um mit diesen Zielkonflikten umzugehen.	Böcher, Michael, Töller, Annette Elisabeth, Perbandt, Daniela, Beer, Katrin und Vogelpohl, Thomas. (2020). Research trends. Bioeconomy politics and governance. <i>Forest Policy and Economics</i> , 118/2020, https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102219 Beer K. et al (2018) Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie. Arbeitsbericht 1 – Fallauswahl und Übersichtsanalysen. http://www.bio-oekopoli.de/bio-oekopoli/download/arbeitspapier_1.pdf	http://www.bio-oekopoli.de/
SYMOBIO (2017- August 2021) Systemisches Monitoring und Modellierung der Bioökonomie	Das Projekt entwickelt die wissenschaftlichen Grundlagen für ein systemisches Monitoring und für die Modellierung der Bioökonomie in	Bezüglich Monitoring und Modellierung der Trends und ihrer umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen	https://symobio.de/

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
Projektkoordination: Center for Environmental Systems Research (CESR) der Universität Kassel	Deutschland und berücksichtigt dabei Nachhaltigkeitsaspekte auf nationaler und internationaler Ebene		
BIO-PoP- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel & Institut für Weltwirtschaft (IfW) Modellierung und Gestaltung gesellschaftspolitischer Willensbildungsprozesse zur Etablierung nachhaltiger Wirtschaftssysteme in Industrie- und Entwicklungsländern	Modellierung der Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Bevölkerungswachstum, internationaler Klima- und Energiepolitik, Europäischer Agrarpolitik sowie nationalen Entwicklungspolitiken auf der einen Seite und gesellschaftspolitischen Anpassungsprozessen auf der anderen Seite Christian H.C.A. Henning: Connecting Two Worlds: <i>Policy Learning through interactive Communication between Science and Political Practitioners</i> . Prä-Konferenz-Workshop III 'Political Economy and Behavioral Economics on Development Policies and Policy Process' at the 58. Jahrestagung der GeWiSoLa in Kiel.	Identifikation von konkreten Maßnahmen innerhalb der Politikstrategie Bioökonomie, die eine ökologisch-ökonomisch effiziente Wirtschaftsweise bewirken und politisch durchführbar sind Michael H. Grunenberg, Svetlana Petri und Christian H.C.A. Henning: <i>Ecological Voting in Germany? Animal Welfare, Climate and Water Protection as Drivers of Voting Behaviour</i> . Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies Christian H.C.A. Henning: <i>Nachhaltigkeitspolitik effektiv gestalten: Vom Modell in den Kopf und zurück</i> . Online-Beitrag zur Reihe "Köpfe des Wandels" des Wissenschaftsjahres 20/21. Link	https://www.bio-pop.agrarpol.uni-kiel.de/de https://shiny.agrarpol.uni-kiel.de/biopo-presults/
FuV Farming the Uncanny Valley (2018 – 2020) Untersuchte Gefühle des Unbehagens, die sich im Kontext von biotechnologischen Entwicklungen in der Gesellschaft abzeichnen	Im Dialog zwischen Gestaltern und Forschern, die die Entwicklung von Biotechnologie vorantreiben, identifizieren wir Themenfelder und formulieren Fragestellungen, die einen durch den technologischen Wandel möglichen Verschiebung unserer Werte und Begriffsvorstellungen zum Ausdruck bringen. Biotechnologie, Sozialwissenschaften und Design arbeiten interdisziplinär zusammen, mit Fokus auf die Gestaltungsdisziplin.	Projektleitung: Universität der Künste Berlin Themen: Insekten Landschaft Kulturpflanzen Boden Luft	https://www.farming-the-uncanny-valley.net/

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
Verbundprojekt „Transformationsanalyse und Gestaltungskonzepte für eine regionale Bioökonomie“ (TransRegBio) Dezember 2019 – November 2022	Projekt ist Teil von BioBall: es stellt die wissenschaftliche Begleitung der -Projekte in Bezug auf deren ökologischen und ökonomischen Indikatoren sicher, zum anderen werden Modelle, Werkzeuge und Konzepte für Bewertung und Gestaltung einer regionalen Bioökonomie entwickelt. Projektpartner: TU Darmstadt (Koordination), Universität Kassel, DECHEMA, Provadis Hochschule, right. based on science, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Thuenen-Institut	• Welche Umweltwirkungen haben die bioökonomischen Technologien im Lebenszyklus? • Welchen Einfluss hat die durch bioökonomische Technologien verursachte Biomassenachfrage auf der makroökonomischen Ebene auf Phänomene wie die Landnutzung, biologische CO₂-Speicherung und Biodiversität?	https://biooekonomie-metropolregion.de/bioball/
Projekte die erst starten oder noch keine Ergebnisse vorliegen haben – Projektleitung und Kontakt sind aufgelistet			
BioNex –Die Zukunft des Biomasse Nexus (2017-2020) Institut für Weltwirtschaft (IfW)	Forschungsvorhaben will praxis- und politikorientierte Lösungsoptionen für mögliche Zielkonflikte erarbeiten, um die Transformation zu einer nachhaltigen bio-basierten Wirtschaft zu gestalten	Projektleitung: Institut für Weltwirtschaft Ansprechpartnerin: Ruth Delzeit +49 (431) 8814-405 ruth.delzeit@ifw-kiel.de	https://www.ifw-kiel.de/de/institut/research-center/global-commons-und-klimapolitik/projects/bionex-die-zukunft-des-biomasse-nexus/
DART-BIO Analysiert globale Landnutzungsänderungen sowie Biotreibstoffpolitiken. In dieser Version sind die besonderen Charakteristika der landwirtschaftlichen Produktion detailliert implementiert. Die landwirtschaftlichen Primärgüter werden unter	Das Model DART (engl. <i>Dynamic Applied Regional Trade</i>) wurde am Kieler Institut für Weltwirtschaft geschrieben und wird seither ständig weiter entwickelt. DART ist ein multi-regionales, multi-sektoriales, rekursiv-dynamisches allgemeines Gleichgewichtsmodell der Weltwirtschaft. Es wurde entwi-	Kieler Institut für Weltwirtschaft	https://www.ifw-kiel.de/de/institut/research-center/global-commons-und-klimapolitik/articles/dynamic-applied-

