

Bioökonomie und Bioökonomiepolitik – Eine Einführung

Abstract

Dieser einführende Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklung der Bioökonomie-Debatte in Deutschland, stellt zentrale Begriffe und Definitionen vor und diskutiert die Eigenheiten der Bioökonomiepolitik aus einer politikwissenschaftlichen Perspektive. Die Entwicklung des Bioökonomie-Begriffs wird anhand von Definitionen aus zentralen Quellen nachgezeichnet. Wichtige Grundbegriffe, wie Biomasse, Biotechnologie und Bioraffinerien werden anhand von Textauszügen ebenso vorgestellt wie Konzepte, die zu einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise beitragen sollen, wie Koppel- und Kaskadennutzung oder Kreislaufwirtschaft. Abschließend fasst der Beitrag Überlegungen über das Verhältnis von Bioökonomie und Nachhaltigkeit sowie den Stand der politikwissenschaftlichen Bioökonomieforschung kurz zusammen. Der Text basiert auf Arbeiten, die im Rahmen des Projektes Bio-Ökopoli durchgeführt wurden.

Schlagworte: Bioökonomie, Biotechnologie, Bioökonomiepolitik, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft

This introductory article provides an overview over the development of the bioeconomy debate in Germany, introduces key terms and definitions, and discusses the specifics of bioeconomy policy from a political science perspective. The development of the bioeconomy concept is outlined using definitions from key sources. Important basic terms such as biomass, biotechnology and biorefineries are presented on the basis of text excerpts, as are concepts that are discussed as possible contributions to a more sustainable economy, such as coupled and cascade use or circular economy. Finally, the article briefly summarizes reflections on the relationship between bioeconomy and sustainability as well as the state of political science research on the bioeconomy. The text is based on work carried out in the context of the project Bio-Ökopoli.

Keywords: Bioeconomy, biotechnology, bioeconomy policy, sustainability, circular economy

Katrin Beer

ist Doktorandin am Lehrstuhl für Politikwissenschaft mit dem Schwerpunkt Nachhaltige Entwicklung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und war wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Bio-Ökopoli. Kontakt: katrin.beer@ovgu.de

Bioökonomie und Bioökonomiepolitik in Deutschland

Was steckt hinter dem Konzept der Bioökonomie? Woher stammt diese Idee und wie hat sie sich im Verlauf der Zeit entwickelt? Was genau bedeutet der Begriff und welche unterschiedlichen Verständnisse des Konzeptes lassen sich unterscheiden? Und inwiefern wird die Bioökonomie als politisches Ziel aktuell von der deutschen Bundesregierung verfolgt? Dieser einführende Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklung der Bioökonomie-Debatte in Deutschland, über zentrale Begriffe und Definitionen und über die Eigenheiten des neuen Politikfeldes Bioökonomiepolitik. Der Text basiert auf Arbeiten, die im Rahmen des Projektes BioÖkopol durchgeföhrt wurden.

Im ersten Abschnitt des Beitrags wird zunächst die Bioökonomie-Debatte überblicksweise vorgestellt. Die Entstehung des Bioökonomie-Begriffs und die Entwicklung einer politischen Debatte um die Bioökonomie werden nachgezeichnet. Abschließend werden in diesem Teil aktuelle Entwicklungen in der Bioökonomieforschung und der Bioökonomiepolitik mit einem Fokus auf Deutschland erläutert.

In den inzwischen zahlreichen Strategiepapieren und wissenschaftlichen Quellen wird der Begriff Bioökonomie unterschiedlich definiert. Inwiefern sich die Definitionen voneinander unterscheiden, wie sie sich insbesondere in deutschen und europäischen Strategiepapieren verändert haben und welche Kernelemente der Bioökonomie sich über

verschiedene Definitionen hinweg erkennen lassen, wird im zweiten und dritten Abschnitt des Beitrags näher ausgeführt.

Im vierten Abschnitt wird das Verhältnis von Bioökonomie und Nachhaltigkeit überblicksweise beleuchtet und es wird gezeigt, welche übergeordneten Bioökonomie-Visionen unterschieden werden können. Der fünfte Abschnitt befasst sich aus einer politikwissenschaftlichen Perspektive mit der Frage, wie sich die Bioökonomiepolitik als Untersuchungsgegenstand der Politikfeldanalyse beschreiben lässt und gibt einen kurzen Überblick über den aktuellen Stand der politikwissenschaftlichen Bioökonomieforschung.

1. Die Entwicklung der Bioökonomie-Debatte

Insgesamt hatten dem deutschen Bioökonomierat zufolge im Jahr 2018 etwa 50 Regierungen und internationale Organisationen weltweit Bioökonomiestrategien entwickelt, wovon etwa 15 als dedizierte Bioökonomiestrategien (dedicated bioeconomy strategies) eingeordnet wurden (Abbildung 1) (BÖR, 2018).

Auch die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen stieg im Verlauf der 2010er Jahre stark an (Abbildung 2). Während bis zum Jahr 2010 nur wenige Publikationen mit Bezug zu Bioökonomie zu finden sind, stieg die Anzahl wissenschaftlicher und nicht-wissenschaftlicher Publikationen im Verlauf der 2010er Jahre exponentiell.

Bioeconomy Policies around the World

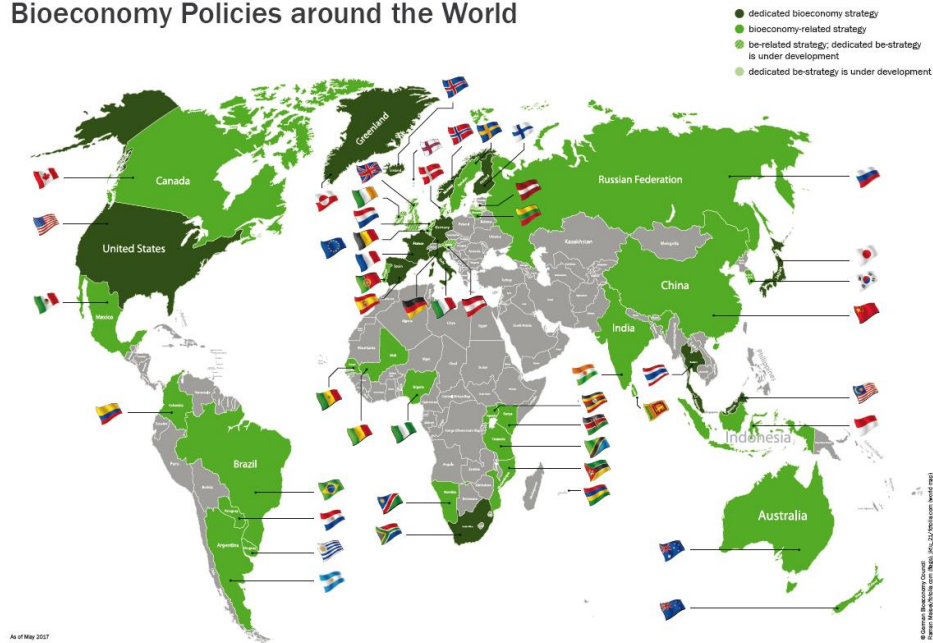


Abbildung 1: Bioökonomiestrategien weltweit.
 Quelle: Homepage Bioökonomierat (www.biooekonomierat.de), abgefragt am 25.01.2021.

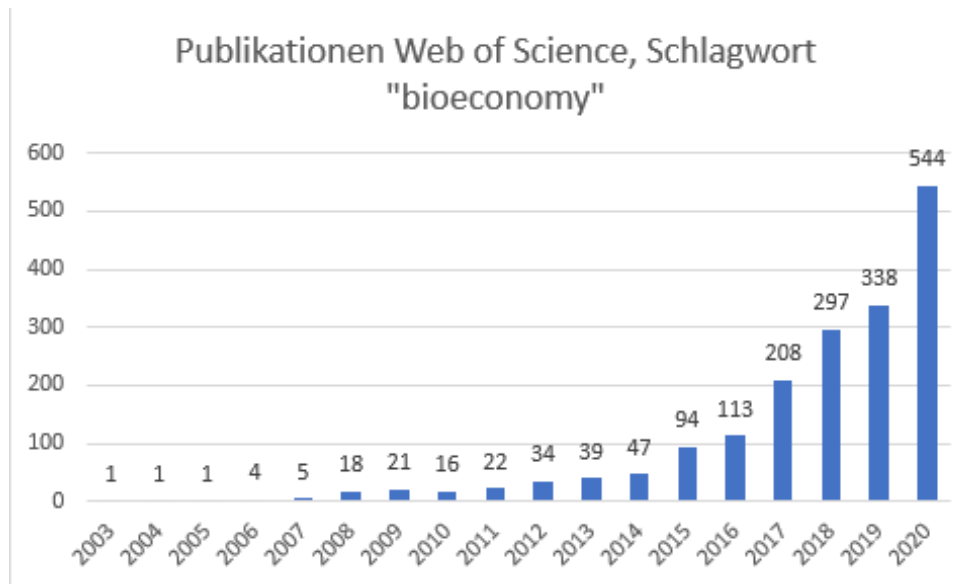


Abbildung 2: Anzahl wissenschaftlicher Publikationen zum Thema Bioökonomie.
 Eigene Darstellung. Recherche in Web of Science, Schlagwort "bioeconomy", abgefragt am 25.01.2021.

Die zunehmende Rezeption und Bedeutung des Begriffs Bioökonomie in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft wird in zahlreichen Publikationen beschrieben (Backhouse et al., 2017; Beer, 2022; Besi & McCormick, 2015; Böcher et al., 2020; BÖR, 2015, 2018, 2019; Dietz et al., 2018; Otto et al., 2021; Perbandt et al., 2021; Pietzsch, 2017, 2020; Priefer & Meyer, 2019; Staffas et al., 2013; Töller et al., 2021; Vogelpohl et al., 2021).

Dass die Bioökonomie derzeit an vielen Forschungseinrichtungen in Deutschland aus ganz unterschiedlichen fachlichen Perspektiven wissenschaftlich erforscht wird, verdeutlicht der *Forschungsatlas Bioökonomie* (<https://biooekonomie.de/forschung/forschungsatlas>). Dort listet das BMBF über 800 Forschungseinrichtungen auf, die sich mit Themen beschäftigen, die der Bioökonomie zugeordnet werden können (BMBF, 2021c). Hier ist allerdings anzumerken, dass bei den aufgeführten Projekten und Einrichtungen nicht immer ein expliziter Bezug zum Begriff Bioökonomie besteht.

Die Entstehung des Bioökonomie-Begriffs

Eingeführt wurde der Begriff Bioökonomie (*bioeconomics*) bereits im Jahr 1971 von einem rumänischen Mathematiker und Ökonom namens Nicholas Georgescu-Roegen. In einer Monografie mit dem Titel „The Entropy Law and the Economic Process“ (Georgescu-Roegen, 1971; Gowdy & Mesner, 1998) baute er seine Überlegungen zu Wirtschaftswachstum und Ressourcennutzung auf der Behauptung auf, dass wirtschaftliche Prozesse ähnlichen Grundprinzipien wie biologische Prozesse folgen. Zentral ist in diesem Werk, dass Georgescu-Roegen den zweiten Satz der Thermodynamik auf Wirtschaftsprozesse anwendet und auf dieser Basis die neoliberale Ökonomie kritisiert, die auf unbegrenztem Wirtschaftswachstum und damit einhergehend immer weiter steigender Ressourcennutzung basiert:

Perhaps the earth can support even forty-five billion people, but certainly not ad infinitum. We should therefore

ask "how long can the earth maintain a population of forty-five billion people?" And if the answer is, say, one thousand years, we still have to ask "what will happen thereafter?" (Georgescu-Roegen, 1971, S. 20)

Die Ursprünge der Bioökonomie liegen also im Jahr 1971 und damit bereits etwa 50 Jahre zurück. Die Idee wurde in einer Zeit entwickelt, in der der Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome (Meadows, 1972) veröffentlicht wurde, der einen wichtigen Bezugspunkt in der Nachhaltigkeitsdebatte darstellt. Die ursprüngliche Idee der Bioökonomie von Georgescu-Roegen ist also von einer wachstumskritischen Sichtweise geprägt (Georgescu-Roegen, 1987b), die in weiterführenden Überlegungen allerdings nicht immer übernommen wurde.

Bioökonomie als politisches Ziel

In einer deutschsprachigen Buchpublikation aus dem Jahr 1997 mit dem Titel „Bio-Ökonomie: Die nachhaltige Nischenstrategie des Menschen“ (Wagner, 1997) wurden Georgescu-Roegens Überlegungen zur Bioökonomie fortgeführt. Bis das Konzept in politischen Papieren in Europa aufgegriffen wurde, vergingen jedoch noch viele weitere Jahre.

Im Jahr 2005 wurde das Konzept einer wissensbasierten Bioökonomie (*Knowledge-Based Bio-Economy, KBBE*) von EU-Forschungskommissar Janez Potocnik vorgestellt. Einen wichtigen Meilenstein der Bioökonomiepolitik stellt das im Jahr 2007 veröffentlichte „Cologne Paper“ dar (European Union, 2007), das auf der Konferenz mit dem Titel „En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy“ unter deutscher Ratspräsidentschaft veröffentlicht wurde. In diesem Papier wurden die zentralen Ziele der Bioökonomie erstmals von der Europäischen Union zusammengefasst und veröffentlicht (BMBF & BMEL, 2014).

Zwei Jahre später veröffentlichte die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organization for Economic Co-

operation and Development, OECD) ein Papier mit dem Titel „The Bioeconomy to 2030. Designing a Policy Agenda“ (OECD, 2009). Die OECD bezieht sich darin sehr stark auf Entwicklungen und Potentiale der Biotechnologie (BMBF & BMEL, 2014).

In Deutschland wurde im selben Jahr, ebenfalls 2009, der Bioökonomierat gegründet. Der Bioökonomierat ist ein Beratungsgremium der deutschen Bundesregierung, dessen Aufgabe es ist, die Regierung beim Aufbau einer biobasierten Wirtschaft zu beraten. Mit diesem Schritt wurde die Bioökonomieverpolitik in Deutschland erstmals in expliziter Form institutionalisiert, indem eine staatliche Einrichtung geschaffen wurde, die sich ausdrücklich auf den Begriff Bioökonomie bezieht (Perbandt et al., 2021).

