

I. Bioökonomie: Sozioökonomische und politikwissenschaftliche Aspekte

1. Einleitung

Jahrtausendlang deckte die Menschheit ihren Bedarf an Nahrung, Werkstoffen, Gebrauchsgütern und Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbaren Quellen.¹ In den letzten Jahrzehnten ist jedoch jene Form der Wirtschaft, welche »an natürlichen Stoffkreisläufen orientiert [ist] und [...] alle Wirtschaftsbereiche [umfasst], die nachwachsende Ressourcen wie Pflanzen, Tiere sowie Mikroorganismen und deren Produkte, erzeugen, be- und verarbeiten, nutzen und damit handeln«² als wichtiger Beitrag zum global proklamierten Einsatz für Klimaschutz und zur Bewältigung weiterer Nachhaltigkeitsherausforderungen des 21. Jahrhunderts in den Fokus von Politik und Wirtschaft gerückt. Dieses allgemein als »Bioökonomie« betitelte Konzept impliziert tiefgreifende Veränderungsprozesse in Technologie (zum Beispiel hin zu biobasierten Materialien), Wirtschaft (zum Beispiel neue Wertschöpfungsketten und -netze sowie kreislaforientierte Konzepte) und Gesellschaft (zum Beispiel hin zu mehr Klimaschutz).³ Ein wichtiger Aspekt, den alle der mittlerweile global verbreiteten Bioökonomie-Strategien enthalten und der letztlich auch als Handlungsgrundlage fungiert, ist das Streben nach einer Transformation der Energiesysteme⁴ weg von fossilen, hin zu erneuerbaren und Biomasse-basierten Energieressourcen.⁵

1 Vgl. Pietzsch / Schurr 2017.

2 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014: 8.

3 Vgl. Wydra et al. 2020.

4 Der Aspekt der Transformation der Energiesysteme ist zwar in der Tat in allen Bioökonomie-Strategien gegeben, allerdings in unterschiedlicher Gewichtung.

5 Vgl. Backhouse et al. 2017.

Auch die Bundesrepublik Deutschland (BRD) hat sich mit ihrer Entscheidung für die Energiewende und dem damit in unmittelbaren Zusammenhang stehenden Ausstieg aus der Braunkohleverstromung bis 2038 einen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aufbruch zu eigen gemacht, der insbesondere für die betroffenen heimischen Braunkohleregionen eine Veränderung ihrer Wirtschaftsweisen bedeutet. Um diesen unmittelbar anstehenden bzw. bereits im Prozess befindlichen Strukturwandel im Rheinischen Braunkohlerevier in eine nachhaltigere, ressourcen- sowie klimaschonendere Richtung zu lenken, ist die Implementierung einer nachhaltigen Bioökonomie auf Basis der vorhandenen Stärken vor Ort eine der Grundlagen für die Gesamtstrategie des Reviers. So kann es im besten Fall als Modellregion für zukünftiges bioökonomisches Wirtschaften dienen.⁶

Wirft man einen Blick auf die einschlägige Forschungsliteratur, die sich mit dem Thema Bioökonomie auseinandersetzt, so stellt sich schnell heraus, dass der Großteil der wissenschaftlichen Literatur naturwissenschaftlich-technischer Natur ist.⁷ Sozialwissenschaftliche Untersuchungen diesbezüglich treten verstärkt erst seit den 2010er Jahren in Erscheinung, was zeitlich mit dem Erstarken des Bioökonomie-Konzeptes auch auf politischer Bühne korreliert.

Für die Erläuterung der Konzeptentwicklung der Bioökonomie sind insbesondere der Rückgriff auf Regina Birner⁸ und Joachim von Braun⁹ sehr aufschlussreich. Anhand der Bioökonomiestrategien und sonstigen politischen Strategiepapiere auf internationaler sowie auf Länder- und Bundesebene¹⁰ lassen sich zudem die politischen Entwicklungsparadigmen der Bioökonomie in den letzten Jahren gut nachvollziehen.

Obwohl der Grundgedanke der Bioökonomie an sich keine neu entstandene Idee ist, entwickelte sich das Konzept der Bioökonomie

6 Vgl. Venghaus et al. 2022; Forschungszentrum Jülich 2024.

7 Vgl. Dieken et al. 2021.

8 Vgl. Birner 2018.

9 Vgl. von Braun 2014, 2017, 2018.

10 Vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014; Europäische Kommission 2018; Organisation for Economic Co-operation and Development 2018; Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2020; Dietz et al. 2022; Landesregierung Nordrhein-Westfalen 2023.

erst während der letzten zwei Dekaden vom Nischeninteresse innerhalb einschlägiger Wissenschaftsdisziplinen zu einem regelrechten Mainstreambegriff in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.¹¹ Mit Blick auf die großen globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts wie etwa Globalisierung, Ressourcenverknappung, Klimawandel, Rückgang der Artenvielfalt, diversifizierende Bevölkerungsentwicklung und steigende Energiekosten, vermag eine nachhaltig ausgerichtete Bioökonomie durch ihr ressourcenschonendes Innovationspotential einen wesentlichen Beitrag zu den damit einhergehenden steigenden Anforderungen an biologische Ressourcen und Produktionsbedingungen leisten.¹² Der Aufschwung des Bioökonomiekonzeptes bringt es mit sich, dass mittlerweile an die 50 Nationen weltweit Richtlinien und Strategien bezüglich einer bioökonomischen Ausrichtung ihrer Wirtschaftsweise verabschiedet haben.¹³ So fest sich mittlerweile die Bioökonomie als Schlagwort in wissenschaftlichen und politischen Diskussionen im Kontext von Klimawandel und Umweltschutz etabliert hat, so vieldeutig und entsprechend deutungsbedürftig ist jedoch zeitgleich auch die Ausgestaltung dieser naturverträglich ausgerichteten Wirtschaftsform. Zwar beruht sie im Kern auf der Reduzierung der Nutzung fossiler Rohstoffe, doch ist eine Deutungshoheit der Begriffsverwendung de facto stellenweise weder zwischen verschiedenen Gruppen von gesellschaftlichen Akteur*innen noch zwischen Vertretenden des gleichen Forschungsbereiches bzw. politischen Entscheidungstragenden gegeben.¹⁴

2. Begriffsabgrenzung und -entwicklung

Die Verwendung des Begriffs Bioökonomie kann bereits bis in die späten 1960er Jahre zurückverfolgt werden, als der tschechische Wissenschaftler Jiří Zeman damit eine Wirtschaftsordnung benannte, die die biologischen Grundlagen fast aller wirtschaftlichen und industri-