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
Einsatz von Kapital, Arbeit, Vorleistungsgütern und Land produziert.	ckelt um internationale Klima-, Energie-, Landwirtschafts- und Landnutzungspolitiken im Hinblick auf langfristigen Folgen zu analysieren		regional-trade-model-dart/dart-bio/
BioSDG - Die „Sustainable Development Goals“: Welchen Beitrag leistet die Bioökonomie? (2020-2023)	BioSDG Projekt evaluiert wie die Transformation zur Bioökonomie einen Beitrag zur Erreichung der UN Sustainable Development Goals (SDGs) leisten, und sich Zielkonflikte zwischen einzelnen SDGs ergeben könnten. Dabei baut dieses Forschungsvorhaben auf dem Projekt „BioNex“ auf.	Institut für Weltwirtschaft (IfW) Ansprechpartner: Tobias Heimann +49 (431) 8814-608 tobias.heimann@ifw-kiel.de Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2018EF001014	https://www.ifw-kiel.de/de/institut/research-center/global-commons-und-klimapolitik/projects/biosdg-die-sustainable-development-goals-welchen-beitrag-leistet-die-biooekonomie/
KASCoP – Biomassekaskaden als „Communities of Practices“ (2019-2022)		Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Institut für Umweltsozialwissenschaften und Geographie Kontakt: Prof. Dr. Heiner Schanz, heiner.schanz@ifp.uni-freiburg.de	https://www.envgov.uni-freiburg.de/de/prof-envgov/forschung/aktproj-gov
TRADINNOVATION - Innovationen in der Bioökonomie in traditionellen Sektoren am Beispiel von drei Innovationslinien zu Fleischanaloga. (2019-2022)	(Fleischanaloga sind Produkte, die Fleisch und Fleischwaren möglichst gut imitieren, jedoch nicht aus Schlachttieren hergestellt werden.)	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI Ansprechpartnerin: Dr. Bärbel Hüsing Telefon +49 721 6809-210 Baerbel.Huesing@isi.fraunhofer.de	https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/neutechnologien/projekte/tradinnovation.html#1

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
BEST – Bioökonomie in Europa und SDGs: Entwicklung, Beitrag, Trade-offs (2019-2022)	Es werden folgende Fragestellungen beleuchtet: 1. Welche potentiellen Entwicklungspfade gibt es für die Bioökonomie in der EU mittelfristig (2030) mit Blick auf regionale und globale Erreichung der SDGs und Erwartungen in verschiedenen Nutzungsbereichen sowie langfristig (2050/60) vor dem Hintergrund der Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) und Klimaziele? 2. Welcher Beiträge und welche Zielkonflikte für die Erreichung der sozio-ökonomischen und ökologischen SDGs (2, 6-9 und 12-15) in Europa und weltweit ergeben sich daraus? 3. Welche Auswirkungen haben einzelne isolierte nationale Politikmaßnahmen (einschließlich EU) der Förderung und Regulierung von Bioökonomie gegenüber koordinierten globalen Mechanismen? Welche Möglichkeiten und Grenzen ergeben sich daraus, um die Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie zu steuern, die einen möglichst hohen Grad der Zielerreichung gewährleistet?	GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung mbH Ansprechpartner: Dr. Christian Lutz lutz@gws-os.com T. +49 (541) 40933-120 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn – Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomie	https://www.gws-os.com/de/index.php/klima-energie/projekte/projekt-detailseite/best.html
Initiative BioökonomieREVIER Rheinland (BMBF gefördert)	Teilprojekt BioökonomieREVIER_KOM: Koordination und Kommunikation Laufzeit: 1.8.2019 - 31.07.2021 Gefördert mit Mitteln aus dem Sofortprogramm für den Strukturwandel	Die Innovationslabore zeichnen sich durch ihre Themenvielfalt aus: Von digitalisierter Bioökonomie über die Automatisierung von Bioindustrie-Prozessen bis zur Agrarrobotik und Agrarphotovoltaik, von der Abwasserreinigung durch Algen, Bioraffinerie-Konzepten bis zur Elektro-Biotechnologie	https://www.biooekonomie-revier.de/

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
	Teilprojekt BioökonomieREVIEW_Inno: Innovationslabore Laufzeit: 15.12.2019 - 14.05.2021		
BMWi			
Modellregion BioökonomieREVIEW Rheinland" Koordinierungsstelle BioökonomieREVIEW ist am FZ Jülich angesiedelt und entwickelt gemeinsam mit lokalen Akteuren eine Regionalstrategie. Erste Ideen für biobasierte Wertschöpfung werden bereits in die wirtschaftliche Praxis umgesetzt.	BioREVIEW Von der strategischen Forschung zum Treiber des Strukturwandels Laufzeit: 01.04.2019 - 31.03.2022	Bioökonomie-Potenziale: Rohstoffe und Ernährung Mehr Nachhaltigkeit in der Agrarproduktion Koordinierungsstelle BioökonomieREVIEW hat weitere Studien beauftragt , die Potenziale weiterer, bioökonomisch ebenso relevanter Branchen analysieren. Die Ergebnisse fließen im Sommer 2021 in eine erste regionale Bioökonomiestrategie ein. Diese beinhaltet konkrete Handlungsempfehlungen, um Wirtschaft und Landwirtschaft zukunftsorientiert und nachhaltig aufzustellen - mit einer höheren Wertschöpfung für die Region	https://www.biooekonomie-review.de/
UBA			
Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung (2017-2020)	Politische Empfehlungen für die Bundesregierung in zehn Handlungsfeldern, die ein breites Spektrum von Handlungsmöglichkeiten zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie aufzeigen. Diese Ergebnisse geben wichtige politische Impulse, die Bioökonomiepolitiken der Bundesregierung (und ggf. auch Länder) mit konkreten Nachhaltigkeitszielen zu untersetzen und deren Umsetzung zu monitoren sowie auch Impulse für die Bioökonomieforschung.	Abschlussbericht als UBA-Text 181/2020 veröffentlicht unter: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-biooekonomie	https://www.oeko.de/forschung-beratung/projekte/pr-details/sustainable-utilization-of-resources-requirements-for-a-sustainable-bio-based-economy-1
BfN			