Im Jahr 2010 wurde das erste Strategiepapier der Bundesregierung veröffentlicht, das sich explizit auf die Bioökonomie bezieht: Die „Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ (BMBF, 2010). Im selben Jahr wurde das „Bioeconomy Science Center“ (Bio-SC) in Nordrhein-Westfalen gegründet und damit wurde in Deutschland die erste Forschungseinrichtung, die sich explizit auf das Konzept der Bioökonomie bezieht, eröffnet. 2010 gab es in Deutschland somit sowohl in der Bioökonomieverpolitik als auch in der Bioökonomieforschung wichtige Meilensteine (BMBF & BMEL, 2014).

Anfang der 2010er Jahre war die Idee einer Bioökonomie bereits von der OECD, der EU und der deutschen Bundesregierung aufgegriffen worden. Aus diesen Entwicklungen lässt sich ableiten, dass sich das Aufkommen einer Bioökonomie-Debatte in Deutschland hauptsächlich zwei Bereichen zuordnen lässt: der Entwicklung einer dedizierten Bioökonomieverpolitik in der politischen Praxis auf verschiedenen politischen Ebenen und der Etablierung der Bioökonomieforschung als eigenem Forschungsbereich in Wissenschaft und Entwicklung.

Im Jahr 2012 wurde das erste politische Strategiepapier der EU mit dem Titel „Innovating for Sustainable Growth. A Bioeconomy for Europe“ (EC, 2012) veröffentlicht. In Deutschland begann im selben Jahr die zweite Arbeitsperiode des Bioökonomierates, wobei dieser nun zum Teil aus neuen Mitgliedern bestand. Das „Spitzencluster BioEconomy“ in Mitteldeutschland ging an den Start, in Halle wurde der Wissenschaftscampus „Pflanzenbasierte Bioökonomie“ und in Leuna das „Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse“ eröffnet (BMBF & BMEL, 2014).

Erste Bioökonomieverstrategien auf der Ebene der Bundesländer wurden im Jahr 2013 veröffentlicht: In Baden-Württemberg wurde ein Konzept für eine Forschungsstrategie Bioökonomie veröffentlicht und das „Forschungsprogramm zur Bioökonomie“ gestartet (Land Baden-Württemberg, 2013), in Nordrhein-Westfalen wurde eine eigene Bioökonomieverstrategie beschlossen (BMBF, 2021b). Die zweite Bioökonomieverstrategie der deutschen Bundesregierung wurde 2013 von BMEL und BMBF erarbeitet und im Jahr 2014 unter dem Titel „Nationale Politikstrategie Bioökonomie“ (BMEL, 2014) veröffentlicht. Die deutsche Bundesregierung veröffentlichte im Jahr 2014 zudem eine Broschüre mit dem Titel „Bioökonomie in Deutschland“ (BMBF & BMEL, 2014), in der die Bioökonomie und ihre Ziele erläutert werden.

Mitte der 2010er Jahre fanden bereits diverse Konferenzen zum Thema Bioökonomie statt, wie die „Internationale Konferenz Bioökonomie – nachhaltiges Wirtschaften mit nachwachsenden Rohstoffen“, ausgerichtet vom BMEL im Jahr 2014, der „First Bioeconomy Congress Baden-Württemberg“, ausgerichtet von der Uni Hohenheim im Jahr 2014, und der erste „Global Bioeconomy Summit“, ausgerichtet vom Bioökonomierat im Jahr 2015.

Aktuelle Entwicklungen

Die Idee der Bioökonomie geht, wie oben erläutert, ursprünglich auf eine wachstumskritische wissenschaftliche Publikation aus dem Jahr 1971 zurück und wurde Mitte der 2000er

Jahre von der Europäischen Union und der OECD aufgegriffen. Erste Schritte in Richtung einer Institutionalisierung der Bioökonomiepolitik und der Bioökonomieforschung in Deutschland und der Europäischen Union lassen sich um das Jahr 2010 beobachten.

Wenige Jahre später nahm die Bioökonomie-Debatte an Fahrt auf: Der Begriff sowie die damit zusammenhängenden Ideen verbreiteten sich zunehmend in Strategiepapieren, Forschungsprogrammen, Programmen von Fachtagungen und in Organisationen. Im Jahr 2015, als die SDGs und das Paris Agreement formuliert wurden, war die Bioökonomie bereits in politischen Debatten in der EU, in Deutschland und in manchen Bundesländern angekommen und dabei, ihr Nischendasein zu verlassen.

Die Verbreitung des Bioökonomie-Konzepts¹ wurde von einer kritischen Debatte begleitet. Zum einen evaluierten Regierungen und Regierungsorganisationen ihre eigenen Strategiepapiere mehr oder weniger kritisch und veröffentlichten Fortschrittsberichte zu verschiedenen Vorhaben mit Bioökonomie-Bezug (BMEL, 2016; European Commission, 2017; Happe & Thoroe, 2010; Hüsing et al., 2017). Zum anderen veröffentlichten Nichtregierungsorganisationen, Wissenschaftler*innen und weitere Autor*innen zahlreiche kritische Berichte zum Konzept der Bioökonomie, wobei sich manche mit grundlegenden Fragen auseinandersetzten, während sich andere bestimmten Teilbereichen der Bioökonomie widmeten. Dabei werden einzelne Umweltauswirkungen neuer Technologien oder der wirtschaftlichen Nutzung von Biomasse genauer beleuchtet oder man befasst sich mit konkreten politischen Maßnahmen (Birch et al., 2010; Birch, 2019; Castree, 2010; Grefe, 2016; Hausknost et al., 2017; Hetemäki et al., 2017; IZ3W, 2018; Kleinschmit et al., 2014, 2017; Lahl, 2014; Lamers et al., 2016; Lettow, 2014; Levidow et

al., 2012; Lewandowski, 2018).

Im Jahr 2018 veröffentlichte die EU ihre zweite Bioökonomiestrategie mit dem Titel „A sustainable bioeconomy for Europe. Strengthening the connection between economy, society and the environment“ (EC, 2018b). Zwei Jahre später führte die deutsche Bundesregierung ihre beiden vorherigen Strategiepapiere zu Bioökonomieforschung und Bioökonomiepolitik in einem neuen Strategiepapier zusammen, das im Januar 2020 mit dem Titel „Nationale Bioökonomiestrategie“ (BMBF & BMEL, 2020a) veröffentlicht wurde und Ausführungen zu Zielen und Maßnahmen der Bioökonomie in Politik und Forschung enthält. Im Dezember desselben Jahres nahm der dritte Bioökonomierat seine Arbeit auf (BMBF & BMEL, 2020b; BMBF-Internetredaktion, 2020). Zwei Expertinnen aus dem zweiten Bioökonomierat und eine aus dem ersten Bioökonomierat wurden erneut Teil des Beratungsgremiums. Zwei Mitglieder des dritten Bioökonomierates vertreten eine politikwissenschaftliche Perspektive.

Zudem platzierte die deutsche Bundesregierung das Thema Bioökonomie als Thema des Wissenschaftsjahres 2020/21 und förderte in diesem Zusammenhang zahlreiche Projekte zur Wissenschaftskommunikation in diesem Forschungsbereich (BMBF, 2021d). Wie die Bioökonomie in Deutschland zu mehr Nachhaltigkeit beitragen kann, wurde im deutschen Bundestag am 14. Januar 2021 debattiert (Bioökonomie.de, 2021). Anlass dafür waren die Veröffentlichung der Nationalen Bioökonomiestrategie und ein Antrag der FDP-Fraktion, in dem diese die Bundesregierung aufforderte, „SMARTe Ziele in der Bioökonomiestrategie [zu] verankern“ (Bundestag, 2021, S. 2).

Aus den obigen Ausführungen wird deutlich, dass das Thema Bioökonomie seit einigen

¹ In diesem Beitrag wird der Begriff *Konzept* im Sinne von *Entwurf, Idee* verwendet – nicht im Sinne von *Plan* oder *Programm*.

Jahren insbesondere in Politik und Wissenschaft zunehmend diskutiert wird. Es ist zu erwarten, dass sich das Konzept in den kommenden Jahren weiterverbreiten wird. Bisher gibt es allerdings keine einheitliche Definition des Begriffs Bioökonomie.

2. Definitionen der Bioökonomie

Das Verständnis von Bioökonomie unterscheidet sich in den Strategiepapieren der unterschiedlichen Staaten und Organisationen und es gibt bereits mehrere wissenschaftliche Studien, die die Bioökonomiestrategien aus aller Welt auf ihre Inhalte, Ziele und Ausrichtung hin untersucht und klassifiziert haben (Backhouse et al., 2017; Besi & McCormick, 2015; BÖR, 2018; Bugge et al., 2016; Dietz et al., 2018; Perbandt et al., 2021; Staffas et al., 2013; Turley, 2015; Wield, 2013). In den folgenden Ausführungen werden Definitionen der Bioökonomie aus zentralen politischen und wissenschaftlichen Dokumenten mit einem Schwerpunkt auf der deutschen und europäischen Bioökonomie-Debatte vorgestellt und erläutert.

Die deutsche Bundesregierung veröffentlichte bisher drei Strategiepapiere, die sich explizit auf die Entwicklung einer Bioökonomie beziehen. Dies sind die nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 aus dem Jahr 2010 (BMBF, 2010), die Nationale Politikstrategie Bioökonomie von 2014 (BMEL, 2014) und die Nationale Bioökonomiestrategie von 2020 (BMEL, 2014).

Weitere zentrale Quellen sind die Broschüre „Bioökonomie in Deutschland“ (BMBF & BMEL, 2014), der Fortschrittsbericht zur Nationalen Politikstrategie Bioökonomie (BMEL, 2016), das Internetportal biooekonomie.de sowie

Publikationen des Bioökonomierats. Das „Rahmenprogramm Biotechnologie“ der deutschen Bundesregierung (BMBF, 2001) kann als Vorläufer der Strategiepapiere im Bereich Bioökonomie verstanden werden. Ein weiteres zentrales Dokument der Bundesregierung ist die Broschüre „Innovation durch Biotechnologie: Zehn Jahre KMU-innovativ: Biotechnologie – BioChance“ (BMBF, 2017).

Einen Rahmen für die deutsche Bioökonomiepolitik bilden Strategiepapiere der Europäischen Union (EU). Die EU veröffentlichte ihre erste Bioökonomiestrategie im Jahr 2012 unter dem Titel „Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe“ (EC, 2012). Im Jahr 2017 veröffentlichte die EU die Review of the 2012 European Bioeconomy Strategy (European Commission, 2017). Im darauffolgenden Jahr wurde eine überarbeitete zweite Fassung der europäischen Bioökonomiestrategie unter dem Titel „A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment“ (EC, 2018b) veröffentlicht. Diese wurde von einem Aktionsplan begleitet (EC, 2018a).

Weitere zentrale Quellen sind die Werke von Georgescu-Roegen (Georgescu-Roegen, 1971, 1977, 1978, 1987a; Gowdy & Mesner, 1998; Mayumi, 2001), das sogenannte „Cologne Paper“ der Europäischen Kommission mit dem Titel „En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy“ (European Union, 2007) und Veröffentlichungen der OECD, insbesondere eine Publikation aus dem Jahr 2009 mit dem Titel „The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Main findings and policy conclusions“ (OECD, 2009). Einige ausgewählte Definitionen aus diesen Quellen sind in Infobox 1 aufgeführt.

<p>Infobox 1: Definitionen der Bioökonomie. Übersicht von Perbandt et al. (2021, S. 7-8), ergänzt.</p>	<p>2010, Deutsche Bundesregierung, BMBF: Das Konzept der Bioökonomie erfasst die Agrarwirtschaft sowie alle produzierenden Sektoren und ihre dazugehörigen Dienstleistungsbereiche, die biologische Ressourcen – wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen – entwickeln, produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen. Sie erreicht damit eine Vielzahl von Branchen wie Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Fischerei und Aquakulturen, Pflanzen- und Tierzucht, Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie sowie die Holz-, Papier-, Leder-, Textil-, Chemie- und Pharmaindustrie bis hin zu Teilen der Energiewirtschaft. (BMBF, 2010)</p>
<p>1977, Georgescu-Roegen: I (...) submit that the solution of tensions of all sorts that exist now in the world and those of a still graver nature that await us in the near future require an entirely different approach than that of standard economics, which insists on relying on the price mechanism and financial transfers exclusively. The new approach, as I have proposed to call it, is bioeconomics (Georgescu-Roegen, 1976). The term is intended to make us bear in mind continuously the biological origin of the economic process and thus spotlight the problem of mankind's existence with a limited store of accessible resources, unevenly located and unequally appropriated (Georgescu-Roegen, 1977)</p>	<p>2012, Europäische Union, EK: The bioeconomy [...] encompasses the production of renewable biological resources and the conversion of these resources and waste streams into value added products, such as food, feed, bio-based products and bioenergy. Its sectors and industries have strong innovation potential due to their use of a wide range of sciences, enabling and industrial technologies, along with local and tacit knowledge. (EC, 2012)</p>
<p>2007, Europäische Union, EK (Cologne Paper): Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) can be concisely defined as "transforming life sciences knowledge into new, sustainable, eco-efficient and competitive products" (European Union, 2007)</p>	<p>2014, Deutsche Bundesregierung, BMEL: Das Konzept der Bioökonomie [...] beschreibt die Transformation von einer Erdöl-basierten Wirtschaft hin zu einer Wirtschaft in der fossile Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe ersetzt wurden. Durch diese Transformation sollen Produkte und Prozesse innerhalb einer Volkswirtschaft nachhaltig erzeugt werden können. (BMEL, 2014)</p>
<p>2009, OECD: From a broad economic perspective, the bioeconomy refers to the set of economic activities relating to the invention, development, production and use of biological products and processes. (OECD, 2009)</p>	<p>2018, Europäische Union, EK: The bioeconomy covers all sectors and systems that rely on biological resources (animals, plants, microorganisms and derived biomass, including organic waste), their functions and principles. It includes and interlinks: land and marine ecosystems and the services they provide; all primary production sectors that use and produce biological resources (agriculture, forestry, fisheries and aquaculture); and all economic and industrial sectors that use biological resources and processes to produce food, feed, bio-based products, energy and services. To be successful, the European bioeconomy needs to have sustainability and circularity at its heart. (EC, 2018b)</p>
<p>2009, Bioökonomierat Deutschland (BÖR): Der BioÖkonomieRat hat sich hinsichtlich der Definition des Begriffes „Bioökonomie“ der Europäischen Kommission angeschlossen. Danach fallen unter den Begriff der Bioökonomie alle industriellen und wirtschaftlichen Sektoren und dazugehörigen Dienstleistungen, die biologische Ressourcen (Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen) produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen. Dazu gehören die Land- und Forstwirtschaft, die Nahrungsmittelindustrie, die Fischerei, die Aqua-Kulturen, aber auch Teile der Chemie-, Pharmazie-, Kosmetik-, Papier- und Textilindustrie sowie die Energiewirtschaft. Diese Bereiche werden im englischen Sprachgebrauch häufig als die „vier F“ bezeichnet: Food, Feed, Fibre, and Fuel, wobei die stoffliche Nutzung viel mehr ist als „Fibre“. [...] Umsetzung des Wissens aus den Lebenswissenschaften in neue, nachhaltige, umweltverträgliche und konkurrenzfähige Produkte, womit ein weiterer wichtiger Aspekt noch einmal betont wird: Der Begriff der Bioökonomie beinhaltet nicht nur die Angebotsseite im Sinne des wissenschaftlich-technisch Möglichen, sondern hat auch die Nachfrageseite im Blick (BÖR, 2009)</p>	<p>2020, Deutsche Bundesregierung, BMEL/BMBF: 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. [...] Mit dem Ausbau der Bioökonomie werden die Ressourcenbasis der Wirtschaft nachhaltig ausgerichtet und fossile Rohstoffe ersetzt. Die Substitution dieser nur begrenzt verfügbaren und klimaschädlichen Rohstoffe kann ein Schritt in Richtung Nachhaltigkeit sein, wenn die dafür benötigte Biomasse unter Berücksichtigung ökologischer und ethischer Kriterien produziert und effizient eingesetzt wird. (BMBF & BMEL, 2020a)</p>

Beim Vergleich der Definitionen ist festzustellen, dass sich einige zentrale Begriffe in den verschiedenen Definitionen der Bioökonomie mehrfach wiederfinden lassen. Diese Kernelemente werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert und definiert.