11 Vgl. Pietzsch 2017; Vivien et al. 2019.

12 Vgl. Forschungs- und Technologierat Bioökonomie 2010; Organisation for Economic Co-operation and Development 2018.

13 Vgl. von Braun 2018; Dietz et al. 2022; Gardossi et al. 2023.

14 Vgl. Petig 2020.

ellen Aktivitäten anerkennt.¹⁵ Etwa ein Jahrzehnt später griff der rumänische Ökonom Nicholas Georgescu-Roegen¹⁶, der die Kritik des Wachstumsparadigmas begründete, den Begriff auf. Er präsentierte diesen allerdings eher als Gegenentwurf zur klassischen Ökonomie. Georgescu-Roegen ging es primär darum, die Bedeutung der Begrenztheit natürlicher Ressourcen für den Wirtschaftsprozess hervorzuheben. Das heißt er plädierte dafür, die mathematische Mechanik der klassischen Wirtschaftswissenschaften zu überwinden und stattdessen die biologische Grundlage allen Wirtschaftens – beispielsweise Solarenergie oder andere Energie- und Stoffkreisläufe der Natur – zu unterstreichen.¹⁷ Von Braun¹⁸ verweist zudem auf den Genetiker Juan Enriquez-Cabot, der die Idee einer biobasierten Wirtschaftsform, also der Bioökonomie, die zum Zwecke wirtschaftlicher Nutzung biologisches Wissen verwertet, maßgeblich mittrug. Diesem Verständnis nach führen insbesondere die Anwendung von Neuentdeckungen im Bereich der Genomik und der Naturwissenschaften zu einer Umstrukturierung bestehender und Schaffung neuer Wirtschaftssektoren; die Natur wird als biologische Ressource in den Blick genommen und umfassend verwertet.¹⁹ Fortschritte und neue Erkenntnisse innerhalb der Biowissenschaften und der Biotechnologie gelten somit als eine wichtige Wurzel des Konzepts der Bioökonomie.²⁰ Seit Mitte der 2000er Jahre findet sich diese Interpretation des Begriffes auch in jenen Teilen der *Green Economy* wieder, die auf der energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse einerseits und dem Einsatz biologischer Systeme andererseits basieren.²¹

In Anbetracht der nicht klar abgrenzbaren Ursprünge und der weiten Verbreitung des Begriffs unterliegt das grundlegende Verständnis der Bioökonomie einem kontinuierlichen Wandel an Erwartungen und Sichtweisen. In Wissenschaftskreisen werden mittlerweile zwei große idealtypische Visionen bzw. konzeptionelle Herangehensweisen unterschieden: So kann die Bioökonomie in ihren konkurrierenden Strömungen entweder eine agrarökologisch orientierte Perspektive

15 Vgl. Bonaiuti 2014.

16 Vgl. Georgescu-Roegen 1971.

17 Vgl. Bonaiuti 2014; Birner 2018; Pietzsch 2020.

18 Vgl. von Braun 2014.

19 Vgl. Vogt 2017.

20 Vgl. Birner 2018.

21 Vgl. Grefe 2016; vgl. Pietzsch 2017.

oder eine biotechnologisch orientierte Innovationsperspektive einnehmen.²²

Die *industriell geprägte Biotech-Vision* betont die Bedeutung von biotechnologischer Forschung und die Anwendung bzw. Kommerzialisierung von Biotechnologie in verschiedenen Sektoren. Sie ist stark durch die *Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung* (engl.: Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) beeinflusst und auf politischer Ebene vorherrschend. Im Gegensatz dazu hebt die *agrärökologische bzw. bioökologische Vision* die Bedeutung ökologischer Prozesse hervor, die die nachhaltige Nutzung von Energie und Nährstoffen optimieren, Artenvielfalt fördern und Monokulturen oder Bodendegradierung zu vermeiden suchen. Ein Schwerpunkt hierbei liegt auf dem Potential regional konzentrierter, kreislauforientierter und integrierter Prozesse und Systeme.²³

Wissenschaftler*innen wie Markus Bugge et al.²⁴, Les Levidow et al.²⁵, Louise Staffas et al.²⁶ oder Daniel Hausknost et al.²⁷ erweitern diese binären Klassifizierungen um eine weitere Dimension: die der *Bioressourcen-Vision*. Diese konzentriert sich auf die Rolle von Forschung und Entwicklung biologischer Rohstoffe in Sektoren wie Land- und Forstwirtschaft, Aquakulturen und Bioenergie sowie auf die Etablierung neuer Wertschöpfungsketten. Während die biotechnologische Vision potenzielle marktwirtschaftliche Anwendbarkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse als Ausgangspunkt nimmt, fokussiert sich die Vision der Bioressourcen auf Potenziale von Aufwertung und Umwandlung biologischer Rohstoffe. Ihnen ist gemein, dass sie primär technologieorientiert ausgelegt sind und der Forschung und Entwicklung in globalisierten Systemen eine zentrale Rolle beimessen.²⁸

Trotz der unterschiedlichen Auffassungen, wie eine Bioökonomie zu gestalten ist, stellen die genannten idealtypische Visionen der

22 Vgl. Levidow / Birch / Papaioannou 2013; Priefer / Jörissen / Frör 2017; Birner 2018.

23 Vgl. Bugge / Hansen / Klitkou 2016; Hausknost et al. 2017.

24 Vgl. Bugge / Hansen / Klitkou 2016.

25 Vgl. Levidow / Birch / Papaioannou 2013.

26 Vgl. Staffas / Gustavsson / McCormick 2013.

27 Vgl. Hausknost et al. 2017.

28 Auf eine detailliertere Unterscheidung der unterschiedlichen Bioökonomie-Perspektiven wird an dieser Stelle verzichtet, sind diese Definitionsvariabilitäten doch bereits bei den oben genannten Autor*innen Levidow / Birch / Papaioan-

Bioökonomie dar, die in der Praxis meist in Mischformen umgesetzt werden. Zwar werden bestimmte Akteur*innen überwiegend mit der einen oder anderen Schwerpunktsetzung in Verbindung gebracht²⁹, letztlich sind diese jedoch in einem zusammenhängenden Kontext zu sehen, weisen große inhaltliche Überschneidungen auf und stehen in Wechselbeziehung zueinander.

Die Anwendungsfelder der Bioökonomie erstrecken sich über alle Wirtschaftsbereiche, jedoch lassen sich die Beiträge einzelner Sektoren in der gegenwärtigen Klassifizierung gemäß der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige nicht eindeutig der Bioökonomie zuweisen. Tévecia Ronzon und Robert M'Barek³⁰ unterteilen die der Bioökonomie zugeordneten Teilbereiche des Primären und Sekundären Sektors gemäß NACE Rev. 2 Klassifizierung in der Europäischen Gemeinschaft³¹ in hybride und reine biobasierte Wirtschaftszweige. Mit Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei (inkl. Aquakultur) ist der primäre Sektor naturgemäß ein vollständig biobasierter Sektor. Das gleiche gilt für die nachgelagerten Wirtschaftsbereiche des sekundären Sektors wie etwa die Herstellung von Nahrungsmitteln, Getränken und Tabakverarbeitung, sowie die Herstellung von Leder(-waren), Holzwaren (ohne Möbel) und Papier. Demgegenüber stehen die hybriden Wirtschaftszweige, die neben Biomasse auch andere Rohstoffe und Vorprodukte (»feedstock«) für Weiterverarbeitung und Erstellung von Endprodukten verwenden. Dies betrifft die Textil- und Möbelindustrie sowie die Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen, die Produktion von Gummi- und Kunststoffwaren und den Bereich der Bioenergie inkl. Herstellung von Bioethanol, Biodiesel und Elektrizitätserzeugung. Ebenso wie Teilbereiche der zuvor genannten Wirtschaftszweige stellen Wasser-, Abwasser- und Abfallentsorgung und die Beseitigung von Umweltverschmutzung eine Schnittmenge mit dem tertiären Sektor dar. Darüber hinaus lassen sich vier Typen bioökonomischer Dienstleistungen identifizieren: *Dienstleistungen im Zusammenhang mit materiellen biobasierten Gütern, Dienstleistungen im Zusammenhang mit der*

nou 2013; Staffas / Gustavsson / McCormick 2013; Bugge / Hansen / Klitkou 2016 und Hausknost et al. 2017 umfangreich dargestellt.