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
Bürgerdialog: Chancen und Risiken der Bioökonomie für die biologische Vielfalt		NABU Vivienne Huwe	https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/nachhaltiges-wirtschaften/biooekonomie/28654.html
Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit	Das Projekt untersucht, wie eine zukünftige Bioökonomie ausgestaltet sein sollte, damit die ökologischen Belastungsgrenzen nicht überschritten werden. Die relevanten Umwelt -und Entwicklungsverbände diskutieren im Rahmen des Projekts, wie eine politische Rahmensetzung aussehen sollte, damit die Bioökonomie nicht zu Lasten der biologischen Vielfalt vorangetrieben wird	Denkhaus Bremen Ansprechpartner Peter Gerhardt	
EU geförderte Projekte			
Klimawandel und Bioökonomie – Sustainability-Gap-Analyse für den Agrarsektor. (2020-2021) EUA	Soll verfügbares Wissen über die Zukunft der landwirtschaftlichen Produktion in der EU zusammenführen. Dazu gehören mögliche Sustainability-Gaps in Form von Nahrungsmittel-, Wasser- und Energiesicherheit, Flächenverbrauch und Treibhausgasemissionen, die bis 2050 geschlossen werden müssen. Die Ergebnisse tragen zu einem besseren Verständnis darüber bei, wie der Agrarsektor, unter Berücksichtigung des Wachstumspotenzials der Bioökonomie und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt, zur Eindämmung des Klimawandels und zum Erhalt der biologischen Vielfalt beitragen kann.		https://www.ecologic.eu/de/17590

Projektname	Ansatz / Perspektive	Relevanz für NABU	Link
Regionale Bioökonomie-Strategien für eine gestärkte ländliche Entwicklung in der EU (BE-Rural) (2019-2022)	Ziel, relevante Akteure bei der Entwicklung von regionalen Strategien zu unterstützen, die eine nachhaltige Nutzung land- und forstwirtschaftlicher sowie maritimer Ökosysteme im Kontext der Bioökonomie anstreben. (Lettland, Polen, Rumänien, Bulgarien und Nordmazedonien)		https://www.ecologic.eu/de/16423
Nachhaltiges Management des Unterbodens als Teil der Bioökonomie (Soil³) (2015-2021) BMBF Soil³ - Sustainable Subsoil Management hat zum Ziel, das Potenzial des Unterbodens besser als bisher für das Pflanzenwachstum zu erschließen.	Leitfragen: Welche Faktoren sind maßgeblich dafür, ob Landwirte Maßnahmen zum Unterbodenmanagement befürworten und anwenden? Wie verteilt sich der Nutzen eines verbesserten Unterbodenmanagements auf verschiedene geografische Ebenen und soziale Akteuren? Welche politischen Maßnahmen (ökonomische Anreize, regulierende Eingriffe oder auf freiwilliger Basis) können die Anwendung von Maßnahmen des Unterbodenmanagements erhöhen? Hierauf aufbauend werden Politikempfehlungen für ein effektives und effizientes Unterbodenmanagement in Deutschland entwickelt.		https://www.ecologic.eu/de/12594

Quelle: Eigene Darstellung (*(bö = bioökonomisch; BÖ = Bioökonomie)

Anhang 2: Der Rechtsrahmen der Bioökonomie und Änderungsbedarfe

Abfall

Tabelle 5 Rechtsrahmen für Abfall in Deutschland

Gesetze	Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG (2020)
	Abfallverbringungsgesetz AbfVerbrG (2020)
	Verpackungsgesetz (VerpackG) (2019) + Verpackungsregister LUCID
	Elektro- und Batteriegesetz BattG2 (2021) + Batterieregister (2009) Das Gesetz trat erstmalig im Jahr 2009 in Kraft und wurde 2021 aktualisiert (BattG2).
	Elektronikgerätegesetz ElektroG (2015)

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Das Abfall-Management ist ein aktives und breites Feld der EU-Politik, welches von zahlreichen Richtlinien und Strategien reguliert wird. In Deutschland gibt es seit 2012 das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), welches die fünfstufige Abfallhierarchie der EU-Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) als festes Prinzip für den Umgang mit Abfall vorschreibt.

Durch Inkrafttreten des Gesetzes zur Umsetzung der EU-Abfallrahmenrichtlinie am 29.10.2020 wurde mit Art. 1 das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) umfassend geändert und präzisiert. Die Änderungen ziehen sich durch weite Teile des KrWG. Es gibt zusätzliche Definitionen von Siedlungsabfällen, Bau- und Abbruchabfällen, Lebensmittelabfällen, Rezyklaten, stoffliche Verwertung und Verfüllung (§ 3 KrWG). Die Anforderungen an die Produktverantwortung wurden wesentlich erweitert sowie die Rückgabe, Rücknahme und Wiederverwendung (§ 25 KrWG) sind sehr detailliert ausgestaltet. Ein ganz neues Gewicht erhält auch die [Abfallvermeidung](#), einerseits im Rahmen der Abfallwirtschaftspläne und andererseits in den konkreten Mindestanforderungen an die Abfallvermeidungsmaßnahmen (§ 33).

Die Novellierung der AbfRRL ist ein guter Beginn um die im Rahmen des Green Deal beschriebene kreislaforientierte Wirtschaft in der Holzverwendung erreichen zu können. Dafür müssen die Erfassung, die sortenreine Trennung und der stoffliche Einsatz von Recyclingholz deutlich gesteigert werden. Derzeit behandeln die Mitgliedsstaaten die Thematik Altholz sehr unterschiedlich (Isermeyer et al. 2020). Die Novellierung der Altholz-Verordnung ist für Herbst 2021 vorgesehen.

Die Einwegkunststoff-Richtlinie ist bis zum 3. Juli 2021 in deutsches Recht umzusetzen. Das Verbot zum Inverkehrbringen von Einwegkunststoffartikeln wird derzeit durch die Einwegkunststoffverbots-VO auf Basis des KrWG umgesetzt. Das Bundeskabinett beschloss am 20. Januar 2021 die Änderung des Verpackungsgesetzes. Betroffen sind unter anderem Hersteller, Vertreiber und Online-Marktplätze.

Kern der Novelle ist die Pflicht zur Mehrweg-Alternative im To-Go-Bereich, Mindest-
rezyklatanteile sowie eine Ausweitung der Pfandpflicht.