Beim Vergleich der Definitionen von Bioökonomie wird außerdem deutlich, dass das Konzept in den vergangenen Jahren einen Wandel durchlaufen hat, was die damit verbundenen politischen Ziele betrifft. Die Inhalte der Strategiepapiere der deutschen Bundesregierung und der Europäischen Union entwickelten sich parallel in eine ähnliche Richtung, wobei der Bezug zu nachhaltiger Entwicklung und den planetaren Belastungsgrenzen zunehmend betont wird (Kardung et al., 2021; Rupp et al., 2020, S. 17–21; Thrän & Moesenfechtel, 2020, S. 265–386). Welche übergeordneten Visionen einer Bioökonomie sich aus den unterschiedlichen Quellen zur Bioökonomie ableiten lassen und welche Rolle das Thema Nachhaltigkeit in diesen Visionen spielt, wird weiter unten erläutert.

3. Kernelemente der Bioökonomie

In den folgenden Abschnitten werden die in den oben aufgeführten Definitionen genannten Kernelemente der Bioökonomie näher definiert. Dabei steht insbesondere das aktuelle Bioökonomie-Verständnis der deutschen Bundesregierung im Fokus:

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. [...] Mit dem Ausbau der Bioökonomie werden die Ressourcenbasis der Wirtschaft nachhaltig ausgerichtet und fossile Rohstoffe ersetzt. Die Substitution dieser nur begrenzt

verfügbaren und klimaschädlichen Rohstoffe kann ein Schritt in Richtung Nachhaltigkeit sein, wenn die dafür benötigte Biomasse unter Berücksichtigung ökologischer und ethischer Kriterien produziert und effizient eingesetzt wird (BMBF & BMEL, 2020a)

Die Nutzung von Biomasse (auch: nachwachsende Rohstoffe, biogene Ressourcen) steht demnach im Zentrum der Definition. Weitere wesentliche Kernelemente in den oben aufgeführten Bioökonomie-Strategiepapieren sind Biotechnologie, Wissen, Innovation und neue Technologien im Allgemeinen, Koppel- und Kaskadennutzung, Bioraffinerien und Kreislaufwirtschaft.

Biomasse, Biotechnologie und Innovation

Während für manche Akteure in erster Linie Biotechnologie und biobasierte Verfahren den Kern der Definition von Bioökonomie bilden (Backhouse et al., 2017), betont die Bundesregierung in ihrer Definition von Bioökonomie die Nutzung von Biomasse als Ressource in wirtschaftlichen Produktionsprozessen, wobei biotechnologische Verfahren eher am Rande erwähnt werden:

Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft sowie Aquakultur, aber auch die biotechnologische Nutzung und Umwandlung von Biomasse sowie biogene Rest- und Abfallstoffe sind die zentralen Ausgangspunkte der vielfältig verknüpften Wertschöpfungsketten und Wertschöpfungsnetze der Bioökonomie. Nachgelagerte Sektoren be- und verarbeiten nachwachsende Ressourcen zu vielfältigen Produkten, teilweise durch industrielle Anwendung biotechnologischer und mikrobiologischer Verfahren, wie insbesondere in der Chemieindustrie. Darüber hinaus gehören hierzu auch das produzierende Ernährungsgewerbe, die Holz-, Papier-, Bau-, Leder- und Textilindustrie sowie Teile der Pharmaindustrie und der Energiewirtschaft. Insoweit sind sie am Aufbau einer Bioökonomie ebenso beteiligt wie die dazugehörigen

Bereiche von Handel und Dienstleistungen (BMEL, 2014)

Doch wie genau wird Biomasse definiert und was sind ihre Eigenheiten als Rohstoff für die wirtschaftliche Nutzung? Biomasse wird in der nationalen Bioökonomiestrategie wie folgt definiert:

Biomasse | Im engeren Sinn die durch Photosynthese gebildete organische Substanz; im weiteren Sinn die Stoffmenge aller pflanzlichen und tierischen Lebewesen und ihrer organischen Produkte. Auch Rest- und Abfallstoffe wie z.B. Bioabfälle aus Haushalten, der Tier- oder der Lebens- und Futtermittelproduktion zählen dazu. Auch fossile Rohstoffe sind ursprünglich aus Biomasse entstanden; die Bioökonomie beruht jedoch ausschließlich auf der Nutzung nicht fossiler Biomasse (BMBF & BMEL, 2020a, S. 58)

Der Begriff Biomasse beschreibt also alle organischen (d.h. kohlenstoffhaltigen) Stoffe, die nicht zu den fossilen Rohstoffen (Erdgas, Erdöl, fossile Kohle, Torf) gezählt werden. Die Abgrenzung zu fossilen Rohstoffen, die ebenfalls aus organischem Material bestehen, erfolgt über den Grad der Verrottung. Torf zählt im strengen Sinn zu den fossilen Brennstoffen, wird allerdings in manchen Ländern auch als Biomasse bezeichnet (beispielsweise in Finnland und Schweden) (Kaltschmitt et al., 2016b, S. 3; Schabbach & Wesselak, 2012, S. 100–103).

Biomasse kann entlang verschiedener Kriterien weiter in Untertypen unterteilt werden. Eine mögliche Unterscheidung verschiedener Biomasse-Typen kann anhand ihrer Entstehung erfolgen:

- *die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere),*
- *die daraus resultierenden Rückstände (z.B. tierische Exkremente),*
- *abgestorbene (aber noch nicht fossile) Phyto- und Zoomasse (z. B. Stroh) und*
- *im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische*

Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind bzw. anfallen (z. B. Schwarzlauge, Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, organische Hausmüllfraktion, Pflanzenöl, Alkohol) (Kaltschmitt et al., 2016b, S. 3)

Biomasse kann weiterhin unterschieden werden in primäre, sekundäre und tertiäre Biomasse:

- *Primäre Biomasse entsteht durch die direkte photosynthetische Ausnutzung der Sonnenenergie; dazu zählen im Wesentlichen die gesamte Pflanzenmasse wie z.B. land- und forstwirtschaftlichen [sic] Produkte aus einem Energiepflanzenanbau (u. a. schnellwachsende Bäume, Energiegräser) oder pflanzliche Rückstände und Nebenprodukte aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der weiterverarbeitenden Industrie (u. a. Stroh, Wald- und Industrierestholz).*
- *Sekundäre Biomasse bezieht dagegen ihre Energie nur indirekt von der Sonne; sie wird durch den Ab- oder Umbau organischer Substanz in höheren Organismen (z. B. Tiere) gebildet. Zu ihnen zählt z. B. die gesamte Zoomasse und deren Exkremente (z.B. Gülle und Festmist).*
- *Tertiäre Biomasse entsteht durch einen oder mehrere technische Weiterverarbeitungsschritte der primären und z. T. der sekundären Biomasse. Damit gehören zu dieser Kategorie u. a. Papier und Zellstoff, Holzstühle, Schokolade und Baumwollkleidung (Kaltschmitt et al., 2016b, S. 3)*

Grob vereinfacht wird also primäre Biomasse von Pflanzen, sekundäre Biomasse von Tieren und tertiäre Biomasse von Menschen erzeugt.

Eine weitere mögliche Typisierung ist die Unterscheidung in pflanzliche, tierische und mikrobielle Biomasse. Mikrobielle Biomasse umfasst Biomasse, die in der Regel aus einzelligen Organismen stammt, wie Bakterien, Algen und Pilzen. Mikroalgen erzeugen wie Pflanzen Biomasse durch Fotosynthese und binden so

Kohlenstoff, während Bakterien und Pilze Biomasse umwandeln oder sie abbauen, wodurch der gebundene Kohlenstoff wieder freigesetzt wird (Kaltschmitt et al., 2016a; Trollenier et al., 1993).

Im Hinblick auf die Herkunft der Biomasse kann die Bioökonomie weiterhin entlang der produzierenden Wirtschaftssektoren unterschieden werden (Kaltschmitt et al., 2016b; Pietzsch, 2017, 2020). Wesentliche Quellen von Biomasse sind Landwirtschaft (Energiepflanzen) und Forstwirtschaft (Holz). Neben der an Land produzierten Biomasse gibt es Biomasse aus Aquakultur (Wasserpflanzen, Algen) und Fischereiwirtschaft. Die Produktion aquatischer Biomasse stellt ein vergleichsweise junges Feld dar (Posten & Wilhelm, 2016). Eine weitere Quelle von Biomasse sind Rest- und Abfallstoffe, wie Stroh und Gülle aus der Landwirtschaft, Sägespäne aus der Holzverarbeitenden Industrie oder Biomüll aus menschlichen Siedlungen (Kaltschmitt, 1995; Kaltschmitt et al., 2016a; Pietzsch, 2017). Biomasse kann entlang der Herkunft demnach in vier Typen unterschieden werden:

- Landwirtschaftlich produzierte Biomasse
- Forstwirtschaftlich produzierte Biomasse
- Aquatische Biomasse
- Biomasse aus Reststoffen und Abfällen

Die wirtschaftliche und industrielle Nutzung von Bakterien, Algen und Pilzen wird auch als **Biotechnologie** bezeichnet und bildet neben der Nutzung von Biomasse einen wesentlichen Baustein der Bioökonomie (Kircher, 2020; Trollenier et al., 1993). Die Biotechnologie umfasst sowohl traditionelle biologische Verfahren wie beispielsweise die Fermentation bei der Herstellung von Wein, Brot oder Käse, als auch neue Zweige wie die molekulare Biotechnologie oder die Gentechnik (Schüler, 2015,

S. 1–30). In der nationalen Bioökonomiestrategie definiert die Bundesregierung Biotechnologie wie folgt:

Biotechnologie | Interdisziplinäre und anwendungsorientierte Wissenschaft an der Schnittstelle von Biologie, Medizin, Chemie und Ingenieurwissenschaften. Die Biotechnologie nutzt Organismen, Zellen oder Biomoleküle in technischen Anwendungen, um Produkte für unterschiedliche Branchen herzustellen oder neue Technologien zu entwickeln (BMBF & BMEL, 2020a, S. 59)

Die Biotechnologie ist eine Querschnittsdisziplin, die sich einerseits im Schnittfeld verschiedener Grundlagenwissenschaften und andererseits im Schnittfeld unterschiedlicher Anwendungsfelder befindet (Abbildung 3). Mit der Zeit hat sich eine Unterteilung der Biotechnologie herausgebildet, in denen den einzelnen Bereichen bestimmte Farben zugeordnet werden: Die rote Biotechnologie umfasst Anwendungen in der Medizin, die weiße Biotechnologie den Einsatz in der Industrie, insbesondere in der chemischen Produktion, die graue Biotechnologie steht für den Bereich Umweltschutz und die grüne Biotechnologie umfasst alle Produkte und Prozesse im Landwirtschaftssektor (Schüler, 2015, S. 143).

Im Hinblick auf die in der Bioökonomie eingesetzten Verfahren werden in Definitionen weiterhin Begriffe wie *wissensbasiert*, *Innovationen* und *neue (Bio-)Technologien* genannt. Wissen und Innovation spielen in der modernen Bioökonomie eine zentrale Rolle. Neben traditionellen Nutzungspfaden bilden vor allem neuartige Verfahren zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse (*bioökonomische Innovationen*) einen zentralen Baustein der Bioökonomie (Grunwald, 2020).