29 Vgl. Dieken / Venghaus 2020; Dieken et al. 2021.

30 Vgl. Ronzon / M'Barek 2018.

31 Vgl. Europäische Kommission 2008.

*natürlichen Umwelt, wissensbasierte Dienstleistungen im Feld der Bioökonomie und Unterstützungsleistungen für die Entwicklung biobasierter Märkte.*³²

Dienstleistungen im Zusammenhang mit materiellen biobasierten Gütern umfassen die Nutzung biologischer Ressourcen für die nachgelagerte Erbringung einer Dienstleistung (z. B. Handel, Transport, Gastronomie), während *Dienstleistungen im Zusammenhang mit der natürlichen Umwelt* die vermarkteten Dienstleistungen beinhalten, die von Land- und Meeresökosystemen bereitgestellt werden (z. B. Garten- und Landschaftsbau, botanische und zoologische Gärten). Technische, physikalische und chemische Untersuchung bspw. durch Architektur- und Ingenieurbüros, aber auch Forschung und Entwicklung und andere wissenschaftliche und technische Tätigkeiten bilden zusammen mit dem Veterinärwesen und Erziehung und Unterricht die *wissensbasierten Dienstleistungen im Feld der Bioökonomie* ab. Werbung und Marktforschung, Interessenvertretungen, aber auch die öffentliche Verwaltung können der Bioökonomie zugeordnet werden, sofern sie *Unterstützungsleistungen für die Entwicklung biobasierter Märkte* erbringen, bspw. durch die Verwaltung bioökonomischer Entwicklungsprojekte oder Subsektoren.

So bleibt festzuhalten, dass Bioökonomie ein breiter und vielschichtiger Begriff ist, der sich über viele Sektoren, Anwendungsfelder und Bedeutungen erstreckt und gleichzeitig einen weiten Umfang an Aktivitäten abdeckt.³³ Da die Bioökonomie per se kein eigenständiger Wirtschaftssektor ist, sondern die Gesamtwirtschaft durchdringt, kann sie in dieser Hinsicht gewissermaßen mit der Informations- und Kommunikationstechnologie verglichen werden.³⁴ Sie reicht von Branchen, die traditionell gesehen biobasierte Rohstoffe produzieren bzw. verarbeiten (wie Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Fischerei und Aquakultur, Pflanzenzüchtung, Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie sowie Holz-, Papier-, Leder-, Textil-, Chemie- und Pharmaindustrie) bis hin zu Teilen der Energiewirtschaft. Biobasierte Innovationen geben zudem auch Wachstumsimpulse für weitere Branchen wie etwa Rohstoff- und Lebensmittelhandel, Informationstechnik

32 Ronzon / Iost / Philippidis 2022.

33 Vgl. Bugge / Hansen / Klitkou 2016.

34 Vgl. von Braun 2017.

(IT), Maschinen- und Anlagenbau, Automobilindustrie oder auch der Umwelttechnologie.³⁵

Gleichzeitig ruft das Konzept der Bioökonomie nicht zuletzt gerade wegen seiner Komplexität und dem Fehlen eines klaren inhaltlichen Umrisses Kontroversen und Differenzen hervor. Das heterogene Verständnis und die facettenreichen Umsetzungsstrategien der Bioökonomie können zu Wert- und Zielkonflikten verschiedener Akteur*innen führen. Je nach Bewertung und Priorisierung bestimmter Themenbereiche durch unterschiedliche Akteur*innen bleibt unklar, wie beispielsweise Nutzungskonkurrenzen bezüglich Flächen, Biorohstoffen und Wasserressourcen gelöst oder auch Umweltbelastungen durch zunehmenden Biomasseanbau systematisch bewertet werden sollen.³⁶ Welche Verhältnisbestimmung von Technologieentwicklung und anderen möglichen gesellschaftlichen Gestaltungsansätzen letztlich vorgenommen wird bzw. welche konkreten konzeptionellen und normativen Ideen dem Konzept der Bioökonomie generell zugrunde liegen, bleibt demnach umstritten.³⁷

Ein weiterer Kritikpunkt, der bisweilen im Zukunftsdiskurs um die Bioökonomie angemerkt wird, ist der ideologiekritische Vorwurf, sie bediene sich primär techno-ökonomischer Parameter.³⁸ Anstelle dem Anspruch nachzukommen, zu einer besseren Umweltbilanz menschlichen Wirtschaftens beizutragen, bediene die auf Konsistenz und Effizienz beruhende Bioökonomie demnach tatsächlich lediglich die Partikularinteressen einzelner Akteur*innen.³⁹ Insbesondere Gottwald und Krätzer⁴⁰ führen diesen Kritikpunkt der hauptsächlich neoklassisch-ökonomischen Ziele – unter Vernachlässigung der sozialen und ökologischen Dimensionen – ausführlich aus und sehen im »Begriff der ›Bioökonomie‹ [...] nicht etwa eine Ökologisierung der Ökonomie, sondern eine Ökonomisierung des Biologischen, also des Lebendigen«⁴¹.

Anhand der Existenz dieser Debatten wird deutlich, dass eine konzeptionelle Ausrichtung der Bioökonomie auf ein auf Nachhaltig-

35 Vgl. bioökonomie.de 2016.

36 Vgl. Scheer / Konrad 2020: 60.

37 Vgl. Vogt 2017; Potthast / Kröber 2020.

38 Vgl. Gottwald / Krätzer 2014; Urmetzer et al. 2020.

39 Vgl. Grunwald 2020: 21.

40 Vgl. Gottwald / Krätzer: 2014.

41 Ibid. 12.

keit basierendes Wirtschaftsmodell nicht per se gegeben ist. Für den Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomieausrichtung ist es daher entscheidend, auch die gesellschaftlich-sozialen und ökologischen Säulen der Nachhaltigkeitstrias ausreichend aufzugreifen und zu integrieren.⁴² Welche Prämissen und Ausrichtungen relevante Bioökonomiestrategien vertreten, soll daher im Folgenden aufgezeigt werden.