- **Mehrwegvariante: ab 2023** sind Restaurants, Bistros und Cafés, die Essen für unterwegs oder To-Go-Getränke verkaufen, verpflichtet, ihre Produkte auch in Mehrwegverpackungen anzubieten.
- **Pfandpflicht: ab 2022** ist zudem ein Pfand auf *alle Einweg-Getränkeflaschen* aus Kunststoff verpflichtend. Ein Pfand gilt dann auch für *sämtliche Getränkedosen*. Ausnahmen fallen weg. Nur für Milch oder Milcherzeugnisse gilt eine **Übergangsfrist bis 2024**.
- **Mindestrezyklatanteil: ab 2025** müssen PET-Getränkeflaschen aus mindestens **25 Prozent** Recyclingkunststoff bestehen. **Ab 2030** erhöht sich diese Quote auf mindestens **30 Prozent** und gilt dann für *alle Einwegkunststoffflaschen*.

Die novellierte Abfallrahmenrichtlinie zielt auf eine verstärkte Förderung der Kreis-
laufwirtschaft (Vermeidung und vor allem Recycling von Abfällen):

- Händler müssen künftig beim Vertrieb, auch im Zusammenhang mit Artikel-Rückgaben, dafür sorgen, dass Erzeugnisse weiter genutzt werden können
- Bundesinstitutionen sind verpflichtet, ökologisch vorteilhafte Erzeugnisse in öffentlicher Beschaffung zu bevorzugen
- Handel muss sich an Reinigungskosten von Parks und Straßen beteiligen.
- Stärkung des Recyclings von bestimmten Abfällen, (Papier, Metall, Kunststoff, Glas, auch Hausmüll). Verschärft Vorgaben für Wiederverwertung und dazugehörige Berechnungsmethode. Änderung schreibt für 2020 Recyclingquote von mindestens 50 Prozent vor. Ab 2025 steigt Quotenvorgabe schrittweise an.
- Verschärft die Pflicht, Abfälle getrennt zu sammeln
- Konkretisierung der Anforderungen für das Ende der Abfalleigenschaft,
- Anhebung und Neuberechnung der Recyclingquoten für bestimmte Abfallarten und weitere Reduzierung der Deponierung von Abfällen,
- Verschärfung der Vermischungsverbote für gefährliche Abfälle,
- Verstärkung der Vermeidung von Abfällen (unter anderem von Lebensmittelabfällen) und Konkretisierung der von den Mitgliedstaaten zu ergreifenden "Maßnahmen",
- Ausbau und Spezifizierung der Abfallvermeidungsprogramme und Abfallwirtschaftskonzepte der Mitgliedstaaten,
- Verzahnung des Abfallrechts mit Vorgaben des Chemikalienrechts.⁴⁸

Das globale und lokale Abfallwirtschaftssystem muss an Kaskaden und Kreislauf-
nutzung angepasst werden.

⁴⁸ BMU, 2020: <https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-eines-gesetzes-zur-umsetzung-der-abfallrahmenrichtlinie-der-europaeischen-union/>

Bio-Plastik

Tabelle 6 Rechtsrahmen für Bio-Plastik in Deutschland

Gesetze	Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG (2020)
	Abfallverbringungsgesetz AbfVerbrG (2020)
	Verpackungsgesetz (VerpackG) (2019) + Verpackungsregister LUCID

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Der WBGU (2020) verweist auf eine Analyse biobasierter Kunststoffe die bestätigt, dass Kreislauf- und Vermeidungsstrategien für jede Kunststoffart (biobasiert wie konventionell) mittelfristig im Fokus stehen sollten, da Bioplastik nur vergleichsweise wenig Potenzial für den Klimaschutz bietet. Hier sollte eine **Verbrauchsreduktion** mit der Anwendung aller Prinzipien der Kreislaufwirtschaft verbunden werden, um durch verringerten Bedarf an Primärrohstoffen den Druck auf Land sowie den Wasserverbrauch zu senken.

Zur vollständigen Dekarbonisierung des Kunststoffsektors wird Bioplastik zwar im größeren Umfang als heute nötig sein und bleibt daher wichtig. Relativ zu anderen Ansätzen wie der Umstellung der Ernährungsstile (vgl. 5.4), Bioenergiepolitik und dem Holzbau (vgl. nächsten Abschnitt), ist es jedoch ein kleiner Hebel (WBGU 2020).

Mittelstädt & Zeug (2019) benennen auch das Problem, dass

*„die heutigen Abfallverwertungsanlagen noch nicht flächendeckend auf die Sortierung und Verwertung von Bioplastik ausgerichtet, was dazu führt, dass sowohl auf Konsument*innenebene als auch auf Ebene der Sortierung herkömmliches Plastik von Bioplastik nicht ausreichend unterschieden werden kann und deshalb größtenteils verbrannt wird. Hinzu kommt, dass die Aufbereitungszeiten und -bedingungen der Anlagen nicht ausreichen, um das Bioplastik zu kompostieren. Grenzgänger, wie z.B. vermeintliche Bioplastik, welche nicht kompostierbar ist, verstärkt diese Situation. Überreste werden am Ende des Aufbereitungszyklus herausgefiltert anstatt weiter verwendet zu werden. Auf regulatorischer Ebene schlägt sich dieses Phänomen in unterschiedlichen Regulierungen auf regionaler Ebene wieder: in manchen Kommunen Deutschlands ist die Entsorgung von Bioplastik über den Biomüll zugelassen, in manchen nicht. Solche Diskrepanzen sowie das oben erwähnte Problem der Kategorisierung zwischen Kompostierbarkeit und Bioplastik schafft eine Wahrnehmungsproblematik auf Konsument*innenebene.“*

Bauen

Tabelle 7 Rechtsrahmen für Bauen in Deutschland

Deutsches Recht	Strategien Programme	Ressourceneffizienzprogramm ProgRess 2012, ProgRess II 2016, ProgRess III 2020
	Gesetze Verordnungen	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2000, 2004, 2010, 2018, 2020
		Energieeinsparungsgesetz 2013, 2016
		Musterbauordnung 2002 inkl. M-FHHolzR
		Gebäudeenergiegesetz (2019) GEG
Recht der Bundesländer	Gesetze	Klimaschutzgesetze der Bundesländer
		Bauordnungen der Bundesländer

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Nachhaltiges Bauen steht in Abhängigkeit zu verfügbaren Biomasse – hauptsächlich Holz und andere biogene Materialien (Hanf, Stroh, u.ä.) – und ist damit eng verbunden mit den Bereichen Landnutzung und Forstwirtschaft. Derzeit sind nachhaltige Bauweisen mit nachwachsenden Ressourcen noch benachteiligt und es ist notwendig die Hürden in Deutschland und den Ländern abzubauen, denn trotz der zahlreichen positiven Eigenschaften von Holz, macht der Rohstoff nur 15% der Baumaterialien in Deutschland aus (Mittelstädt & Zeug 2019). Der Europäische Emissionshandel (ETS) wirkte bisher vor allem im Bereich emissionsintensiver (und energieintensiver) Stoffe wie z.B. Stahl, Zement, Aluminium, Kunststoffen, Papier etc. nur unzureichend trotz der Reform des Emissionshandels im Jahr 2018.