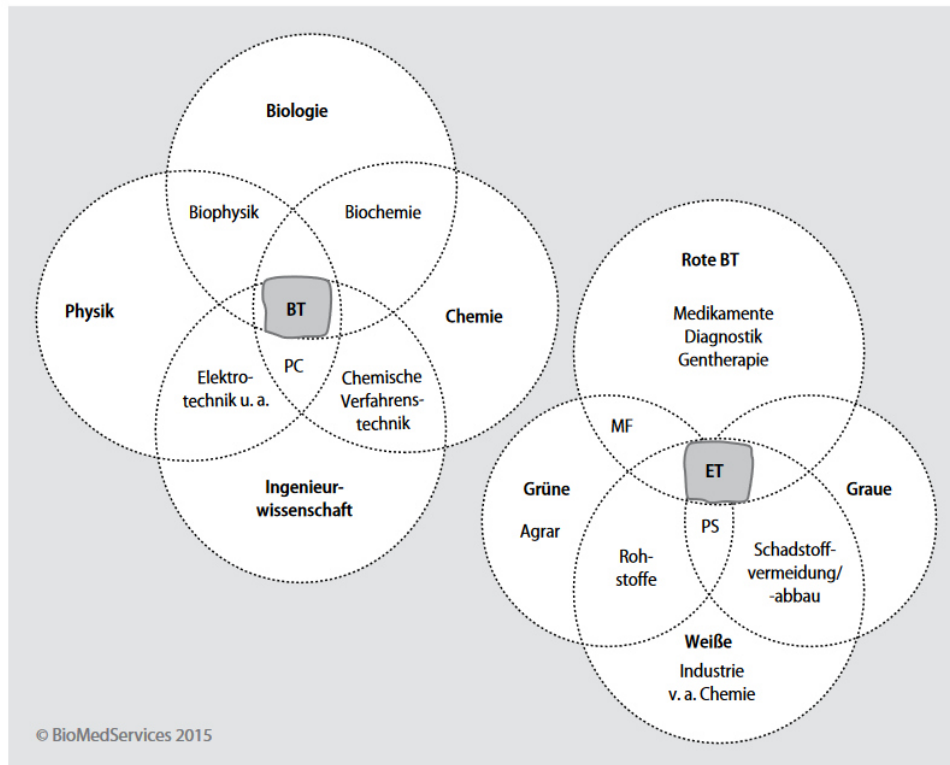


Abbildung 3: Grundlagenwissenschaften und Anwendungsfelder der Biotechnologie (BT – Biotechnologie; PC – physikalische Chemie; ET – enabling Technologien, z.B. Bioinformatik; MF – molecular farming; PS – Pflanzensensoren) (Schüler, 2015, S. 146)

Innovationen lassen sich weiter in inkrementelle und disruptive Innovationen unterscheiden:

Innovation, inkrementelle und disruptive | Unter inkrementellen Innovationen versteht man den Prozess der ständigen Optimierung einer Technologie, beispielsweise die Steigerung der Leistung und die Senkung des Verbrauchs von Verbrennungsmotoren. Disruptive Innovationen ersetzen eine Technologie durch eine andere, zum Teil mit Folgen für gesamte Sektoren oder Wertschöpfungsketten. Wann eine technische Erfindung zu einer disruptiven Innovation wird, ist schwer vorherzusehen. Disruptive Innovationen werden zuweilen auch als Sprunginnovationen bezeichnet (BMBF & BMEL, 2020a, S. 59)

Im Zusammenhang mit der Bioökonomie wird auch von einer biologischen Transformation oder von der Biologisierung der Wirtschaft gesprochen (Fraunhofer-Gesellschaft, 2018; Ronzheimer, 2018). Die parallel ablaufende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft eröffnet dabei sowohl in der Bioökonomie als auch in anderen wirtschaftlichen Bereichen neue Möglichkeiten (BÖR, 2017; Hübner & Schmon, 2019; Leal Filho, 2021; Marquardt, 2020; Wydra et al., 2020). Im Zusammenhang mit neuen Biotechnologien wird auch von *smarten* Technologien, Materialien und Systemen gesprochen, beispielsweise von *smart biomaterials* (Ebara et al., 2014) oder *smart bioenergy* (Thrän, 2015).

Koppel- und Kaskadennutzung, Bioraffinerien

Die Nutzung von Biomasse kann grundsätzlich in zwei Nutzungspfade unterteilt werden: stoffliche Nutzung (Nahrungsmittel/food, Futtermittel/feed, Werkstoffe/fibre) und energetische Nutzung (Mobilität, Wärme und Elektrizität/fuel) (Kaltschmitt et al., 2016; Perbandt et al., 2021). Durch *Koppel- und Kaskadennutzung* sollen Prozesse in der Bioökonomie möglichst ressourceneffizient gestaltet werden (BMBF, 2010b; BMBF, 2014; BMBF & BMEL, 2014; BMEL, 2014; Grefe, 2016; Pietzsch, 2017, Perbandt et al., 2021). Ein weiteres wichtiges Schlagwort in diesem Zusammenhang ist der Begriff *Bioraffinerie*.

Die deutsche Bundesregierung definiert diese drei Begriffe in der Nationalen Bioökonomiestrategie wie folgt:

Koppelnutzung | Nutzung eines oder mehrerer Nebenprodukte, um eine nachhaltige und möglichst effektive Nutzung von Rohstoffen bei gleichzeitiger Steigerung der Wertschöpfung zu erreichen. Beispiele für eine Koppelnutzung sind die weitere Nutzung des in der Biodieselproduktion anfallenden Nebenproduktes Glycerin oder die weitere Verwendung des in der Bioethanolproduktion anfallenden Nebenproduktes Bagasse (BMBF & BMEL, 2020a, S. 59)

Kaskadennutzung | Mehrfachnutzung von Biomasse über mehrere Stufen, um Rohstoffe oder daraus hergestellte Produkte so lange wie möglich im Wirtschaftssystem zu nutzen. In der Regel umfasst eine Nutzungskaskade dabei eine mehrfache stoffliche Nutzung mit abnehmender Wertschöpfung sowie eine abschließende energetische Nutzung oder eine Kompostierung des Rohstoffs (BMBF & BMEL, 2020a, S. 59)

Bioraffinerie | Raffinerie auf Basis von Biomasse. Eine Bioraffinerie zeichnet sich durch ein integratives, multifunktionelles Gesamtkonzept aus, das Biomasse als vielfältige Rohstoffquelle für die nachhaltige Erzeugung eines Spektrums unterschiedlicher Zwischen- und Endprodukte (Chemikalien, Werkstoffe, Bioenergie inkl. Biokraftstoffe) unter möglichst vollständiger Verwendung aller Rohstoffkomponenten nutzt (BMBF & BMEL, 2020a, S. 58)

Detailliertere Definitionen für die Begriffe Koppel- und Kaskadennutzung wurden im Jahr 2008 in einer Bekanntmachung vom damaligen Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) formuliert, wobei ausführlicher erläutert wird, welche Rolle die stoffliche und energetische Verwertung von Biomasse in den jeweiligen Verarbeitungsprozessen spielen:

Im Bereich nachwachsender Rohstoffe versteht man unter einer Koppelnutzung die parallele Erzeugung von Produkten und/oder Energie aus Biomasse. Hierzu gehören die gleichzeitige Verwertung von bei der Verarbeitung von Biomasse anfallenden Nebenprodukten sowie die Erzeugung von Prozessenergie aus den Prozessabfällen bei der Konversion von Biomasse zu Produkten. Auch das umfassendere und weiterentwickelte Konzept der Bioraffinerie, das ein integratives Gesamtkonzept zur möglichst vollständigen Ausnutzung der Biomasse ist, fällt darunter. Prinzipiell sind hier zwei Nutzungsstränge möglich, die ggf. auch gekoppelt realisiert werden können:

- *Die kombinierte stoffliche und energetische Verwertung von Biomasse.*
- *Die vollständige Verwertung aller Komponenten von Biomasse in verschiedenen Nutzungspfaden.*

Das Ziel der Koppelnutzung besteht darin, eine Wertschöpfungssteigerung über einen gesamten Produktionsprozess durch eine multiple Nutzung aller Komponenten des Rohstoffs einschließlich anfallender Neben- und Koppelprodukte zu erreichen. Mittel- und langfristige sollen lineare Produktionsketten mit geringer Wechselwirkung durch systemisch vernetzte Produktionscluster ersetzt werden (BMELV, 2008, S. 2)

Wie aus diesem Zitat deutlich wird, sollen einzelne Produktionsketten gekoppelt werden, um vorhandene Ressourcen effizienter zu nutzen und so die Wertschöpfung zu steigern. In dieser Definition von Koppelnutzung wird der Begriff Bioraffinerie genannt. Bioraffinerien zeichnen sich durch eine integrierte, mehrstufige Nutzung von Biomasse in einer zusammenhängenden Verfahrenskette aus, die Teil eines lokalen oder regionalen Produktionsnetzwerkes ist. Die deutsche Bundesregierung definiert den Begriff in ihrer „Roadmap Bioraffinerien“ (Bundesregierung, 2014) etwas ausführlicher:

Eine Bioraffinerie zeichnet sich durch ein explizit integratives, multifunktionelles Gesamtkonzept aus, das Biomasse als vielfältige Rohstoffquelle für die nachhaltige Erzeugung eines Spektrums unterschiedlicher Zwischenprodukte und Produkte (Chemikalien, Werkstoffe, Bioenergie inkl. Biokraftstoffe) unter möglichst vollständiger Verwendung aller Rohstoffkomponenten nutzt; als Koppelprodukte können ggf. zusätzlich auch Nahrungs- und/oder Futtermittel anfallen. Hierfür erfolgt die Integration unterschiedlicher Verfahren und Technologien. Die Verfahrenskette der Bioraffinerie besteht im Wesentlichen aus der Vorbehandlung und Aufbereitung der Biomasse sowie der Auftrennung der Biomassekomponenten (Primärraffination) und nachfolgenden Konversions- und Veredelungsschritten (Sekundärraffination) (Bundesregierung, 2014, S. 23)

Eine differenziertere Definition des Begriffs Kaskadennutzung aus der oben erwähnten Bekanntmachung des BMELV lautet:

Kaskadennutzung beschreibt die Strategie, Rohstoffe oder daraus hergestellte Produkte so lange wie möglich im Wirtschaftssystem zu nutzen. Dabei werden Nutzungskaskaden durchlaufen, die vom hohen Wertschöpfungs niveau schrittweise in tiefere Niveaus münden. Bei einer Kaskadennutzung wird die Wertschöpfung insgesamt erhöht und die Umweltwirkung weiter verbessert. In [sic] Bereich nachwachsender Rohstoffe kann eine Kaskadennutzung auf zwei Wegen erfolgen:

- *Biomasse wird erst stofflich, ggf. über mehrere Nutzungsetappen oder Produkte, verwendet und am Ende des Produktzyklus energetisch verwertet.*
- *Biomasse wird erst stofflich, ggf. über mehrere Nutzungsetappen oder Produkte, verwendet und nachfolgend werkstofflich verwertet.*

Nach einem oder mehreren Verwertungszyklen kann dann eine energetisch [sic] Nutzung oder – bei biologisch abbaubaren Produkten – ggf. eine Kompostierung erfolgen (BMELV, 2008, S. 1)

Für den Begriff der Kaskadennutzung von Biomasse liegt eine aktuellere Definition vor, die im Rahmen einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes erarbeitet wurde. Hier wird weiter unterschieden in einstufige und mehrstufige Kaskadennutzung:

*Eine **Kaskadennutzung von Biomasse** liegt vor, wenn ein biogener Rohstoff zu einem biobasierten Endprodukt verarbeitet und dieses Endprodukt mindestens ein weiteres Mal stofflich oder energetisch genutzt wird. Man spricht von einer **einstufigen Kaskadennutzung** von Biomasse, wenn ein biogener Rohstoff zu einem*

biobasierten Endprodukt verarbeitet wird und dieses Endprodukt mindestens ein weiteres Mal energetisch genutzt wird.

Man spricht von einer **mehrstufigen Kaskadennutzung** von Biomasse, wenn ein biogener Rohstoff zu einem biobasierten Endprodukt verarbeitet wird und dieses Endprodukt mindestens ein weiteres Mal stofflich genutzt wird. Erst nach der stofflichen Mehrfachnutzung kann eine energetische Nutzung folgen (BMU, 2017, S. 27, Hervorhebung im Original)

Die Bioökonomie zeichnet sich dadurch aus, dass die Wertschöpfungsketten ihrer Produkte in den verschiedenen Branchen zunehmend miteinander vernetzt bzw. vernetzbar sind und Nebenprodukte sowie Reststoffe möglichst hochwertig verwertet werden. Im System der Bioökonomie kommt daher auch der Kreislauf- und Abfallwirtschaft, die in der Lage ist Rest- und Abfallstoffe zu vermeiden bzw. einer möglichst hochwertigen Verwendung zuzuführen, besondere Bedeutung zu (BMEL, 2014, S. 15)

Kreislaufwirtschaft

Die Kreislauforientierung ist ein weiteres Kernelement der Bioökonomie:

Im Verständnis einer kreislauforientierten Bioökonomie wird die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet, vom Anbau nachwachsender Rohstoffe (Biomasse) über die Verarbeitung zu biobasierten Produkten bis zur ressourceneffizienten Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe. Insbesondere in neueren Strategiepapieren wird betont, dass die Bioökonomie sich nicht nur durch die Nutzung von Biomasse als Ressource und von biotechnologischen Verfahren auszeichnet, sondern auch durch das Prinzip der Kreislaufwirtschaft. Die Kreislaufwirtschaft kann diesen Ausführungen zufolge als elementarer Baustein der Bioökonomie verstanden werden. Umgekehrt ist das Konzept der Bioökonomie gleichzeitig ein Baustein der Kreislaufwirtschaft (Perbandt et al., 2021, S. 53)

Durch die Verknüpfung von Prozessen und Materialströmen soll eine möglichst effiziente Ressourcennutzung erreicht werden, in der keine Abfälle anfallen und deponiert werden müssen, sondern Rückstände weiteren Wertschöpfungsprozessen zugeführt oder energetisch verwertet werden. Dies kommt bereits in der Politikstrategie Bioökonomie explizit zum Ausdruck:

Die Kreislaufwirtschaft hängt also eng mit der Abfallwirtschaft zusammen und soll zu einer möglichst nachhaltigen Ressourcennutzung beitragen. In der Nationalen Bioökonomiestrategie wird betont, dass Recyclingmethoden und recycling- und kreislauforientiertes Produktdesign dabei eine zentrale Rolle spielen:

Kreislaufnutzung | Ressourcen und Güter werden über moderne Recyclingmethoden aufbereitet und wieder einer Verwertung zugeführt. Um einen möglichst hohen Wiederverwendungsgrad zu erreichen, sollte eine Kreislaufnutzung idealerweise bereits im Produktdesign mitberücksichtigt werden (BMBF & BMEL, 2020a, S. 59)

Der Begriff „Kreislaufwirtschaft“ bezeichnet also ein Wirtschaftssystem mit den folgenden Eigenschaften:

Ein Wirtschaftssystem mit (möglichst) geschlossenen Bereitstellungsketten, in welchen (biogene) Rückstände nicht deponiert, sondern energetisch verwertet, kompostiert oder auf sonstige Art und Weise für weitere Wertschöpfungsprozesse genutzt werden“ (Perbandt et al., 2021, S. 53)

Neben Biomasse-Kreisläufen umfasst die Kreislaufwirtschaft auch Stoffkreisläufe nicht biogener beziehungsweise nicht erneuerbarer Ressourcen, wie aus Abbildung 4 hervorgeht:

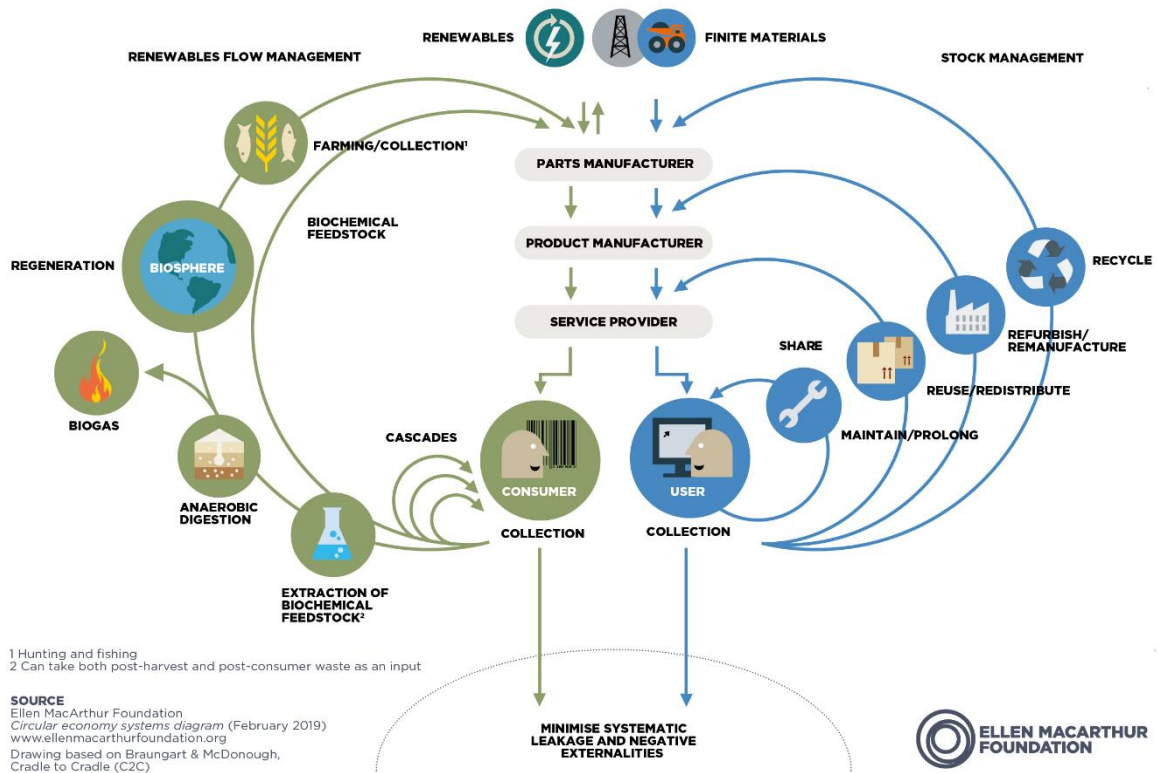


Abbildung 4: Stoffströme in der Kreislaufwirtschaft (Ellen MacArthur Foundation, 2019)

Die Kreislaufwirtschaft ist ein Konzept, das in Politik und Wissenschaft bereits lange vor dem Aufkommen der Bioökonomie-Debatte diskutiert wurde. In politische Maßnahmen übersetzt wurde das Konzept der Kreislaufwirtschaft bisher vor allem in der Abfallpolitik (Recycling), beispielsweise im Kreislaufwirtschaftsgesetz der deutschen Bundesregierung (KrWG, 2012/24.02.2012) oder im Circular economy package der Europäischen Union (Bourguignon, 2016).

4. Bioökonomie und Nachhaltigkeit

In neueren Bioökonomie-Strategiepapieren wird das Schlagwort Nachhaltigkeit immer häufiger platziert. Der Bezug der Bioökonomie zu den Sustainable Development Goals (SDGs) der

Vereinten Nationen (UN) wird hervorgehoben (BMBF & BMEL, 2020a; EC, 2018b; Perbandt et al., 2021).

Zum Verhältnis von Bioökonomie und Nachhaltigkeit schreiben Perbandt et al. (2021):

In der wissenschaftlichen Literatur wurde die Bioökonomie bisher jedoch eher mit einem schwachen Verständnis von Nachhaltigkeit in Verbindung gebracht, in dem Nachhaltigkeit und Klimaschutz angestrebt werden, wobei die kapitalistische Wirtschaftsweise und das Ziel unbegrenzten Wirtschaftswachstums nicht grundlegend infrage gestellt werden (Perbandt et al., 2021, S. 53)

Tabelle 1: Drei Visionen der Bioökonomie. Eigene Übersetzung, ergänzt. Im Original: bio-technology vision, bio-resource vision, bio-ecology vision (Bugge et al., 2016, S. 10)			
	Bio-Technologie-Vision	Bio-Rohstoff-Vision	Bio-Ökologie-Vision
Ziele	Wirtschaftliches Wachstum, Schaffen von Arbeitsplätzen	Wirtschaftliches Wachstum, Nachhaltigkeit	Nachhaltigkeit, Biodiversität, Schutz von Ökosystemen, Vermeidung von Bodendegradation
Wertschöpfung	Anwendung von Biotechnologie, Kommerzialisierung von Forschung und Technologie	Umwandlung und Aufwertung von biogenen Ressourcen (prozessorientiert)	Entwicklung von integrierten Produktionssystemen und qualitativ hochwertigen Produkten mit Territorialidentität
Innovationstreiber	F&E, Patente, Forschungsräte und Forschungsförderer, Science push	Interdisziplinarität, Optimierung von Landnutzung, Einbeziehung von degradiertem Land in die Biokraftstoffproduktion, Nutzung und Verfügbarkeit von biogenen Rohstoffen, Abfallwirtschaft, Maschinenbau, Wissenschaft und Wirtschaft	Identifizierung von passenden biologischen agro-ökologischen Praktiken, Ethik, Risiko, transdisziplinäre Nachhaltigkeit, ökologische Wechselwirkungen, Wiederverwertung und Recycling von Abfällen, Landnutzung
Wirtschaftsmodell, Produktionsmodus	Lineares Modell	Gekoppelte, vernetzte Prozesse	Kreislaufforientierung, autarkes, selbsttragendes System
Räumlicher Fokus	Globale Cluster, Zentren	Ländliche/periphere Gebiete	Ländliche/periphere Gebiete, dezentral

Drei Visionen der Bioökonomie

Die obigen Ausführungen verdeutlichen, dass der Begriff Bioökonomie bisher nicht eindeutig definiert ist und dass dem Konzept unterschiedliche Grundverständnisse zugrunde liegen können. Im Jahr 2016 wurde eine Studie veröffentlicht, in der auf der Basis einer umfassenden Analyse von wissenschaftlicher Literatur aus den unterschiedlichen Definitionen von Bioökonomie drei übergreifende Visionen abgeleitet wurden, denen die Definitionen zugeordnet werden können: Eine Bio-Technologie-Vision, eine Bio-Rohstoff-Vision und eine Bio-Ökologie-Vision (Bugge et al., 2016). Diese drei Visionen wurden in der Studie entlang der Kategorien Ziele, Wertschöpfung, Innovationstreiber, Wirtschaftsmodell & Produktions-

modus und Räumlicher Fokus differenziert (Tabelle 1).

In der Bio-Technologie-Vision wird betont, wie wichtig Forschung und Entwicklung, Anwendung und die Kommerzialisierung neuer Technologien und Verfahren im Bereich Biotechnologie sind. Dies betrifft ganz unterschiedliche Wirtschaftssektoren (siehe Bereiche der Biotechnologie in Abbildung 3). Die Bio-Rohstoff-Vision bezieht sich in erster Linie auf die Verarbeitung und Inwertsetzung von biologischen Rohstoffen und der Etablierung neuartiger Wertschöpfungsketten. Die Bio-Ökologie-Vision betont ökologische Prozesse und Nachhaltigkeit. Dabei stehen die Optimierung des Energie- und Nährstoffverbrauchs sowie der Schutz von Biodiversität und Boden im Zentrum (Bugge et al., 2016).

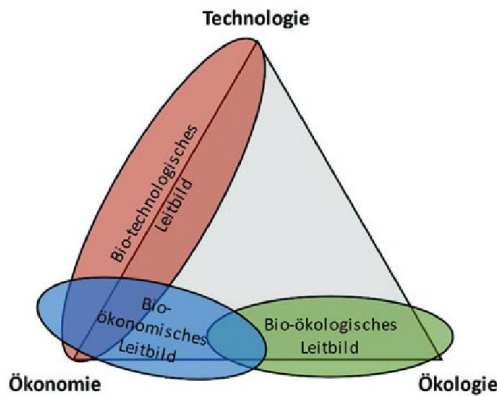


Abbildung 5: Leitbilder der Bioökonomie (Perbandt et al., 2021)

Die drei Visionen können entlang der Ausrichtung auf wirtschaftliches Wachstum oder ökologische Nachhaltigkeit unterschieden werden (Abbildung 5) (Bennich & Belyazid, 2017; Bickel & Geibler, 2021; D'Amato et al., 2017; Hausknost et al., 2017; Liobikiene et al., 2019; Pfau et al., 2014; Pülzl et al., 2014; Ramcilovic-Suominen & Pülzl, 2017; Scordato et al., 2017; Wolff, 2020).

Die Bio-Technologie-Vision strebt in erster Linie Wirtschaftswachstum durch Innovationen im Bereich Biotechnologie an. Nachhaltigkeit und planetare Grenzen spielen in dieser Vision keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle. Es geht in dieser Vision in erster Linie um die Entwicklung neuer Produkte und Herstellungsverfahren, die zu mehr Wertschöpfung und zu Wirtschaftswachstum führen.

Die Bio-Rohstoff-Vision ist hier zwischen Wirtschaftswachstum und ökologischer Nachhaltigkeit einzuordnen. In dieser Vision wird die wirtschaftliche Nutzung von Biomasse als Ressource betont. Dabei sollen durch effiziente gekoppelte und vernetzte Herstellungsprozesse und die Nutzung regenerativer Ressourcen die Ziele Wirtschaftswachstum und ökologische Nachhaltigkeit erreicht werden.

Die Bio-Ökologie-Vision ist stärker auf Umweltschutzziele und ökologische Nachhaltigkeit ausgerichtet. Diese Vision ist stärker an

ethischen Grundprinzipien und natürlichen Kreisläufen orientiert. Wirtschaftliches Wachstum spielt hier keine oder nur eine untergeordnete Rolle.

Die ursprüngliche Definition der Bioökonomie von Georgescu-Roegen lässt sich in dieser Typisierung der wachstumskritischen und auf ökologische Nachhaltigkeit ausgerichteten Bio-Ökologie-Vision zuordnen. Die Definitionen aus ersten deutschen und europäischen Publikationen zum Thema Bioökonomie, beziehungsweise die Vorläufer-Publikationen, sind stark auf Biotechnologie fixiert und lassen sich hingegen eher auf der anderen Seite des Spektrums verorten, bei der Bio-Technologie-Vision.

In der deutschen und europäischen Bioökonomie-Debatte verschob sich der Schwerpunkt von der Bio-Technologie-Vision zu Beginn über die Bio-Rohstoff-Vision in den vergangenen Jahren immer weiter in Richtung der Bio-Ökologie-Vision. Die aktuellen Bioökonomie-Strategiepapiere betonen sehr stark die Themen Nachhaltigkeit, Klimaschutz, planetare Grenzen und Kreislaufwirtschaft. Die Inhalte aus der Agenda 2030 und dem Paris Agreement wurden in die aktuelleren Bioökonomie-Strategiepapiere aufgenommen. Damit hat sich das Verständnis von Bioökonomie in politischen Strategiepapieren der ursprünglichen Definition von Georgescu-Roegen wieder angenähert.

In einer etwas älteren Literaturstudie wurden entlang der Dimension Nachhaltigkeit vier Visionen der Bioökonomie unterschieden:

Four different visions were identified, including: (1) the assumption that sustainability is an inherent characteristic of the bioeconomy; (2) the expectation of benefits under certain conditions; (3) tentative criticism under consideration of potential pitfalls; and (4) the assumption of a negative impact of the bioeconomy on sustainability (Pfau et al., 2014, S. 1)

Das Verhältnis von Bioökonomie und Nachhaltigkeit wurde in diversen weiteren

wissenschaftlichen Publikationen analysiert und diskutiert. Es bleibt festzuhalten, dass sich die unterschiedlichen Definitionen von Bioökonomie verschiedenen Visionen zuordnen lassen, die unter anderem anhand der Orientierung an wirtschaftlichem Wachstum oder an (ökologischer) Nachhaltigkeit unterschieden werden können. Nachhaltigkeit wird in neueren politischen Strategiepapieren stärker betont, während zu Beginn der Bioökonomie-Debatte im 21. Jahrhundert der Fokus vor allem auf Innovationen im Bereich Biotechnologie lag. Ob die Bioökonomie zu nachhaltiger Entwicklung beiträgt, ist nicht selbstverständlich und hängt von ihrer genauen Ausgestaltung ab. Derzeit sind verschiedene Szenarien einer Bioökonomie denkbar (Will & Zander, 2020).

Nachhaltige Wirtschaft durch Bioökonomie?

Liebe Leserinnen und Leser, das Streben nach einer nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise ist zu einem wichtigen Antrieb für Veränderungen in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik geworden. Allen ist klar, dass die nächsten Jahre entscheidend sein werden, um die Weichen für eine nachhaltige und wirtschaftlich erfolgreiche Entwicklung zu stellen. Die Bundesregierung hat deshalb zahlreiche Initiativen auf den Weg gebracht, um künftigen Herausforderungen innovativ begegnen zu können. Die Nationale Bioökonomiestrategie fügt sich in diese Aktivitäten ein. Eine biobasierte Wirtschaft soll einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung der Agenda 2030 zu erreichen (BMBF & BMEL, 2020a, S. 3)

Die deutsche Bundesregierung definiert die nationale Bioökonomiestrategie als eine von mehreren Initiativen, die zum Erreichen der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Agenda 2030 beitragen sollen. In dem Strategiepapier werden Nachhaltigkeit und Klimaschutz als zentrale Ziele genannt und es wird die

Notwendigkeit des Wirtschaftens innerhalb ökologischer Grenzen betont:

Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind die zentralen Themen des 21. Jahrhunderts. Die Menschheit ist an einem Punkt angekommen, an dem eine weitere Übernutzung von Ressourcen die Biosphäre erheblich zu schädigen droht. Um die Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Pflanzen zu erhalten, muss der Ressourcenverbrauch auf ein ökologisch verträgliches Maß reduziert werden. Gleichzeitig gilt es, einer wachsenden Weltbevölkerung wirtschaftlichen Wohlstand und das Recht auf Entwicklung zu ermöglichen (BMBF & BMEL, 2020a, S. 4)

Die Bioökonomie ist ein Versuch, Zielkonflikte zwischen Ökonomie und Ökologie zu überwinden und ein Wirtschaftskonzept zu entwerfen, das ein Wirtschaften innerhalb der planetaren Belastungsgrenzen ermöglicht (BMEL, 2014b; Kögel-Knabner et al., 2019; Liobikiene et al., 2019; Perbandt et al., 2021). Das Konzept bezieht sich bisher in erster Linie auf die ökonomische und die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit. Die Versorgungssicherheit mit Nahrungsmitteln, materiellen Ressourcen und Energie soll sichergestellt und gleichzeitig soll die Umwelt, insbesondere das Klima und die Biodiversität, geschützt werden.