3 Ausgangspunkte (inter-)nationaler Bioökonomiestrategien

Das multidimensionale Konzept der Bioökonomie wird zunehmend als Strategie gesehen, um der Begrenztheit fossiler Rohstoffe und dem Klimawandel zu begegnen. So gewann die ursprünglich als Forschungsprinzip diskutierte Bioökonomie sowohl innerhalb Deutschlands als auch auf internationaler Ebene wie etwa in der Europäischen Union (EU) und der OECD innerhalb weniger Jahre an politischer Strahlkraft. Mittlerweile haben zahlreiche Länder entweder eigene Bioökonomie-Strategiepapiere verabschiedet oder thematisieren diese zumindest in ihren Forschungs-, Agrar- und Energiestrategien, wobei die Zukunftsvisionen einer bioökonomisch basierten Gesellschaft variieren. Diese unterschiedlichen Ausprägungen und Regionalisierungen der Bioökonomie sind Konsequenz der unterschiedlichen primären Rohstoffe, Fähigkeiten, Potenziale, Möglichkeiten, Infrastrukturen und auch Logistiken, die ein Land besitzt und über die es verfügen kann.⁴³ Ein skizzenhafter Blick auf die unterschiedlich formulierten Definitionen, Begründungszusammenhänge, Zielsetzungen und Politiken der jeweiligen Strategiepapiere von OECD, EU, Deutschland und Nordrhein-Westfalen (NRW) ist nützlich, da sie wesentliche Foren bzw. *Agenda Setter* sind, ohne die die Genealogie der Bioökonomie-Debatte bzw. der aktuell laufende Strukturwandel des Rheinischen Braunkohlereviere in Richtung Bioökonomieregion schwer zu verstehen ist.⁴⁴

Wegweisende Impulse für eine neue politische Agenda zum gesellschaftlichen Wandel hin zu einer Bioökonomie gab das 2009 von der

42 Vgl. Urmetzer et al. 2020: 90.

43 Vgl. Pietzsch 2017: 8.

44 Vgl. Jürges 2016; Backhouse et al. 2017.

OECD veröffentlichte Strategiepapier *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda* (2009), welches Ausgangspunkt und Hauptreferenz aller folgenden Strategiepapiere für eine Bioökonomie ist.⁴⁵ Hier wird eine verhältnismäßig enge Auslegung von Bioökonomie gewählt, bei der diese mehr oder weniger mit Biotechnologie gleichgesetzt wird.⁴⁶

»The application of biotechnology to primary production, health and industry could result in an emerging ›bioeconomy‹ where biotechnology contributes to a significant share of economic output. The bioeconomy in 2030 is likely to involve three elements: the use of advanced knowledge of genes and complex cell processes to develop new processes and products, the use of renewable biomass and efficient bioprocesses to support sustainable production, and the integration of biotechnology knowledge and applications across sectors.«⁴⁷

Zwar dominiert auch in der überarbeiteten Version von 2018 diese biotechnologietragende Perspektive als Schlüsselement,⁴⁸ jedoch wird betont, dass die Bioökonomie sich über das Feld der Biotechnologie hinweg weiterentwickelt hat. Sie ist nun in die weitreichenden Überschneidungen eingebettet, die sich in den Bereichen Energie, Verkehr und Industrie ergeben.⁴⁹ Global betrachtet zielen viele der seit 2015 veröffentlichten bioökonomischen Strategien auf das Erreichen der *Sustainable Development Goals* (SDGs) im Sinne der *Agenda 2030* und somit auf eine nachhaltige Entwicklung ab.⁵⁰

In Europa sind sowohl die einzelnen Mitgliedstaaten der EU als auch die Europäische Kommission (engl.: European Commission, EC) weitreichende Verpflichtungen im Hinblick auf eine nachhaltige Bioökonomie eingegangen. Sie spielt inzwischen eine wesentliche Rolle in verschiedenen politischen Prozessen und EU-Forschungs-

45 Vgl. Backhouse et al. 2017.

46 Vgl. Hausknost et al. 2017; Priefer / Meyer 2019.

47 Organisation for Economic Co-operation and Development 2009: 19.

48 Die Organisation for Economic Co-operation and Development versteht in dieser überarbeiteten Version Bioökonomie als »the set of economic activities in which biotechnology contributes centrally to primary production and industry. This is especially the case where advanced life sciences are applied to the conversion of biomass into materials, chemicals and fuels.« Organisation for Economic Co-operation and Development 2018: 14.

49 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development 2018.

50 Vgl. Fund / El-Chichakli / Patermann 2018: 13.

programmen wie etwa *Horizon 2020* und *Horizon Europe*, welche die Transformation von einem auf fossilen Rohstoffen zu einem auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden Wirtschaftssystem fördern sollen. So hat beispielsweise der im Dezember 2019 vom Europarat verabschiedete *European Green Deal* zahlreiche Leitlinien der Bioökonomie zum Ziel.⁵¹

Erstmals wurde das Konzept der Bioökonomie bereits in den frühen 2000er Jahren auf EU-Ebene diskutiert und 2007 unter deutscher EU-Präsidentschaft im *Cologne Paper* festgehalten.⁵² Das Konzept ist hier als »wissensbasiert« konnotiert. Diese Vision einer wissensbasierten Bioökonomie (*Knowledge-Based Bioeconomy*, KBBE) geht davon aus, dass in Zeiten stetig steigender Preiserwartungen für fossile Rohstoffe durch Hochtechnologieindustrien wirtschaftliches Wachstum zu erreichen sei. Das wiederum erfordert Investitionen in ressourcenschonende Innovationen und hochqualifizierte Arbeitskräfte.⁵³ Im Jahr 2012 lancierte die EC ihre erste Bioökonomie-Strategie *Innovating for sustainable growth. A bioeconomy for Europe* (2012) samt Aktionsplan, welche vor allem auf den drei Säulen 1.) Forschung und Innovation, 2.) Wettbewerbsfähigkeit der Märkte sowie 3.) verstärkte politische Koordinierung und Stakeholderengagement aufbaut.⁵⁴ Anstelle einer klaren Definition liefert sie einen weit gefassten Kontext der Bioökonomie, der die wissensbasierte Produktion erneuerbarer biologischer Ressourcen und die Umwandlung dieser Ressourcen und Abfallströme in Produkte mit Mehrwert (wie z. B. Lebensmittel, Futtermittel, biobasierte Produkte und Bioenergie) beinhaltet.⁵⁵

Im Mittelpunkt der derzeitigen europäischen Diskussion um Bioökonomie stehen mittlerweile weniger die steigenden Preiserwartungen für fossile Rohstoffe, sondern vielmehr der Klima- und Ressourcenschutz sowie das Potenzial für nachhaltiges Wachstum.⁵⁶ Die Verabschiedung konkreter Strategiebeschlüsse zur EU-Energieunion, zur EU-Kreislaufwirtschaft (*Circular Economy*), zum Pariser Klimavertrag oder den SDGs zeigen sich auch in der Weiterentwicklung der