Standards für Bauprodukte und –vorhaben sind umfangreich und starr. Im Bausektor herrschen Pfadabhängigkeiten. So beachtet die M-HFHolzR (Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hoch feuerhemmende Bauteile in Holzbauweise), der Musterbauordnung (2002), an der sich die Bauordnungen der Bundesländer orientieren, innovative oder umweltschonende Bauprodukte und Bauweisen nicht und stellt komplizierte Anforderungen an das Bauen mit Holz. Weitere Hemmnisse für eine intensivere Verwendung von Holz im Gebäudebereich:

- Zahlreiche Anforderungen und Standards (z.B. EU-Bauproduktverordnung, Feuerschutzbestimmungen) sorgen dafür, dass Planen und Bauen mit Holz komplizierter und teurer ist als das Bauen mit konventionellen Materialien
- aktuelle DIN- und ISO-Normen sind auf den Einsatz alternativer Materialien noch nicht ausgerichtet
- die Vorteile entlang des Lebenszyklus von Holz werden seitens der Gesetze nicht in ihrer Gänze beachtet - beispielsweise missachtet die Energieeinsparungsverordnung die Funktion des Kohlenstoffspeichers und die Möglichkeit der Wiederverwendung von Holz

- Uneinheitliche Vorschriften und Standards zwischen den Bauordnungen der Bundesländer erschweren das Arbeiten mit innovativen Bauprodukten den Firmen die auf Bundesebene arbeiten. (Mittelstädt & Zeug 2019)

Es Bedarf Änderungen der Bauvorschriften, also Normen und Standards (z.B. zu Statik, Windlast, Brandschutz und Dämmung) sowie das Ordnungsrecht muss angepasst werden (z.B. Bauordnungs-, Abfall-, Handwerks-, Immissionsschutzrecht). Holzbau sollte dem konventionellem Bauen auch bei energetischen Sanierungen gleich-gestellt werden.

Die Kreislaufwirtschaft durch Vorgaben zum Ökodesign von Gebäuden (Modularität, Wiederverwendbarkeit, Energieeffizienz), die verbesserte Zertifizierung nachhaltiger Baumaterialien und Bauweisen (z.B. wiederverwendbare chemisch behandelte Holzprodukte), die Trennung belasteter Hölzer beim Abriss sowie die Standardisierung von Altholzprodukten gestärkt werden. Die Wiederverwendung und Kaskadennutzung vor energetischer Nutzung muss gefördert werden. Ein erster Ansatz liegt im Vergaberecht in Deutschland und der EU sollte die öffentliche Hand selbst ausschließlich nachhaltig bzw. mit Holz bauen (WBGU 2020).

In Baden-Württemberg wurde die Holzbau-Offensive⁴⁹ 2018 initiiert, sie könnte als Blaupause für eine mögliche Umsetzung genannter Aspekte des Green Deals in den für das Bauen in Deutschland zuständigen Bundesländern fungieren. Sie beinhaltet beispielsweise Richtlinien zur Umsetzung der baurechtlichen Anforderungen an den Brandschutz und Lösungsvorschläge wie Holzbauten ohne Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln durch konstruktive Maßnahmen zuverlässig auf Dauer geschützt werden können.

Leichtbau ist ein bedeutendes Themenfeld und kann mit Holz neuen Wohnraum im Zuge der Verdichtung schaffen, aber auch durch Gewichtsminimierung andere Konstruktionen begünstigen.

Die Klimaschutzpläne der einzelnen Bundesländer können den Einsatz von langlebigen Holzprodukten bei Neubau, Sanierung und Modernisierung von Gebäuden fördern- Nordrhein-Westfalen hat damit bereits 2013 begonnen (Mittelstädt & Zeug 2019).

Weitere Empfehlungen, die das Bauen mit Holz betreffen, lassen sich umfassend aus Purkus et al. (2020) und Isermeyer et al. (2020) ableiten.

Marktverzerrungen, bei denen die Förderung der energetischen Nutzung eine effiziente Holznutzung im Baubereich hemmt, kann mit einer veränderten Bioenergiepolitik entgegen getreten werden (Mittelstädt & Zeug 2019).

⁴⁹ <https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unsere-themen/wald-und-naturerlebnis/holzbau-offensive/>

Auf EU-Ebene verbietet die EU-Holzhandelsverordnung das Inverkehrbringen von Holzprodukten aus illegalen Quellen, aber es wird kritisiert, dass die Standards zu niedrig und die Umsetzung unzureichend ist. Laut des neuen EU-Aktionsplans zur Kreislaufwirtschaft (EC 2020c) spielt die nachhaltige Bauwirtschaft auch für den European Green Deal eine Rolle, z.B. soll die Recyclingfähigkeit von Gebäuden verbessert werden. Reduktionen der insgesamt genutzten Gebäudeflächen, die mitentscheidend für den Land- und Ressourcenverbrauch nicht nur von Holzbau sind, werden allerdings nicht thematisiert. Quantitative Zielvorgaben zur Reduktion von Ressourcenverbrauch und Emissionen durch Kreislaufwirtschaft und Holzbau fehlen auf EU-Ebene, und der Fokus liegt auf Konsument*innen statt den privaten und öffentlichen Sektoren (WBGU 2020).