Die Bioökonomie basiert im Verständnis der deutschen Bundesregierung im Wesentlichen auf der materiellen und energetischen Nutzung biogener Rohstoffe als Alternative zu fossilen Rohstoffen und zeichnet sich durch die effiziente Nutzung von Biomasse in möglichst geschlossenen Wirtschaftskreisläufen (Kreislaufwirtschaft), durch den Einsatz wissenschaftlicher Verfahren und durch die Einführung innovativer biobasierter Produkte aus. Das Aufkommen der Bioökonomie als politische Strategie zu Beginn des 21. Jahrhunderts ist in übergeordnete gesellschaftliche Entwicklungen und Debatten eingebettet. Die einzelnen Elemente, die das Konzept der

Bioökonomie umfasst, gab es allerdings schon bevor dieser Begriff sich in der politischen und wissenschaftlichen Debatte verbreitete. Sowohl die wirtschaftliche Nutzung von Biomasse als auch biotechnologische Verfahren zur Herstellung von Waren gab es bereits lange vor dem Konzept der Bioökonomie. Auch die Diskussionen um politische Ziele, die in Bioökonomiestrategien weltweit definiert werden, wie Umweltschutz, Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft, kamen nicht erst mit der Bioökonomie-Debatte auf.

In diesem Sinne ist die Bioökonomie als ein Konzept zu verstehen, das diverse wirtschaftliche Bereiche in einem neuen übergreifenden Verständnis als Bausteine eines neuartigen, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Wirtschaftssystems zusammendenkt. Manche Teilbereiche dieses neuen Wirtschaftssystems, wie die molekulare Biotechnologie, sind vergleichsweise neu. Andere Teilbereiche haben eine lange Geschichte, wie der Anbau von Nahrungsmitteln in der Landwirtschaft oder die stoffliche und energetische Nutzung von Holz.

Bei der Umsetzung von konkreten Maßnahmen, mit denen die übergreifenden politischen Ziele der Bioökonomiepolitik erreicht werden sollen, kommt es jedoch zu zahlreichen Zielkonflikten (Perbandt et al., 2021). Diese Zielkonflikte, ihre Rolle in politischen Entscheidungsprozessen und ihr Einfluss auf die Ausgestaltung konkreter politischer Maßnahmen stehen im Zentrum politikfeldanalytischer Analysen der Bioökonomiepolitik.

5. Bioökonomiepolitik – Ein neues Politikfeld?

Das Thema Bioökonomie wird zunehmend in der wissenschaftlichen Debatte diskutiert und die Bioökonomiepolitik wird dabei häufig als neu entstehendes Politikfeld bezeichnet (Böcher et al., 2020; Lovrić et al., 2020; Töller et al., 2021). Was genau ein Politikfeld ausmacht, wie es definiert und abgegrenzt werden kann und wann man von einem Politikfeld

sprechen kann, wurde bisher nur in wenigen Arbeiten theoretisch diskutiert (Hösl, 2015; Hösl & Kniep, 2019; Loer et al., 2015). Ob, inwiefern und ab wann Bioökonomiepolitik als eigenes, etabliertes Politikfeld angesehen werden kann, wurde in der Literatur an anderer Stelle diskutiert (Töller et al., 2021).

In diesem Beitrag wird der Begriff „Politikfeld“ in einem sehr breiten Verständnis genutzt, um die Gesamtheit politischer Maßnahmen, Prozesse und Strukturen zu bezeichnen, die sich auf den Gegenstandsbereich der Bioökonomie und die zugehörigen Teilbereiche beziehen. In den folgenden Abschnitten wird die Bioökonomiepolitik als Untersuchungsgegenstand näher beschrieben und es wird der Stand der politikwissenschaftlichen Forschung zusammengefasst.

Bioökonomiepolitik als Untersuchungsgegenstand der Politikfeldanalyse

Konkrete Politikinhalt in unterschiedlichen Politikfeldern sind der zentrale Untersuchungsgegenstand der Politikfeldanalyse (Blum & Schubert, 2018; Reiter & Töller, 2014; Schubert & Bandelow, 2014). Die Bioökonomiepolitik umfasst im weitesten Sinne alle politischen Maßnahmen, Prozesse und Strukturen, die sich auf die Regulierung der Bioökonomie und ihrer Teilbereiche beziehen. Neben den oben diskutierten politischen Strategiepapieren, die sich explizit auf das Konzept der Bioökonomie beziehen, können zur Bioökonomiepolitik auch sämtliche politische Maßnahmen, Konzepte und Strukturen gezählt werden, die die oben beschriebenen einzelnen Elemente der Bioökonomie regulieren (Perbandt et al., 2021; Töller et al., 2021).

Grundsätzlich kann die Bioökonomiepolitik unterschieden werden in explizite und implizite oder auch direkte und indirekte Bioökonomiepolitik (Pannicke et al., 2015; Perbandt et al., 2021, S. 79-80; Rupp et al., 2020, S. 17–21):

Explizit ist jede Form der Politik, die sich ausdrücklich mit der Bioökonomie als gesamtwirtschaftlichen Wandel zu

einer erneuerbaren Rohstoffbasis befasst. Implizit sind all jene Politikbereiche, die primär andere Sachgebiete steuern und dabei (mitunter unbeabsichtigte) Konsequenzen für die Bioökonomie haben (Rupp et al., 2020, S. 17)

Die Diskussion um Bioökonomiepolitik wird in der Literatur auch unter den Schlagworten Bioökonomierecht (Pietzsch, 2020) und Governance der Bioökonomie (Gawel et al., 2017; Thrän & Moesenfechtel, 2020) geführt. Das Bioökonomierecht wird dabei wie folgt definiert:

Dazu gehören im engeren Sinne „alle Rechtsnormen, die geeignet sind, die Angebots- und Nachfragebedingungen für eine biobasierte Wirtschaft zu beeinflussen“. Hinzu kommen im weiteren Sinne „alle Rechtsnormen, die sich auf die Bioökonomie auswirken, ohne dabei zugleich spezifische Anforderungen an biobasiertes Wirtschaften zu stellen“ (Pietzsch, 2020, S. 19)

Bioökonomie-Strategiepapiere, die sich explizit auf die Bioökonomie beziehen und damit zur expliziten oder direkten Bioökonomiepolitik zählen, enthalten zwar Zieldefinitionen, sind aber bisher in Deutschland und in der EU weitestgehend unverbindlich:

Es kann also unterschieden werden zwischen unverbindlichen Bioökonomie-Strategiepapieren einerseits und Bioökonomie-Politiken im Sinne kollektiv verbindlicher Maßnahmen (Policies) andererseits, wobei festzustellen ist, dass solche verbindlichen Policies (Richtlinien, Gesetze, Verordnungen, etc.) mit konkretem Bezug zur Bioökonomie in Deutschland und in der EU bisher kaum verabschiedet wurden (Perbandt et al., 2021, S. 79)

Verbindliche Policies der Bioökonomiepolitik lassen sich bisher nur im Sinne einer impliziten oder indirekten Bioökonomiepolitik in bereits etablierten Politikfeldern finden. Entlang der

Bereitstellungskette von Biomasse lässt sich verfolgen, welche Politikfelder und Politikbereiche der Bioökonomie zugeordnet werden können. Verbindliche Policies, die die einzelnen Teilbereiche der Bioökonomie regulieren (z.B. RED, EEG, EEWärmeG, KrWG), gab es weitestgehend bereits bevor sich die Idee der Bioökonomie als Konzept eines nachhaltigen, bio-basierten Wirtschaftssystems ausbreitete. In diesen Policies wird in der Regel bisher kein expliziter Bezug zum Begriff „Bioökonomie“ hergestellt (Perbandt et al., 2021; Thrän & Moesenfechtel, 2020; Töller et al., 2021).

Der Begriff „Bioökonomiepolitik“ kann folglich, je nach Verständnis, ganz unterschiedliche Politikfelder umfassen:

Darunter fallen sowohl Policies in traditionellen Politikfeldern wie der Agrar- und Forstpolitik, als auch in modernen etablierten Politikfeldern wie Kreislaufwirtschafts- und Bioenergiepolitik sowie in sehr neuen Regelungsbereichen wie Digitalisierung, Biotechnologie und Innovationspolitik (Perbandt et al., 2021, S. 79)

Die Bioökonomiepolitik fasst Ideen und Konzepte zusammen, die es bereits vorher gab, wie Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft. Ein etabliertes und institutionalisiertes Politikfeld „Bioökonomiepolitik“ lässt sich in der politischen Praxis bisher nicht beobachten – bisher finden Diskussionen zu Bioökonomie weitestgehend auf konzeptioneller, theoretischer Ebene in Wissenschaft und Politik statt. Es wurden zwar sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene bereits diverse Strategiepapiere zur Bioökonomie veröffentlicht, diese wurden bisher jedoch nicht in konkrete politische Maßnahmen übersetzt, die verbindlich sind und sich explizit auf das Konzept Bioökonomie beziehen. Auch politische Institutionen, die sich explizit auf die Bioökonomie beziehen, gibt es bisher (zumindest auf europäischer und Bundesebene) kaum:

In einem engeren Verständnis ist die Bioökonomiepolitik bisher auf unverbindliche Strategiepapiere beschränkt. In einem weiteren Verständnis (implizite/indirekte Bioökonomiepolitik) umfasst sie eine Vielzahl an Regelungsfeldern, in denen es auf allen politischen Ebenen in einem unterschiedlichen Maße etablierte, verbindliche Maßnahmen gibt. Dabei ergeben sich Überschneidungen zwischen den politischen Regelungen im Bereich Land- und Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft, Energiewirtschaft sowie Umwelt-, Natur- und Klimaschutz, aus denen [...] Zielkonflikte jedoch teilweise erst hervorgehen (Perbandt et al., 2021, S. 80)

Aus den im Zitat beschriebenen intersektoralen Verflechtungen resultieren einerseits Zielkonflikte, andererseits bieten sich Möglichkeiten, Synergieeffekte zu nutzen (D'Amato et al., 2017; Grefe, 2016; Lahl, 2014; Pannicke et al., 2015; Perbandt et al., 2021; Rupp & Heinbach, 2018).

Es gibt bisher kein Bioökonomiegesetz, keine Bioökonomie-Richtlinie und keine Bioökonomie-Verordnung, kein Bioökonomie-Ministerium und kein Bioökonomie-Amt in Deutschland. Ob sich in den kommenden Jahren für die Bioökonomie eigene politische Institutionen etablieren, bleibt abzuwarten. Aufgrund der Querschnittscharakteristik lässt sich hier eine ähnliche Entwicklung wie beim Thema Nachhaltigkeit erwarten: So wären beispielsweise Stabstellen denkbar, die Querschnittsaufgaben übernehmen und das Thema in politische Prozesse in die Politikbereiche tragen, die im Schnittfeld mit der Bioökonomie liegen.

Stand der politikwissenschaftlichen Bioökonomieforschung

Die Bioökonomiepolitik muss im Spannungsfeld von grundlegenden ethischen Normen, die in den Grundrechten oder den nachhaltigen Entwicklungszielen festgeschrieben sind, politischen und wirtschaftlichen Institutionen im Sinne bereits bestehender Regelungssysteme, wie dem internationalen Handelsrecht oder

dem Fachrecht in einzelnen Wirtschaftsbereichen, sowie naturwissenschaftlich-technischer Grenzen, die sich beispielsweise im Konzept der planetary boundaries wiederfinden, verhandelt werden. Wie dabei auftretende Zielkonflikte in konkreten politischen Prozessen gelöst werden, ist eine Frage, die die Politikfeldanalyse beantworten kann (Blum & Schubert, 2018; Dusseldorp, 2017; Perbandt et al., 2021; Reiter & Töller, 2014; Schubert & Bandelow, 2014).

Die Forschung im Bereich Bioökonomie war zu Beginn und ist bis heute allerdings stark durch eine naturwissenschaftlich-technische Perspektive und einen Fokus auf das Thema Biotechnologie geprägt (BMBF, 2010; Böcher et al., 2020; Bugge et al., 2016). Sozial- und politikwissenschaftliche Forschungen zum Thema Bioökonomie wurden in Deutschland ab Mitte der 2010er Jahre verstärkt im Rahmen des Konzepts „Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“ von der Bundesregierung gefördert (BMBF, 2014). Dieses Konzept wurde vom BMBF erstmals 2014 in einer ersten Version und im Februar 2021 in aktualisierter Form erneut veröffentlicht (BMBF, 2021a). Seit einigen Jahren werden nun also zunehmend gesellschaftliche Fragen im Zusammenhang mit dem Thema Bioökonomie wissenschaftlich untersucht, in denen auch politikwissenschaftliche Fragestellungen bearbeitet werden.

Bisherige politikwissenschaftliche Studien befassen sich häufig mit einzelnen Regelungsbereichen der Bioökonomie und nehmen eine Governance-orientierte Forschungsperspektive ein. Dabei konzentrieren sie sich auf Fragen der Steuerung und der Umsetzung der Ziele, die in Bioökonomie-Strategiepapieren definiert werden, oder auf die Frage nach geeigneten politischen Instrumenten, wobei der Zweck hinter diesen Zielen und die Ziele selbst nicht unbedingt hinterfragt werden (Di Lucia, 2013; Gawel et al., 2017; Lahl, 2014; Lewandowski, 2018). Dabei besteht die Gefahr, dass sich in der Debatte ein Problemlösungsbias herausbildet (Töller, 2012), wobei Fragen

nach Machtstrukturen und Akteursinteressen ausgeblendet werden (Grande, 2012; Mayntz, 2001; Simonis, 2016, S. 138-175; Terhalle, 2015).