51 Vgl. Geschäftsstelle BioSC 2020a.

52 Vgl. von Braun 2014.

53 Vgl. *ibid.*; Birner 2018.

54 Vgl. Kelleher / Henchion / O'Neill 2019.

55 Vgl. Europäische Kommission 2012.

56 Vgl. von Braun 2017; Birner 2018.

EU-Bioökonomiestrategie:⁵⁷ Im Dezember 2015 verabschiedete die EC eine neue Strategie der Kreislaufwirtschaft zur Förderung der Ressourceneffizienz in allen Branchen und Mitgliedsstaaten. Folglich werden die Bioökonomie und die Nutzung biologischer Ressourcen seither zunehmend mit diesem Kreislaufwirtschaftskonzept in Verbindung gebracht und spielen eine tragende Rolle in deren Weiterentwicklung. Praktisch alle bioökonomiebezogenen Strategien der EU-Mitgliedsstaaten, die seit 2015 veröffentlicht wurden, heben die Kompatibilität dieser Konzepte und den zentralen Beitrag der Bioökonomie zum Erreichen der SDGs hervor. Zudem sind diese auch fester Bestandteil der 2018 erschienenen Bioökonomiestrategie *A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*⁵⁸ der EC.⁵⁹

Die BRD nimmt eine Vorreiterrolle in der Bioökonomie-Entwicklung ein: So war sie beispielsweise 2010 weltweit die erste Nation überhaupt, die eine ressortübergreifende Forschungsstrategie zur Bioökonomie aufgesetzt hat.⁶⁰ Neben dieser *Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030*⁶¹ wurden in den vergangenen Jahren eine Reihe weiterer zentraler Maßnahmen zur Unterstützung eines industriellen und gesellschaftlichen Strukturwandels beschlossen. Dazu zählen etwa die Entwicklung der *Nationalen Politikstrategie Bioökonomie* von 2014⁶², die Ablösung des technologiegetriebenen Rahmenprogramms der Biotechnologie durch ein missionsorientiertes Rahmenprogramm für die Bioökonomie, das Einsetzen eines *Nationalen*

57 Vgl. von Braun 2017; bioökonomie.de 2019a.

58 Vorangestellt ist in dieser Version von 2018 folgende Definition von Bioökonomie: »Die Bioökonomie umfasst alle Wirtschaftssektoren und Systeme, die auf biologischen Ressourcen (Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen und daraus abgeleitete Biomasse), ihren Funktionen und Prinzipien basieren. Dazu zählen: Land- und Meeresökosysteme und ihre Leistungen, alle Sektoren der Primärproduktion (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur) und alle Industriezweige, die Bioressourcen verwenden und verarbeiten, um Lebensmittel, Futtermittel, biobasierte Produkte, Energie oder Dienstleistungen zu erzeugen. Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Umsetzung der Bioökonomie sind Nachhaltigkeit und das Denken in Kreisläufen. Sie sind Treiber neuer Industrien, der Modernisierung unserer Primärproduktionssysteme, des Umweltschutzes und der Stärkung der Biodiversität.« Europäische Kommission 2018: 4.

59 Vgl. Fund / El-Chichakli / Patermann 2018; bioökonomie.de 2019b.

60 Vgl. von Braun 2014.

61 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2010.

62 Vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014.

Bioökonomierates als langjähriges Beratungsgremium der Bundesregierung und die vom Bundeskabinett verabschiedete *Nationale Bioökonomiestrategie* von Januar 2020⁶³, welche alle bisherigen Aktivitäten bündelt.⁶⁴ Auf Bundesebene sind dabei maßgeblich die Politikressorts Bildung und Forschung, Wirtschaft sowie Umwelt und Landwirtschaft federführend, wobei die 2013 gegründete Interministerielle Arbeitsgruppe Bioökonomie (IMAG) eine kohärente und abgestimmte Politikgestaltung ermöglichen soll.⁶⁵

Kongruent zu den inhaltlichen Dynamiken auf EU-Ebene haben sich auch deutschlandweit die Rahmenbedingungen für die politischen Leitlinien und Ziele der Bioökonomie und somit auch die Legitimationskraft für Bioökonomieförderung verschoben: Das ursprünglich dominante Ziel der Substitution fossiler Rohstoffe verlor in den letzten Jahren zugunsten von Klima- und Umweltschutzzielen sowie der SDGs an Bedeutung.⁶⁶ Auch spielt das Konzept einer Bioökonomie innerhalb der *Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie* eine Rolle. Die Bundesregierung definiert Bioökonomie als

»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.«⁶⁷

Bioökonomische Innovationen vereinen demnach biologisches Wissen mit technologischen Lösungen und nutzen die natürlichen Eigenschaften biogener Rohstoffe hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit, Anpassungsfähigkeit und Erneuerbarkeit.⁶⁸ Basierend auf dieser Definition verweist die aktuelle *Nationale Bioökonomiestrategie* auf biologisches Wissen und fortschrittliche Technologien als Pfeiler eines zukunftsfähigen, nachhaltigen und klimaneutralen Wirtschaftssystems. Zudem betont sie die Rohstoffbasis der Wirtschaft, die durch biogene, d. h. auf Biomasse beruhende Ressourcen nachhaltig und kreislauffähig gestaltet werden soll. Diese beiden übergeordneten Leitlinien flankieren dabei folgende strategische Hauptziele, die auf unterschied-

63 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b.

64 Vgl. Wydra et al. 2020.

65 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2017.

66 Vgl. Wydra et al. 2020.

67 Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b: 3.

68 Vgl. *ibid.*

lichen gesellschaftlichen Ebenen und Wirtschaftssektoren angesiedelt sind:

- 1.) Entwicklung bioökonomischer Lösungen für die Nachhaltigkeitsagenda;
- 2.) Erkennen und Erschließen von Potenzialen der Bioökonomie innerhalb ökologischer Grenzen;
- 3.) Erweiterung und Anwendung von biologischem Wissen;
- 4.) Nachhaltiges Ausrichten der Ressourcenbasis der Wirtschaft;
- 5.) Ausbau Deutschlands zum führenden Innovationsstandort der Bioökonomie;
- 6.) Einbindung der Gesellschaft und Intensivierung nationaler und internationaler Kooperationen.⁶⁹

Entsprechend der Rohstoffbasis, dem Entwicklungsstand und der volkswirtschaftlichen Spezialisierung⁷⁰ Deutschlands sind die nationalen Bioökonomiestrategien wissensbasiert und zielen darauf ab, das vorhandene Wissen und Know-how optimal zu nutzen, um neue Rohstoffquellen für die eigenen Industrien zu erschließen.⁷¹ Nichtsdestotrotz orientieren sich die national verfolgten Ziele langfristig gesehen auch an den übergeordneten globalen Herausforderungen, weshalb sich die Bundesregierung dafür einsetzt, die Bioökonomie auch international als wichtigen Baustein der Innovations-, Nachhaltigkeits- und Klimapolitik zu verankern. Für diesen Zweck organisierte beispielsweise der 2009 als unabhängiges politikberatendes Gremium konstituierte *Bioökonomierat*⁷² im November 2015 den ersten *Global*

69 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b: 3 f.