Forstwirtschaft

Tabelle 8 Rechtsrahmen für Forstwirtschaft in Deutschland

Strategien & Programme	Waldstrategie 2020 (2008)
	Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung für eine nachhaltige Forstwirtschaft und Holzverwendung (2016)
	Charta für Holz 2.0 (2018)
Gesetze	Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG (2020)
	Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (2011) HolzSiG
	Raumordnungsgesetz (ROG) (1998, 2017)
	Bundeswaldgesetz (1975) BWaldG
	Bundesnaturschutzgesetz (1976, 2010) BNatSchG
	Erneuerbare-Energien-Gesetz (2000, 2018) EEG
	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz EEWärmeG (2009, 2015)

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Der europäische Forstsektor war in den letzten Jahren strukturellen Veränderungen ausgesetzt. Er hat sich diversifiziert und ist komplexer geworden. Durch immer mehr innovative Produkte überschneiden sich die Sektoren (Energiesektor, Industrie und Textilproduktion, Bauen). Die vermehrte Nutzung von Holz als Brennstoff steht in direkter Konkurrenz zur materiellen Verwendung des Rohstoffes.

Im Jahr 2010 überstieg die energetische Nutzung von Holz in Deutschland (50,6 %) zum ersten Mal seit über einem halben Jahrhundert die materielle Nutzung von Holz (z.B. als Baumaterial, Holzwerkstoff oder in der Papierindustrie). Ursache dafür war unter anderem die gesetzliche Förderung von Bioenergie seit dem Jahr 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz

(EEWärmeG), Marktanreizprogramme im Wärmebereich sowie die Entwicklung der Gas- und Ölpreise. Diese einseitige Förderung der Nutzung von Holz als Brennstoff hat zu einer Marktverschiebung zu Ungunsten der stofflichen Nutzung geführt und stärkeren Nutzungskonkurrenzen geführt. Eine geringe Kaskadennutzung von Holz ist die Konsequenz, die Altholzverwertung begrenzt sich in Deutschland fast ausschließlich auf die Herstellung von Spanplatten somit spiegeln die Nutzungsstrukturen die rechtlichen Regelungen wider (Mittelstädt & Zeug 2019).

Die EU-Holzhandelsverordnung legt Pflichten für Marktteilnehmer fest, die Holz und Holzzeugnisse erstmalig in Verkehr bringen, sowie für Händler, die jene Waren auf dem Binnenmarkt an- oder verkaufen. Korrespondierend regelt in Deutschland das Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (HolzSiG) die Durchsetzung dieser EU-Verordnung. Nicht eingeschlossen sind Holzzeugnisse, die aus bereits in Verkehr gebrachtem Holz gewonnen wurden.

- Es fehlt an verbindlichen Anforderungen, problematisch ist insbesondere die Bestimmung der Legalität
- inkonsistente Umsetzung der EU-Holzhandelsverordnung sowie Verunsicherung ökonomischer Akteure weisen auf erheblichen Reformbedarf hin.

Nötig sind für **alle Geltungsbereiche** normierte, konkrete und an strengen Nachhaltigkeitskriterien orientierte Anforderungen, um Rechtssicherheit für die Marktteilnehmer zu erhöhen und nicht-nachhaltige Abholzung in fragilen Ökosystemen zu stoppen (WBGU 2020).

Mittelstädt & Zeug (2019) geben zu bedenken, dass *„illegaler Holzeinschlag mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten verknüpft ist und dass die Erschließung von Rohstoffquellen für die Bioökonomie insofern eine Herausforderung darstellt, dass der ökonomische Druck globaler Produktionszusammenhänge die legislativen Maßnahmen auf internationaler Ebene aushebeln kann. Es gibt einen Widerspruch, dem sich viele Handelsbereiche (und somit auch die Bioökonomie) stellen müssen: Zum einen sollen internationale Vereinbarungen wie auch die SDGs, Menschenrechte schützen und Umweltschutz fördern, zum anderen basieren viele Handelsströme (z.B. Abfall, Holz, Textilien u.v.m.) auf den ökonomischen Vorteilen, die aus der Divergenz der Arbeitsbedingungen und Kosten der Produktionsfaktoren in den Exportländern für die Importländer als des globalen Nordens entstehen. Arbeitsbedingungen und Umweltschutz werden größtenteils von den produzierenden Ländern gesetzlich geregelt“* – was nicht den internationalen Zielen entspricht.

Hier sollte im Zuge der Weiterentwicklung und Umsetzung der Bioökonomiestrategie auch das zur Diskussion stehende Lieferkettengesetz befördert werden.

Mittelfristig sollten verpflichtenden Nachhaltigkeitsauflagen für **die gesamte in der EU gehandelte Biomasse** mit klimaorientierten, ökologischen (z. B. Wasser-,

Bodenhaushalt, Biodiversität) und sozialen Kriterien und auf Produkt- und Exportländerebene entwickelt werden. Dabei sollte für Bioökonomie-Fokus auf Abfall- und Reststoffe beibehalten und Kriterien zur Vermeidung induzierter Landnutzungsänderungen (z. B. durch steigende CO₂-Preise) geschärft bzw. verpflichtend werden (WBGU 2020).

Die Kommission wird im Jahr 2021 – vorbehaltlich einer Folgenabschätzung – einen Vorschlag **für rechtsverbindliche EU-Ziele** für die Wiederherstellung der Natur vorlegen, um geschädigte Ökosysteme wiederherzustellen

- Die Kommission wird 2021 operative Leitlinien zu den RED-II- Nachhaltigkeitskriterien für die energetische Nutzung forstwirtschaftlicher Biomasse ausarbeiten.
- 2021 werden die Daten über Biokraftstoffe mit hohem Risiko indirekter Landnutzungsänderungen überprüft und ein Zielpfad zur schrittweisen Abschaffung dieser Kraftstoffe bis 2030 festgelegt.