Es stellt sich aus politikwissenschaftlicher Perspektive also die Frage, wie genau politische Entscheidungsprozesse der Bioökonomie geprägt sind, welche Faktoren politische Entscheidungen beeinflussen und welche Akteursinteressen und Machtstrukturen sich dahinter verbergen. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, die beteiligten Akteure in den Blick zu nehmen und zu analysieren, welche Akteure welche Interessen vertreten, welche Strategien sie verfolgen, um ihre Interessen im politischen Prozess durchzusetzen und welche Machtstrukturen darauf einen Einfluss haben (Beer et al., 2018, S. 6–7; Böcher et al., 2020).

Die aktuelle politikwissenschaftliche Forschung zur Bioökonomiepolitik lässt sich anhand der Schwerpunkte in der Literatur in vier Strömungen unterteilen:

(1) The first strand of studies deals with governance questions (technical or management questions on how to establish the bioeconomy and its economic or ecological potentials successfully). It aims to identify "the right" governance structures to support bioeconomy.

(2) The second - slightly growing - strand addresses relevant power structures and actors' interests in the bioeconomy, but is so far limited to first review studies, rare single case or country studies or preliminary investigations about how to deal scientifically with the topic. This strand is very promising but needs to be augmented by further research.

(3) The third strand views the bioeconomy from a critical, often discursive, or neomarxist perspective. This strand of literature is inherently much more critical of the bioeconomy than the governance perspective, but so far lacks greater case studies and seems to be

predicated on questioning the whole economic system and seeing bioeconomy as only a new economic strategy without any potential for realizing sustainable development.

(4) The fourth and apparently fastest-growing strand of literature deals with the emerging overarching political bioeconomy strategies in different world regions or in single countries all over the world. This strand of literature is more oriented toward the meso- or meta-level of bioeconomy politics and offers some great potential for future large-N quantitative comparative case studies about different variations of bioeconomy politics and policies between single states or different world regions. Nevertheless, it still needs to be complemented by in-depth case studies on different policies within bioeconomy politics to better understand actors' conflicts, power relations, and diverging interests in the bioeconomy (Böcher et al., 2020, S. 4)

Diese Auflistung macht deutlich, dass weiterer Bedarf an politikwissenschaftlicher Forschung im Bereich Bioökonomiepolitik besteht.

Zusammenfassung

Für den Begriff Bioökonomie gibt es bisher keine einheitliche allgemeingültige Definition. Welches Verständnis des Begriffs sich letztlich durchsetzen wird und ob es in naher Zukunft eine einheitliche Definition geben wird, bleibt abzuwarten. Einerseits ist es möglich, dass der Begriff durch die zunehmende Auseinandersetzung mit dem Thema nach und nach geschärft wird. Andererseits lässt sich beobachten, dass sich in unterschiedlichen Teilen der Welt sowie in unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen unterschiedliche Verständnisse des Begriffs etablieren. Dennoch können bei der Betrachtung einiger Definitionen zentrale Elemente identifiziert werden, die den Kern der Bioökonomie bilden (Abbildung 6).



Abbildung 6: Kernelemente der Bioökonomie (eigene Darstellung)

Das wohl grundlegendste Element der Bioökonomie ist die Nutzung von Biomasse als Ressource als Alternative zur Nutzung fossiler Ressourcen. Dies umfasst biobasierte Rohstoffe in Form von pflanzlicher, tierischer oder mikrobieller Biomasse, die sowohl aus Land-, Forst-, Fischereiwirtschaft und Aquakultur (Anbaubiomasse) stammen, als auch biogene Rest- und Abfallstoffe.

Das zweite Kernelement bezieht sich nicht auf Biomasse als Ressource, sondern auf die Verfahren zur Verarbeitung von Rohstoffen: Biotechnologie, Mikrobiologie, Wissen und Innovation prägen die Herstellungsprozesse in der Bioökonomie. Die Nutzungspfade der Bioökonomie lassen sich in stoffliche und energetische Biomassenutzung unterteilen. Mit Blick auf die biobasierten Produkte bioökonomischer Herstellungsprozesse kann eine weitere

Unterteilung in die Bereiche Nahrungsmittel, Futtermittel und Werkstoffe für den stofflichen Nutzungspfad und in Bioenergie in Form von Strom, Wärme und Mobilität für den energetischen Nutzungspfad erfolgen (4F: Food, Feed, Fibre, Fuel). Dementsprechend werden ganz unterschiedliche Industriezweige als Teil der Bioökonomie verstanden, die es allerdings in der Regel schon vor der Idee der Bioökonomie gab (Töller et al., 2021).

Zentral ist in der Bioökonomie die effiziente Nutzung biogener Ressourcen. Wichtige Schlagworte sind in diesem Zusammenhang Koppel- und Kaskadennutzung, Bioraffinerien und Kreislaufwirtschaft. Das Verhältnis von Bioökonomie und Nachhaltigkeit ist in verschiedenen Bioökonomie-Definitionen unterschiedlich und wird derzeit in der wissenschaftlichen und politischen Debatte diskutiert. Im

Hinblick auf die Ausrichtung und die zugrundeliegenden Überlegungen lassen sich unterschiedliche Visionen der Bioökonomie unterscheiden, wie die Bio-Technologie-Vision, die Bio-Rohstoff-Vision und die Bio-Ökologie-Vision. Ob sich mit der Zeit eine einheitliche Definition von Bioökonomie durchsetzen wird und ob und inwiefern die Transformation in Richtung Bioökonomie einen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung leisten wird, bleibt abzuwarten.

Literaturverzeichnis

- Backhouse, M., Lorenzen, K., Lühmann, M., Puder, J., Rodríguez, F. & Tittor, A. (2017). *Bioökonomie-Strategien im Vergleich: Gemeinsamkeiten, Widersprüche und Leerstellen*. Working Paper Nr. 1.
- Beer, K. (2022). Problem Structures of Bioenergy Policy in the Power and Heat Sector in Germany. In D. Lanzerath, U. Schurr, C. Pinsdorf & M. Stake (Hrsg.), *Bioeconomy and Sustainability: Perspectives from Natural and Social Sciences, Economics and Ethics*. Springer [im Druck].
- Beer, K., Böcher, M., Bollmann, A., Töller, A. E. & Vogelpohl, T. (2018). *Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie. Bio-Ökopoli-Arbeitsbericht 1: Fallauswahl und Übersichtsanalysen*. Hagen. https://www.fernuni-hagen.de/bio-oekopoli/download/arbeitspapier_1.pdf
- Bennich, T. & Belyazid, S. (2017). The Route to Sustainability—Prospects and Challenges of the Bio-Based Economy. *Sustainability*, 9(6), 887. <https://doi.org/10.3390/su9060887>
- Besi, M. de & McCormick, K. (2015). Towards a Bioeconomy in Europe: National, Regional and Industrial Strategies. *Sustainability*, 7(8), 10461–10478. <https://doi.org/10.3390/su70810461>
- Bickel, M., & Geibler, J. v. (2021). *Bioökonomie für die Region Stuttgart: Kurzstudie für die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH*. Wuppertal Institut. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/start/1/rows/10/sortfield/year_sort/sortorder/desc/searchtype/simple/query/+Bio%C3%B6konomie+f%C3%BCr+die+Region+/docId/7878
- Bioökonomie.de. (2021). *Bioökonomie-Debatte im Bundestag*. <https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/biooekonomie-debatte-im-bundestag>
- Birch, K. (2019). *Neoliberal bio-economies? The co-construction of markets and natures*. Palgrave Macmillan.
- Birch, K., Levidow, L. & Papaioannou, T. (2010). Sustainable Capital? The Neoliberalization of Nature and Knowledge in the European “Knowledge-based Bio-economy”. *Sustainability*, 2(9), 2898–2918. <https://doi.org/10.3390/su2092898>
- Blum, S. & Schubert, K. (2018). *Politikfeldanalyse: Eine Einführung* (3. Aufl.). *Elemente der Politik*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17758-4>
- BMBF & BMEL. (2014). *Bioökonomie in Deutschland: Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft*. Bonn, Berlin.
- BMBF & BMEL. (2020a). *Nationale Bioökonomiestrategie*.
- BMBF & BMEL. (2020b). Neuer Bioökonomierat tritt zur konstituierenden Sitzung zusammen: BMBF und BMEL haben Ratsmitglieder berufen. (Gemeinsame Pressemitteilung vom 07.12.2020).
- BMBF. (2001). *BMBF. (2001). Rahmenprogramm Biotechnologie: Chancen nutzen und gestalten*.
- BMBF. (2010). *Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030: Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft*. Referat Bioökonomie im Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF. (2014). *Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel: Konzept zur Förderung sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung für die Bioökonomie*. Berlin.
- BMBF. (2017). *Innovation durch Biotechnologie: Zehn Jahre KMU-innovativ: Biotechnologie - BioChance*.

- BMBF. (2021a). *Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel: Konzept zur Förderung sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung für die Bioökonomie*. Berlin.
- BMBF. (2021b). *Bioökonomie in den Bundesländern: Bioökonomie.de*. <https://biooekonomie.de/themen/biooekonomie-in-den-bundeslaendern>
- BMBF. (2021c). *Forschungsatlas: Bioökonomie.de*. <https://biooekonomie.de/forschung/forschungsatlas>
- BMBF. (2021d). *Homepage Wissenschaftsjahr*. <https://www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/>
- BMBF-Internetredaktion. (2020). *Neuer Bioökonomierat tritt zur konstituierenden Sitzung zusammen - BMBF*.
- BMEL. (2014). *Nationale Politikstrategie Bioökonomie: Nachhaltige Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie*. Berlin.
- BMEL. (2016). *Fortschrittsbericht zur Nationalen Politikstrategie Bioökonomie*. Berlin.
- BMELV (2008): Bekanntmachung über die Förderung der angewandten Forschung auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ der Bundesregierung zum Schwerpunkt „Innovative Mehrfachnutzung von nachwachsenden Rohstoffen, Bioraffinerien“ vom 24. April 2008.
- BMU (2017). Abschlussbericht: Biomassekaskaden - Mehr Ressourceneffizienz durch stoffliche Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3713_44_100_biomassekaskaden_bf.pdf
- Böcher, M., Töller, A. E., Perbandt, D., Beer, K. & Vogelpohl, T. (2020). Research trends: Bioeconomy politics and governance. *Forest Policy and Economics*, 118, 102219. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102219>
- BÖR (2009). Kompetenzen bündeln, Rahmenbedingungen verbessern, internationale Partnerschaften eingehen: Erste Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie in Deutschland.
- BÖR. (2015). *Bioeconomy Policy (Part II): Synopsis of National Strategies around the World: A report from the German Bioeconomy Council*. Berlin. Bioökonomierat.
- BÖR. (2017). *Biologisierung und Digitalisierung der Wirtschaft ergänzen sich – die neue Hightech-Strategie: Bioökonomierat begrüßt die Empfehlungen des Hightech-Forums* [Pressemitteilung].
- BÖR. (2018). *Bioeconomy Policy (Part III): Update Report of National Strategies around the World*. Berlin.
- BÖR. (2019). *Bioeconomy Policy (Part I): Synopsis and Analysis of Strategies in the G7: A report from the German Bioeconomy Council*. Bioeconomy Policy Part I. Berlin.
- Bourguignon, D. (2016). *Circular economy package: Four legislative proposals on waste* (Briefing EU Legislation in Progress PE 573.936). <http://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS-Briefing-573936-Circular-economy-package-FINAL.pdf>
- Bugge, M., Hansen, T. & Klitkou, A. (2016). What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. *Sustainability*, 8(7), 691. <https://doi.org/10.3390/su8070691>
- Bundesregierung. (2014). *Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe*. https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/pdf/roadmap-bioraffinerien.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Bundestag (2021). Antrag: Nationale Bioökonomiestrategie der Bundesregierung SMART gestalten. <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/147/1914742.pdf> (Drucksache 19/14742).
- Castree, N. (2010). Neoliberalism and the Biophysical Environment: A Synthesis and Evaluation of the Research. *Environment and Society*, 1(1), 5–45. <https://doi.org/10.3167/ares.2010.010102>
- D’Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., Leskinen, P., Matthies, B. D. & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A

- comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
- Di Lucia, L. (2013). Too difficult to govern? An assessment of the governability of transport biofuels in the EU. *Energy Policy*, 63, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.080>
- Dietz, T., Börner, J., Förster, J. & Braun, J. von (2018). Governance of the Bioeconomy: A Global Comparative Study of National Bioeconomy Strategies. *Sustainability*, 10(9), 3190. <https://doi.org/10.3390/su10093190>
- Dusseldorp, M. (2017). *Zielkonflikte der Nachhaltigkeit* [Dissertation, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH]. GBV Gemeinsamer Bibliotheksverbund.
- Ebara, M., Kotsuchibashi, Y., Narain, R., Idota, N., Kim, Y.-J., Hoffman, J. M., Uto, K. & Aoyagi, T. (2014). *Smart Biomaterials. NIMS Monographs*. Springer Japan. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=785515> <https://doi.org/10.1007/978-4-431-54400-5>
- EC. (2012). *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions*. http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf
- EC. (2018a). *Bioeconomy: the European way to use our natural resources : action plan 2018*. Publications Office. <https://doi.org/10.2777/118975>
- EC. (2018b). *A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment : updated bioeconomy strategy*. Luxembourg.
- European Commission. (2017). *Review of the 2012 European Bioeconomy Strategy*. Brussels. Directorate-General for Research and Innovation, Directorate F — Bioeconomy. https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/review_of_2012_eu_bes.pdf#view=fit&page-mode=none <https://doi.org/10.2777/086770>
- European Union. (2007). *En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy*. Cologne Paper. Köln. https://dechema.de/dechema-media/Cologne_Paper-p-20000945.pdf
- Fraunhofer-Gesellschaft. (2018). *Biologische Transformation und Bioökonomie*. München. <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschung/artikel/2018/Biologische-Transformation/Whitepaper-Biologische-Transformation-und-Bio-Oekonomie.pdf>
- Gawel, E., Purkus, A., Pannicke, N., Hagemann, N., Walde, A. & Ludwig, G. (2017). *Governance einer nachhaltigen Bioökonomie – am Beispiel des Holzsektors in Deutschland*. Factsheet der UFZ-Arbeitsgruppe „Governance der Bioökonomie“. Leipzig.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1977). Inequality, limits and growth from a bioeconomic viewpoint. *Review of social economy : publication of the Association for Social Economics*, 25(3), 361–375.
- Georgescu-Roegen, N. (1978). Für eine menschliche Ökonomie: Entwurf eines Manifests, unterschrieben von über 200 Ökonomen. *Technologie und Politik.*, 12, 87–90.
- Georgescu-Roegen, N. (1987a). Entropiegesetz und ökonomischer Prozeß im Rückblick. In IÖW (Hrsg.), *The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect: Schriftenreihe des IÖW 5/87* (S. 4–31).
- Georgescu-Roegen, N. (1987b). *The entropy law and the economic process in retrospect. Schriftenreihe des IÖW: Bd. 5. IÖW*.
- Gowdy, J. M. & Mesner, S. (1998). The evolution of Georgescu-Roegen’s bioeconomics. *Review of social economy : publication of the Association for Social Economics*.
- Grande, E. (2012). Governance-Forschung in der Governance-Falle? Eine kritische Bestandsaufnahme. *Politische Vierteljahresschrift*, 53(4), 565–592. https://www.jstor.org/stable/24201455?read-now=1&seq=1#page_scan_tab_contents