70 Diese beläuft sich auf die Beheimatung vielfältiger und großer Industrien mit entsprechendem Rohstoffhunger als Ausgangs- und Motivationslage.

71 Vgl. Pietzsch 2017.

72 Als unabhängiges Beratungsgremium der Bundesregierung wurde der *Bioökonomierat*, bestehend aus 17 ehrenamtlich tätigen Expert*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft, 2009 eingerichtet. Mit dem Auslaufen der *Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030* endete auch die zweite Amtszeit des Rates planmäßig nach zehn Jahren im Juli 2019. Laut eigener Angaben suchten die Ratsmitglieder nach Wegen, Forschung und Entwicklung in der wissensbasierten Bioökonomie zu unterstützen, positive Rahmenbedingungen für eine biobasierte Wirtschaft auf den Weg zu bringen, Aus- und Weiterbildung in der Bioökonomie zu verbessern, globale Zusammenhänge aufzuzeigen sowie den zivilgesellschaftlichen Dialog mit allen gesellschaftlichen Akteur*innengruppen zu führen. Im Jahr 2023 endete die dritte Amtsperiode des Bioökonomierats der

Bioeconomy Summit in Berlin. Dieser hat sich mittlerweile als internationale Plattform für den weltweiten politischen Austausch mit verschiedenen beteiligten Ländern etabliert. Dadurch wurde u. a. eine internationale Bühne geschaffen, um die Bioökonomie global zu diskutieren und prominenter auf die politische Agenda zu setzen.⁷³

Neben den offensichtlichen Aspekten aus Wissenschaft und Technologie sind für die Bundesregierung gesellschaftlich bedeutungsvolle Dynamiken und soziokulturelle Faktoren des Wandels wesentliche Bedingungen für die Gestaltung und Umsetzung einer biobasierten Wirtschaft. Das *Bundesministerium für Bildung und Forschung* (BMBF) hebt die Erforschung der sozialen und wirtschaftlichen Effekte sowie die Teilhabe der Bürger*innen an den wissenschaftlichen Entwicklungen als ebenbürtiger Bestandteil der Bioökonomie hervor.⁷⁴ Die Einbindung gesellschaftlicher Akteur*innen ist gerade vor dem Hintergrund zu berücksichtigen, dass auch in Deutschland die Diskussion um Bioökonomie größtenteils auf eine spezifische Fachöffentlichkeit beschränkt war und somit ein Großteil der bundesdeutschen Öffentlichkeit den Begriff noch kaum einzuordnen vermag.⁷⁵ Durch Einbindung und Transparenz gesellschaftlicher Akteur*innen bleibt eine solch tiefgreifende Transformation kein abstrakter theoretischer Prozess und erhöht die öffentliche Bereitschaft und Akzeptanz, angestoßene Veränderungen mitzutragen und voranzutreiben.⁷⁶ Um dieses Verständnis einer sozial, ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Bioökonomie noch stärker in die öffentliche Wahrnehmung und das öffentliche Bewusstsein zu rücken sowie eine faktenbasierte, transparente Auseinandersetzung zu ermöglichen, hat das BMBF sein Wissenschaftsjahr 2020/21 dem Thema der Bioökonomie gewidmet.⁷⁷

Nicht nur auf Bundesebene, auch von allen 16 Bundesländern ist die Bioökonomie inzwischen als Thema der Forschungsförderung aufgegriffen worden. Ausgeprägte Bioökonomiestrukturen und -cluster finden sich derzeit neben Bayern (eigener Bioökonomierat seit 2015),

Bundesregierung. Auch in dieser Periode wurde dem zivilgesellschaftlichen Dialog sowie der Vernetzung eine hohe Bedeutung zugeteilt; vgl. Bioökonomierat 2024.

73 Vgl. bioökonomie.de 2019.

74 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b.

75 Vgl. Backhouse et al. 2017: 34; Dieken / Venghaus 2020; Dallendörfer et al. 2022.

76 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b.

77 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020a.

Baden-Württemberg (Landesstrategie »Nachhaltige Bioökonomie« in 2019), Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (gemeinsame Absichtserklärung zur Gestaltung der Bioökonomieregion Mitteldeutschland in 2022) vor allem in NRW: Hier sind die im Jahr 2007 gegründeten Netzwerke *Bio.NRW* und *CLIB*²⁰²¹ – *Cluster Industrielle Biotechnologie e.V.*⁷⁸, der 2010 gegründete, transdisziplinäre Forschungsverbund *Bioeconomy Science Center* (BioSC)⁷⁹ mit mehr als 60 beteiligten Instituten sowie die 2019 gegründete Koordinierungsstelle *BioökonomieREVIER Rheinland*⁸⁰ vertreten. Die nordrhein-westfälische Landesregierung verabschiedete 2023⁸¹ Eckpunkte einer eigenen Bioökonomiestrategie und hat in diesem Zuge einen Bioökonomierat NRW berufen, der an einer Bioökonomiestrategie für NRW mitwirken soll.

-
- 78 Zum BioSC haben sich die Universitäten Aachen, Düsseldorf und Bonn sowie das Forschungszentrum Jülich mit rund 1.600 Mitarbeitenden zusammengeschlossen. Sie fokussieren sich auf die vier Forschungsschwerpunkte 1.) Nachhaltige pflanzliche Bioproduktion und Ressourcenschutz, 2.) Mikrobielle und molekulare Stoffumwandlung, 3.) Verfahrenstechnik nachwachsender Rohstoffe und 4.) Ökonomie und gesellschaftliche Implikationen; vgl. Pietzsch 2020; Geschäftsstelle BioSC 2020b.
- 79 Das CLIB2021 ging als Sieger aus einem Clusterwettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hervor. Ihm gehören Großunternehmen, kleine und mittlere Unternehmen, Universitäten, Forschungseinrichtungen, Investor*innen und Beratungsfirmen als Mitglieder an, die alle Wertschöpfungsstufen der industriellen Biotechnologie von der Land- und Forstwirtschaft über die (bio-)chemische Industrie bis hin zur Konsumgüterindustrie repräsentieren; vgl. Pietzsch 2020: 17.
- 80 Die Koordinierungsstelle *BioökonomieREVIER* hat sich zum Ziel gesetzt, das Rheinische Braunkohlerevier in eine Modellregion für nachhaltiges Wirtschaften mit globaler Sichtbarkeit zu entwickeln. Im Vordergrund steht hier vor allem die Beratung und Vernetzung von Unternehmen und regionalen Akteur*innen, um Synergien und Kooperationen zu fördern.
- 81 Bereits 2013 hat die Landesregierung NRW erstmals Eckpunkte einer eigenen Bioökonomiestrategie verabschiedet und erweiterte darin als erste Region in Europa den Bereich der Bioökonomie um den Gesundheitsbereich, um damit der wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Stärke des Landes in den Lebenswissenschaften Rechnung zu tragen. Vgl. Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen 2013.