Energie

Tabelle 9 Rechtsrahmen für Energie in Deutschland

Gesetze	Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG (2000 ff)
	Biokraftstoffquotengesetz (2007 ff)
	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz EEWärmeG (2009 ff)
	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz KWKG (2002 ff)
	Energiewirtschaftsgesetz EnWG (2005 ff)
	Energieeinsparungsgesetz EnEG (1976, 2013)
	Energiesteuergesetz EnergieStG (1939, 2006, 2018)
	Stromsteuergesetz StromStG (1999, 2017)
	Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz EVPG (2011)
	Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz EnVKG (2012)
	Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG (1993)
	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz TEHG (2011)
	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz Novelle (2018)
	Zuteilungsgesetz ZuG (2012)
	Gebäudeenergiegesetz GEG (2019)
Verordnungen	Biomasseverordnung BiomasseV (2001)
	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung BioSt-NachV (2009)
	Stromsteuerdurchführungsverordnung (2000, 2018)
	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung EnVKV (2012)
	Emissionshandelsverordnung 2020 EHV 2020 (2012)
	Zuteilungsverordnung ZuV (2007, 2012, 2020)

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Auf der Grundlage einer ambitionierten Energiepolitik, u.a. in Form von regulativen Maßnahmen, zielt die EU darauf ab, den Anteil erneuerbarer Energien stetig zu

erhöhen. Der wachsende Biomasseverbrauch im Rahmen dessen hat hat z.T. schon zu Anpassungen von Förderinstrumenten wie der Renewable Energy Directive (RED) geführt. Bezüglich dem Energieträger Biomasse verlangt die RED-II (Revision in 2018, siehe EU 2018) durch Art. 26 eine stufenweise Reduzierung des Anteils von aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen gewonnenen Biokraftstoffen, flüssigen Biobrennstoffen oder Biomasse Brennstoffen mit einem hohen Risiko indirekter Landnutzungsänderungen. 2030 soll der Anteil 0% erreichen. Die EU fördert fortschrittliche Biokraftstoffe wie z.B. auf Abfall basierende Kraftstoffe, aber spricht sich gegen Kraftstoffe auf Basis von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen aus (Mittelstädt & Zeug 2019). Der WBGU (2020) fordert jedoch in seinem Gutachten, dass die RED II noch überarbeitet wird, um indirekte Effekte zwischen Biomassearten, genutzten Flächen, Handelsströmen und anderen BÖ-Sektoren zu verhindern.

Die Bioökonomie ist Teil einer transformativen Energiepolitik, in der erneuerbare Rohstoffe fossile Energieträger ersetzen und ihre Entwicklung profitiert daher von einer Energiepolitik, die sich am Klimaschutz orientiert.

Gleichzeitig ist der Ausbau erneuerbarer Energien sehr von regionalen Rechtsakten und politischen Entscheidungen abhängig. Klimaschutzgesetze auf Bundeslandebene fördern die Ausdehnung erneuerbarer Energieproduktion. Vor dem Hintergrund regionaler und lokale Energiepolitik spielen auch Diskurse über dezentralisierte Systeme der Energieversorgung eine wichtige Rolle. Mittelstädt & Zeug (2019) nehmen an, dass die Entwicklung der Bioökonomie von dieser Verzahnung sowie der Europäisierung der Energiepolitik Nutznießerin sein wird, da viele ihrer Sektoren als emissions- und ressourcensparender gelten und sie vor dem Hintergrund ökonomischer Substitutionsüberlegungen bei den Unternehmen mit Hoffnungen auf Nachhaltigkeit im wirtschaftlichen Sinne besetzt ist.

Vergaberecht

Tabelle 10 Rechtsrahmen für Vergaberecht in Deutschland

Gesetze & Verordnungen	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)
	Vergabeverordnung (VgV)
	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV-EnEff) (2020)
	Sektorenverordnung (SektVO)

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Jährlich vergibt die Öffentliche Hand Aufträge in dreistelliger Milliardenhöhe an private Unternehmen und ist damit ein bedeutender Wirtschaftsfaktor.

Für alle Bereiche der Bioökonomie ist das Vergaberecht von großer Relevanz. Der Einbezug von Umweltkriterien bei der Vergabe öffentlicher Aufträge („nachhaltige

Beschaffung“) ist weiter zu etablierten und weniger kompliziert zu gestalten – dies ermöglicht den Einzug von Projekten, die Kriterien der Nachhaltigkeit beachten und fördert die Exnovation von traditionellen konventionellen Projektanträgen (Ludwig et al. 2017). Das geltende Vergaberecht bietet öffentlichen Auftraggebern viele Möglichkeiten, strategische, nachhaltige Aspekte im Vergabeverfahren zu berücksichtigen (vgl. § 97 Abs. 3 GWB und § 2 Abs. 3 UVgO). Diese müssen mit dem Auftragsgegenstand in Verbindung stehen. Damit können Leistungen beschafft werden, die umweltbezogene, soziale und innovative Belange in besonderer Weise berücksichtigen.

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV-EnEff) verpflichtet die Behörden des Bundes, bei der Vergabe öffentlicher Aufträge besondere Kriterien zur Energieeffizienz vorzugeben. Die Verwaltungsvorschrift ergänzt und konkretisiert damit rechtliche Verpflichtungen aus der Vergabeverordnung (BMWi 2021).

Umweltkriterien finden bei der Vergabe von Projekten noch nicht ausreichend Beachtung. Die Nachhaltige Beschaffung im Vergaberecht sollte kurzfristig im Rahmen der nationalen Umsetzung der Bioökonomiestrategie gefördert und gefordert werden auch um als Bundesregierung eine Vorreiterrolle zu übernehmen und politikkonsistent zu fördern.

Landwirtschaft

Tabelle 11 Rechtsrahmen für Landwirtschaft in Deutschland

Gesetze	Bundesnaturschutzgesetz
	Bundesbodenschutzgesetz
	Bundesimmissionsschutzgesetz
	Düngemittelverordnung (2020)
	Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
	Dünge- und Pflanzenschutzmittelrecht

Quelle: Mittelstädt & Zeug (2019)

Auf EU-Ebene ist die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) entscheidend, deren im Oktober 2020 erfolgte Novellierung nunmehr von 2023-2027 gilt⁵⁰.

Hierzu fordert WBGU (2020) in Hinblick auf eine nachfolgende Reformierung, dass die GAP mittelfristig in eine Gemeinsame Ökosystempolitik (GÖP) aufgehen sollte, die ein umfassendes, einheitliches Förderungssystem für einen nachhaltigen Umgang mit Land setzt und in allen Bereichen mit Landfokus - von Land- und

⁵⁰ Zur Kritik der Beschlüsse durch den NABU siehe <https://www.nabu.de/news/2020/10/28853.html>

Forstwirtschaft bis hin zum Siedlungsbau – Aktivitäten, die zur Vermeidung von nachteiligen Landnutzungsänderungen oder zur Erhaltung von Ökosystemleistungen und mehr Nachhaltigkeit führen, in einem einheitlichen System belohnen.

Das politische Ziel, die Nachhaltigkeit der Land- und Ernährungswirtschaft zu verbessern, liegt allen EU-Strategiepapieren zugrunde - der Green Deal, die Biodiversitätsstrategie und das Insektenschutzprogramm konzentrieren sich auf ausgewählte Themen, die Farm-to-Fork-Strategie hingegen versucht all alle Aspekte der Nachhaltigkeit und die gesamte Lebensmittelkette zum Gegenstand politischen Handelns zu machen. Zur Frage, welches „Nachhaltigkeitsniveau“ dabei angestrebt wird und wie dieses konkret gemessen, kontrolliert und sanktioniert werden könnte, enthält die Strategie keine quantifizierbaren Obergrenzen/Standards/Mechanismen (Isermeyer et al. 2020).

Bioökonomie-Strategien und weitergehende Regelungen

Bioökonomie-Strategien auf EU- und nationaler Ebene und Aktionspläne bilden einen **unverbindlichen Rahmen**. Verbindliche Regelungen (Gesetz, Verordnung) für die Bioökonomie bietet der gültige Rechtsrahmen bis auf den Energiebereich kaum (Fritsche & Rösch 2020; Thrän & Moesenfechtel 2020). Die EU RED II und die EU-Holzhandelsverordnung sind wichtige erste Schritte zur Förderung nachhaltiger Landnutzung außerhalb der EU. Die RED II wird momentan reformiert und sollte nach WBGU (2020) um weitere ökologische (z. B. Wasser- und Bodenhaushalt, Biodiversitätserhaltung) und soziale Kriterien ergänzt werden.

Auf ähnliche Weise sollten auch weitere Gütergruppen mit Auswirkungen auf Landnutzung, unabhängig vom Nutzungspfad, durch verbindliche, strenge ökologische und soziale Nachhaltigkeitskriterien reguliert werden, z. B. biogene Baumaterialien, die nicht bereits unter die weiterzuentwickelnde Holzhandelsverordnung fallen, oder Lebens- und Futtermittel aus dem In- und Ausland. Dies fordert mit Blick auf Biomasse aus Wäldern auch (Camia 2021).

Auflagen, die bisher lediglich Voraussetzung für die Anrechnung auf verbindliche Mindestquoten und staatliche Förderung waren (wie in der EU RED II), sollten verbindlich werden – spätestens, wenn höhere klimapolitische Ambitionen im Energie- und Transportsektor den Biomasseeinsatz auch ohne Fördermittel interessant machen.

Ein aktuell diskutierter Ansatz dazu ist das **Lieferketten-Gesetz** auf EU- und nationaler Ebene.

Die anstehende Aktualisierung der EU-Waldstrategie und EU-Maßnahmen zur Unterstützung entwaldungsfreier Wertschöpfungsketten sind Optionen, um zusätzliche Komponenten der Nachhaltigkeits-Governance für die Bioökonomie bereitzustellen, einschließlich der internationalen Dimension. Es bleibt jedoch abzuwarten,

wie geeignete Vereinbarungen mit Mitgliedstaaten und Akteuren außerhalb der EU gefunden werden.

Zengerling (2020) macht in ihrem Gutachten für den WBGU Hoffnung auf eine mögliche **verpflichtende Zertifizierung**. Die Prüfung, ob die Anforderungen des WTO-Rechts erfüllt sind oder nicht, ist ganz wesentlich von der konkreten Ausgestaltung einer Zertifizierungspflicht und deren Implementierung abhängig. Die größten Herausforderungen dürften im Nachweis der „Notwendigkeit“, der Begründung der extraterritorialen Wirkung und den Anforderungen des „chapeaus“ liegen. Angesichts der immensen Bedeutung des (Regen-)Waldschutzes für das Erreichen der Ziele des Pariser Klimaschutz-Übereinkommens scheint es aber möglich, dass eine Zertifizierungspflicht, schutzzweckbezogen und nicht-diskriminierend ausgestaltet, mit WTO-Recht vereinbar sein kann.

European Green Deal

Der **European Green Deal (EGD)**⁵¹ ist ein Mix aus Anreizen, Regulierung und Strategien mit dem Ziel, eine klimaneutrale nachhaltige EU bis 2050 - einschließlich der Bioökonomie - zu schaffen. Der Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft im EGD soll u. a. die Ressourceneffizienz erhöhen und den Anteil kreislaforientiert verwendeter Materialien bis 2030 verdoppeln. Diese Ziele sind dem WBGU (2020) zu vage und zu wenig ambitioniert: Er fordert quantifizierte Oberziele zum Gesamtressourcenverbrauch mit einem **Teilziel für Biomasse** für die EU, was der Strategie 1 des hier entwickelten Konzepts zur nachhaltigen Bioökonomie entspricht (vgl. Kapitel 4.1.1). Insbesondere bei der Rückführung der Biomassenutzung unter die planetarischen Grenzen, der Sicherung von Ernährung und Biodiversität sowie sozialer Belange in der Land- und Forstwirtschaft trägt die EU als entwickelte Volkswirtschaft, deren Biomasseverbrauch pro Kopf 70 % über dem globalen Durchschnitt liegt, eine besondere Verantwortung (WBGU 2020).

Die EU-Bioökonomie-Strategie enthält einige Elemente, die im EGD aufgegriffen wurden - eine zirkuläre nachhaltige europäische Bioökonomie muss die Herausforderungen der Integration bewältigen (vgl. Kapitel 4.6) und mit dem EGD sind **erste Schritte** in diese Richtung getan (Fritsche et al. 2020).

⁵¹ Unter dem EGD sind u.a. die EU-Biodiversitätsstrategie (EC 2020a), die Farm-to-Fork-Strategie (EC 2020b) und der EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (EC 2020c+d) sowie die neue Industriestrategie (EC 2020e) entwickelt worden und sind positive Anzeichen dafür, dass die EU diese Chance tatsächlich nutzt. Darüber hinaus ist der European Green Deal Investitionsplan (EC 2020f) ein Kernbestandteil der Umsetzungsmittel für die Bioökonomie (Fritsche et al. 2020).