Literaturverzeichnis

- Backhouse, M. / Rodríguez, F. / Puder, J. / Lorenzen, K. / Lühmann, M. (2017): Bioökonomie-Strategien im Vergleich. Gemeinsamkeiten, Widersprüche und Leerstellen. URL https://www.researchgate.net/publication/334736587_Biookonomie-Strategien_im_Vergleich_Gemeinsamkeiten_Widersprueche_und_Leerstellen [16. Januar 2024].
- Bioökonomie.de (2016): Was ist Bioökonomie? URL <https://biooekonomie.de/was-ist-biooekonomie> [16. Januar 2024].
- Bioökonomie.de (2019a): Bioökonomierat zieht Bilanz. URL <https://biooekonomie.de/nachrichten/biooekonomierat-zieht-bilanz> [16. Januar 2024].
- Bioökonomie.de (2019b): Die neue EU-Bioökonomie-Strategie. URL <https://biooekonomie.de/die-neue-eu-biooekonomie-strategie> [16. Januar 2024].
- Bioökonomierat (2024): Erfolgreicher Abschluss der dritten Ratsperiode des Bioökonomierats. URL https://www.biooekonomierat.de/service/pressemitteilungen/2023/Ende_dritte_Ratsperiode_BOER.php [24. Januar 2024].
- Birner, R. (2018): Bioeconomy Concepts. In: Lewandowski, I. (Hg.): Bioeconomy. Shaping the transition to a sustainable, biobased economy. Unter Mitarbeit von N. Gaudet, J. Lask, J. Maier, B. Tchouga, R. Vargas-Carpintero. Cham, Switzerland: Springer, 17–38.
- Bonaiuti, M. (2014): Bioeconomics. In: D’Alisa, G. / Demaria, F. / Kallis, G. (Hg.): Degrowth: A Vocabulary for a New Era. Milton: Routledge/Taylor & Francis Group, 52–55.
- Bugge, M. / Hansen, T. / Klitkou, A. (2016): What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. In: Sustainability 8 (7), 691. DOI: 10.3390/su8070691.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft. URL https://www.ufz.de/export/data/2/134199_nationale-forschungsstrategie-biooekonomie-2030.pdf [16. Januar 2024].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014): Bioökonomie in Deutschland. Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. URL https://www.ufz.de/export/data/2/134200_biooekonomie-in-deutschland_001.pdf [16. Januar 2024].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Forschung für eine biobasierte Wirtschaft. Erfolge und Herausforderungen für die Bioökonomie in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/7/31293_Forschung_fuer_eine_biobasierte_Wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [16. Januar 2024].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020a): Bioökonomie. URL <https://www.fona.de/de/themen/biooekonomie.php> [16. Januar 2024].

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020b): Nationale Bioökonomiestrategie. URL https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/nationale-biooekonomiestrategie.pdf?sessionId=BBE58BA9522267AF2A5774B8F00CB19E.internet2851?__blob=publicationFile&v=2 [16. Januar 2024].
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Wachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. URL <https://biooekonomie.de/sites/default/files/files/2016-09/npsb.pdf> [16. Januar 2024].
- Dallendörfer, M. / Dieken, S. / Henseleit, M. / Siekmann, F. / Venghaus, S. (2022): Investigating citizens' perceptions of the bioeconomy in Germany – High support but little understanding. In: Sustainable Production and Consumption 30, 16–30.
- Dieken, S. / Dallendörfer, M. / Henseleit, M. / Siekmann, F. / Venghaus, S. (2021): The multitudes of bioeconomies: A systematic review of stakeholders' bioeconomy perceptions. In: Sustainable Production and Consumption 27, 1703–1717.
- Dieken, S. / Venghaus, S. (2020): Potential Pathways to the German Bioeconomy: A Media Discourse Analysis of Public Perceptions. In: Sustainability 12 (19), 1–24.
- Dietz, T. / Börner, J. / Förster, J. J. / von Braun, J. (2022): Governance of the Bioeconomy in Global Comparison. In: Thrän, D. / Moesenfechtel, Urs. (Hg.): The bioeconomy system. Berlin / Heidelberg: Springer, 333–349.
- Europäische Kommission (2008): NACE Rev. 2. Statistical classification of economic activities in the European Community. Luxemburg (Methodologies and working papers). URL <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF> [16. Januar 2024].
- Europäische Kommission (2012): Innovating for sustainable growth. A bioeconomy for Europe. URL <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51> [16. Januar 2024].
- Europäische Kommission (2018): A sustainable bioeconomy for Europe. Strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated bioeconomy strategy. URL <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/edace3e3-e189-11e8-b690-01aa75ed71a1/> [16. Januar 2024].
- Forschungszentrum Jülich (2024): Modellregion. Ausgangssituation und Hintergrund von BioökonomieREVIER. Unter Mitarbeit von Christian Klar. URL <https://www.biooekonomierevier.de/modellregion> [24. Januar 2024].

- Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (2010): Innovation Bioökonomie. Forschung und Technologieentwicklung für Ernährungssicherung, nachhaltige Ressourcennutzung und Wettbewerbsfähigkeit. URL <https://renewable-carbon.eu/news/media/news-images/20101026-01/InnovationBiooekonomie-Gutachten-2010.pdf> [22. Januar 2024].
- Fund, C. / El-Chichakli, B. / Patermann, C. (2018): Bioeconomy Policy (Part III) Update Report of National Strategies around the World. Hg. v. Bioökonomierat. URL https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/bioeconomy-policy-part-iii-update-report-national-strategies-around-world_en [16. Januar 2024].
- Gardossi, L. / Philp, J. / Fava, F. / Winickoff, D. / D'Aprile, L. / Dell'Anno, G. / Marvik, O. J. / Lenzi, A. (2023): Bioeconomy national strategies in the G20 and OECD countries: Sharing experiences and comparing existing policies. In: EFB Bioeconomy Journal 3 (100053).
- Georgescu-Roegen, N. (1971): The entropy law and economic process. Cambridge MA / London: Harvard University Press.
- Geschäftsstelle BioSC (Hg.) (2020a): Nachhaltige Bioökonomie. Konzept und Relevanz. URL https://www.biosc.de/nachhaltige_biooekonomie [16. Januar 2024].
- Geschäftsstelle BioSC (Hg.) (2020b): Bioeconomy Science Center (BioSC). Expertise, Technologien und Ausbildung für eine nachhaltige Bioökonomie. URL https://www.biosc.de/bioeconomy_science_center [16. Januar 2024].
- Gottwald, F.-T. / Krätzer, A. (2014): Irrweg Bioökonomie. Kritik an einem totalitären Ansatz. Originalausg. Berlin: Suhrkamp.
- Grunwald, A. (2020): Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomie. In: Konrad, W. / Scheer, D. / Weidtmann, A. (Hg.): Bioökonomie nachhaltig gestalten. Perspektiven für ein zukunftsfähiges Wirtschaften. Reihe Technikzukunft, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society. Wiesbaden: Springer VS, 19–42.
- Hausknost, D. / Schriebl, E. / Lauk, C. / Kalt, G. (2017): A Transition to Which Bioeconomy? An Exploration of Diverging Techno-Political Choices. In: Sustainability 9 (4), 669. DOI: 10.3390/su9040669.
- Jürges, N. (2016): Wahrnehmungen und Funktionen in der Transformation zur Bioökonomie – Eine Akteursanalyse im Politikfeld Boden. URL https://www.researchgate.net/publication/317824660_Wahrnehmungen_und_Funktionen_in_der_Transformation_zur_Biooekonomie_-_Eine_Akteursanalyse_im_Politikfeld_Boden [16. Januar 2024].
- Kelleher, L. / Henchion, M. / O'Neill, E. (2019): Policy Coherence and the Transition to a Bioeconomy: The Case of Ireland. In: Sustainability 11 (24), 7247. DOI: 10.3390/su11247247.

- Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2023): Eckpunkte für eine Bioökonomie-Strategie Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE). URL https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/mwike_broschuere_biooekonomie.pdf [23. Februar 2024].
- Levidow, L. / Birch, K. / Papaioannou, T. (2013): Divergent Paradigms of European Agro-Food Innovation. In: Science, Technology, & Human Values 38 (1), 94–125. DOI: 10.1177/0162243912438143.
- Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013): Eckpunkte einer Nachhaltigkeitsstrategie für Nordrhein-Westfalen (Bioökonomiestrategie NRW). URL https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/131112_eckpunkte_nachhaltigkeitsstrategie_nrw.pdf [19. Februar 2024].
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2009): The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Paris: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2018): Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy. Paris: OECD Publishing.
- Petig, E. (2020): Ökonomische Bewertung regionaler Wettbewerbspotenziale verschiedener landwirtschaftlicher Biomassen im Rahmen der Bioökonomie unter besonderer Berücksichtigung Baden-Württembergs. Dissertation. Universität Hohenheim. URL <https://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2020/1716/> [22. Januar 2024].
- Pietzsch, J. (Hg.) (2017): Bioökonomie für Einsteiger. Berlin / Heidelberg: Springer Spektrum.
- Pietzsch, J. (2020): Bioökonomie im Selbststudium: Grundlagen und Ausgangspunkte. Berlin / Heidelberg: Springer Spektrum.
- Pietzsch, J. / Schurr, U. (2017): Einleitung. Die Ablösung der ursprünglichen Bioökonomie. In: Pietzsch, J. (Hg.): Bioökonomie für Einsteiger. Berlin / Heidelberg: Springer Spektrum, 1–10.
- Poththast, T. / Kröber, B. (2020): Bioökonomie nachhaltig gestaltet – Konzeptionelle und ethische Grundlagen. In: Konrad, W. / Scheer, D. / Weidtmann, A. (Hg.): Bioökonomie nachhaltig gestalten. Perspektiven für ein zukunftsfähiges Wirtschaften. Reihe Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society. Wiesbaden: Springer VS, 257–274.
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hg.) (2020): Kohleausstieg und Strukturwandel. Von der Kohle hin zur Zukunft. URL <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/kohleausstieg-1664496> [16. Januar 2024].
- Priefer, C. / Jörissen, J. / Frör, O. (2017): Pathways to Shape the Bioeconomy. In: Resources 6 (1), 10. DOI: 10.3390/resources6010010.

- Priefer, C. / Meyer, R. (2019): One Concept, Many Opinions: How Scientists in Germany Think About the Concept of Bioeconomy. In: *Sustainability* 11 (15), 4253. DOI: 10.3390/su11154253.
- Ronzon, T. / Iost, S. / Philippidis, G. (2022): An output-based measurement of EU bioeconomy services: Marrying statistics with policy insight. In: *Structural Change and Economic Dynamics* 60, 290–301. DOI: 10.1016/j.strueco.2021.10.005.
- Ronzon, T. / M'Barek, R. (2018): Socioeconomic Indicators to Monitor the EU's Bioeconomy in Transition. In: *Sustainability* 10 (6), 1745. DOI: 10.3390/su10061745.
- Scheer, D. / Konrad, W. (2020): Der Zukunftsdiskurs Bioökonomie im Spiegel der gegenwärtigen Themenlandschaft. In: Konrad, W. / Scheer, D. / Weidtmann, A. (Hg.): *Bioökonomie nachhaltig gestalten. Perspektiven für ein zukunftsfähiges Wirtschaften. Reihe Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society*. Wiesbaden: Springer VS, 43–69.
- Staffas, L. / Gustavsson, M. / McCormick, K. (2013): Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. In: *Sustainability* 5 (6), 2751–2769. DOI: 10.3390/su5062751.
- Urmetzer, S. / Schlaile, M. P. / Bogner, K. / Mueller, M. / Pyka, A. (2020): Wissen für den Wandel – Wissenstheoretische Grundlagen einer nachhaltigen Bioökonomiepolitik. In: Konrad, W. / Scheer, D. / Weidtmann, A. (Hg.): *Bioökonomie nachhaltig gestalten. Perspektiven für ein zukunftsfähiges Wirtschaften. Reihe Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society*. Wiesbaden: Springer VS, 73–105.
- Venghaus, S. / Dieken, S. / Hilgert, P. / Dallendörfer, M. (2022): Transformationsmonitor der Bioökonomie 2022. Gesamtgesellschaftliche Bestandsaufnahme. BioSC Geschäftsstelle. URL https://www.biosc.de/transformation_monitor_biooekonomie_2022 [31. Januar 2024].
- Vivien, F. D. / Nieddu, M. / Befort, N. / Debref, R. / Giampietro, M. (2019): The hijacking of the bioeconomy. *Ecological economics*, 159, 189–197. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.01.027.
- Von Braun, J. (2014): Bioeconomy and sustainable development – dimensions. In: *Rural 21 – The International Journal for Rural Development*, 6–9. URL <https://www.rural21.com/english/news/detail/article/bioeconomy-and-sustainable-development-dimensions.html> [16. Januar 2024].
- Von Braun, J. (2017): Lösungsansätze der Bioökonomie zur Begegnung der großen globalen Herausforderungen. URL <https://www.forum-wirtschaftsethik.de/loesungsansaeetze-der-biooekonomie-zur-begegnung-der-grossen-globalen-herausforderungen/> [16. Januar 2024].

- Von Braun, J. (2018): Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security. In: *Global Food Security* 19, 81–83. DOI: 10.1016/j.gfs.2018.10.003.
- Wydra, S. / Daimer, S. / Hüsing, B. / Köhler, J. / Schwarz, A. / Voglhuber-Slawinsky, A. (2020): Transformationspfade zur Bioökonomie: Zukunftsszenarien und politische Gestaltung. Hg. v. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. URL https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2020/transformation_bio_web.pdf [16. Januar 2024].