- Grefe, C. (2016). *Global Gardening: Bioökonomie - neuer Raubbau oder Wirtschaftsform der Zukunft? Schriftenreihe / Bundeszentrale für politische Bildung: Band 1737*. Bundeszentrale für politische Bildung.
- Grunwald, A. (2020). Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomie. In W. Konrad, D. Scheer & A. Weidmann (Hrsg.), *Technikzukunft, Wissenschaft und Gesellschaft. Bioökonomie nachhaltig gestalten: Perspektiven für ein zukunftsfähiges Wirtschaften* (1. Aufl., S. 19–42).
- Happe, K. & Thoro, C. (2010). Das Forschungs- und Technologiefeld Bioökonomie: Perspektiven des BioÖkonomieRats. In *Agrar- und Ernährungsmärkte nach dem Boom: 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V. vom 30. September bis 02. Oktober 2009* (S. 15–21). Landwirtschaftsverl.
- Hausknost, D., Schriegl, E., Lauk, C. & Kalt, G. (2017). A Transition to Which Bioeconomy? An Exploration of Diverging Techno-Political Choices. *Sustainability*, 9(4), 669. <https://doi.org/10.3390/su9040669>
- Hetemäki, L., Hanewinkel, M., Muys, B. & Aho, E. (2017). *Leading the way to a european circular bioeconomy strategy. From Science to Policy: Bd. 5*. European Forest Institute.
- Homepage Bioökonomierat (o.D.). www.biooekonomierat.de, abgefragt am 25.01.2021.
- Hösl, M. & Kniep, R. (2019). Auf den Spuren eines Politikfeldes: Die Institutionalisierung von Internetpolitik in der Ministerialverwaltung. *Berliner Journal für Soziologie*, 29(3-4), 207–235. <https://doi.org/10.1007/s11609-020-00397-4>
- Hösl, M. (2015). Wie entstehen Politikfelder? Durch Grenzverhandlungen, wie das Beispiel Netzpolitik zeigt. *WZB-Mitteilungen* (150), 38–41. <https://bibliothek.wzb.eu/artikel/2015/f-19463.pdf>
- Hübner, R. & Schmon, B. (Hrsg.). (2019). *Kritische Verbraucherforschung. Das transformative Potenzial von Konsum zwischen Nachhaltigkeit und Digitalisierung: Chancen und Risiken* (1. Aufl.). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26040-8>
- Hüsing, B., Kulicke, M., Wydra, S., Stahlecker, T., Aichinger, H. & Meyer, N. (2017). *Evaluation der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“: Wirksamkeit der Initiativen des BMBF - Erfolg der geförderten Vorhaben - Empfehlungen zur strategischen Weiterentwicklung: Abschlussbericht*. Fraunhofer ISI.
- IZ3W (2018). Bioökonomie - kapital am gedeihen. *Zeitschrift Informationszentrum 3. Welt* (368). https://www.iz3w.org/zeitschrift/ausgaben/368_biooekonomie
- Kaltschmitt, M. (1995). Energetische Nutzung organischer Abfälle. In W. Fratzscher & K. Stephan (Hrsg.), *Abfallenergienutzung: technische, wirtschaftliche und soziale Aspekte. Forschungsberichte / Interdisziplinäre Arbeitsgruppen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften*. Akad.-Verl.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. & Hofbauer, H. (Hrsg.). (2016a). *Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren* (3. Aufl.). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47438-9>
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. & Hofbauer, H. (Hrsg.). (2016b). *SpringerLink: Bücher. Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren* (3. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg.
- Kardung, M., Cingiz, K., Costenoble, O., Delahaye, R., Heijman, W., Lovrić, M., van Leeuwen, M., M'Barek, R., van Meijl, H., Piotrowski, S., Ronzon, T., Sauer, J., Verhoog, D., Verkerk, P. J., Vracholi, M., Wesseler, J. H. H. & Zhu, B. X. (2021). Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. *Sustainability*, 13(1), 413. <https://doi.org/10.3390/su13010413>
- Kircher, M. (2020). Bioökonomie der Mikroorganismen. In D. Thrän & U. Moesenfechtel (Hrsg.), *Das System Bioökonomie* (S. 87–106). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_6

- Kleinschmit, D, Arts, B, Giurca, A., Mustalahti, I., Sergent, A. & Pülzl, H (2017). Environmental concerns in political bioeconomy discourses. *International Forestry Review*, 19(1), 41–55. <https://doi.org/10.1505/146554817822407420>
- Kleinschmit, D, Lindstad, B. H., Thorsen, B. J., Toppinen, A, Roos, A. & Baardsen, S. (2014). Shades of green: A social scientific view on bioeconomy in the forest sector. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(4), 402–410. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.921722>
- Kögel-Knabner, I., Renner, S. S. & Deigle, C. (2019). Ökologie und Bioökonomie: Neue Konzepte zur umweltverträglichen Nutzung natürlicher Ressourcen: Rundgespräch am 26. April 2019 in München. Rundgespräche Forum Ökologie.
- KrWG. (2012/24.02.2012). Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) (2012 & i.d.F.v. 24.02.2012). <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/KrWG.pdf>
- Lahl, U. (2014). *Bioökonomie für den Klima- und Ressourcenschutz: Regulative Handlungskorridore*. Studie im Auftrag des NABU (Naturschutzbund Deutschland.V.). Berlin. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/gentechnik/studien/140821-nabu-biooekonomie-studie_2014.pdf
- Lamers, P., Searcy, E., Hess, J. R. & Stichnothe, H. (Hrsg.). (2016). *Developing the global bioeconomy: Technical, market, and environmental lessons from bioenergy*. Elsevier.
- Land Baden-Württemberg (Hrsg.). (2013). *Bioökonomie im System aufstellen: Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie* »Bioökonomie«. https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/Konzept_Forschungsstrategie_Biooekonomie.pdf
- Leal Filho, W. (Hrsg.). (2021). *Theorie und Praxis der Nachhaltigkeit. Digitalisierung und Nachhaltigkeit* (1. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61534-8>
- Lettow, S. (2014). *Bioökonomie: Die Lebenswissenschaften und die Bewirtschaftung der Körper. Sozialtheorie*. transcript Verlag. <http://lib.mylibrary.com/detail.asp?id=631606>
- Levidow, L., Birch, K. & Papaioannou, T. (2012). EU agri-innovation policy: Two contending visions of the bio-economy. *Critical Policy Studies*, 6(1), 40–65. <https://doi.org/10.1080/19460171.2012.659881>
- Lewandowski, I. (Hrsg.). (2018). *Bioeconomy: Shaping the transition to a sustainable, biobased economy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8>
- Liobikiene, G., Balezentis, T., Streimikiene, D. & Chen, X. (2019). Evaluation of bioeconomy in the context of strong sustainability. *Sustainable Development*, 27(5), 955–964. <https://doi.org/10.1002/sd.1984>
- Loer, K., Reiter, R. & Töller, A. E. (2015). Was ist ein Politikfeld und warum entsteht es? *der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management*, 8(1), 7–28.
- Lovrić, M., Lovrić, N. & Mavsar, R. (2020). Mapping forest-based bioeconomy research in Europe. *Forest Policy and Economics*, 110, 101874. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.019>
- Marquardt, K. (2020). *Nachhaltigkeit und Digitalisierung: Nachhaltiges und verantwortungsvolles business im kontext... von digitalisierung und innovation*. Springer Gabler. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-31920-5>
- Mayntz, R. (2001). *Zur Selektivität der steuerungstheoretischen Perspektive*. MPIfG working paper. <http://hdl.handle.net/10419/44267>
- Mayumi, K. (2001). *The Origins of Ecological Economics: The bioeconomics of Georgescu-Roegen*. Routledge. <http://library.uniteddiversity.coop/Measuring Progress and Eco Footprinting/The Origins of Ecological Economics-The Bioeconomics of Georgescu-Reogen.pdf>
- Meadows, D. L. (1972). *Die Grenzen des Wachstums: Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*.

- OECD. (2009). *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda: Main findings and policy conclusions*. Paris. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>
- Otto, S., Hildebrandt, J., Will, M., Henn, L. & Beer, K. (2021): Tying Up Loose Ends. Integrating Consumers' Psychology into a Broad Interdisciplinary Perspective on a Circular Sustainable Bioeconomy. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 34 (2). <https://doi.org/10.1007/s10806-021-09851-6>
- Pannicke, N., Gawe, E., Hagemann, N., Purkus, A. & Strunz, S. (2015). The political economy of fostering a wood-based bioeconomy in Germany. *German Journal of Agricultural Economics*, 64(670-2018-1988), 224–243.
- Perbandt, D., Vogelpohl, T., Beer, K., Töller, A. E. & Böcher, M. (2021). *Zielkonflikte der Bioökonomie: Biobasiertes Wirtschaften im Spannungsfeld von Ökonomie und Ökologie*. Lehrbuch. *Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-35093-2>
- Pfau, S., Hagens, J., Dankbaar, B. & Smits, A. (2014). Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. *Sustainability*, 6(3), 1222–1249. <https://doi.org/10.3390/su6031222>
- Pietsch, J. (2020). *Bioökonomie im Selbststudium: Grundlagen und Ausgangspunkte* (1. Aufl.). *Zertifikatskurs Bioökonomie*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61025-1>
- Pietsch, J. (Hrsg.). (2017). *Bioökonomie für Einsteiger* (1. Aufl. 2017). Springer Berlin; Springer Spektrum.
- Posten, C. & Wilhelm, C. (2016). Aquatische Biomasse. In M. Kaltschmitt, H. Hartmann & H. Hofbauer (Hrsg.), *Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren* (3. Aufl., S. 249–272). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47438-9_5
- Priefer & Meyer (2019). One Concept, Many Opinions: How Scientists in Germany Think About the Concept of Bioeconomy. *Sustainability*, 11(15), 4253. <https://doi.org/10.3390/su11154253>
- Pülzl, H [Helga], Kleinschmit, D [Daniela] & Arts, B [Bas] (2014). Bioeconomy – an emerging meta-discourse affecting forest discourses? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(4), 386–393. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.920044>
- Ramcilovic-Suominen, S. & Pülzl, H [Helga] (2017). Sustainable development – A 'selling point' of the emerging EU bioeconomy policy framework? *Journal of Cleaner Production*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.157>
- Reiter, R. & Töller, A. E. (2014). *Politikfeldanalyse im Studium: Fragestellungen, Theorien, Methoden* (1. Aufl.). *Studienkurs Politikwissenschaft: Bd. 4142*. Nomos.
- Ronzheimer, M. (2018). *Biologisierung der Wirtschaft: Der große Wurf blieb aus*. <https://taz.de/Biologisierung-der-Wirtschaft/!5497205/>
- Rupp, J. & Heinbach, K. (2018). Bioökonomie und Nachhaltigkeit – Betrachtung von Chancen und Herausforderungen. *Ökologisches Wirtschaften - Fachzeitschrift*, 33(1), 14. <https://doi.org/10.14512/OEW330114>
- Rupp, J., Heinbach, K., Böhmer, J. & Wagne, F. (2020). Ländliche Bioökonomie: Diskussionspapier zu einer Begriffsbestimmung, 70. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2020/IOEW_Diskussionspapier_Laendliche-Biooekonomie.pdf (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW): Schriftenreihe Nr 70/19:).
- Schabbach, T. & Wesselak, V. (2012). *Energie: Die Zukunft wird erneuerbar*. *SpringerLink Bücher*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24347-9>
- Schubert, K. & Bandelow, N. C. (2014). *Lehrbuch der Politikfeldanalyse* (3. Aufl.). *Lehr- und Handbücher der Politikwissenschaft*. De Gruyter; De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110408072>
- Schüler, J. (2015). *Die Biotechnologie-Industrie: Ein Einführungs-, Übersichts- und Nachschlagewerk* (1. Auflage). Springer

- Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47160-9>
- Scordato, L., Bugge, M. & Fevolden, A. (2017). Directionality across Diversity: Governing Contending Policy Rationales in the Transition towards the Bioeconomy. *Sustainability*, 9(2), 206. <https://doi.org/10.3390/su9020206>
- Simonis, G. (Hrsg.). (2016). *UTB L (Large-Format): Bd. 8672. Handbuch globale Klimapolitik*. Ferdinand Schöningh. <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838586724>
- Staffas, L., Gustavsson, M. & McCormick, K. (2013). Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. *Sustainability*, 5(6), 2751–2769. <https://doi.org/10.3390/su5062751>
- Terhalle, M. (2015). Warum das Governance-Axiom gescheitert ist – eine notwendige Kritik. *Zeitschrift für Politik*, 62(3), 263–288. <https://doi.org/10.5771/0044-3360-2015-3-263>
- Thrän, D. & Moesenfechtel, U. (Hrsg.). (2020). *Das System Bioökonomie*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5>
- Thrän, D. (Hrsg.). (2015). *Smart bioenergy: Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems*. Springer. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=984737>
- Töller, A. E. (2012). Regieren als Problemlösung oder als eigendynamischer Prozess? Überlegungen zu einer Überwindung des Problemlösungsbias in der Politikfeldanalyse. In B. Egner (Hrsg.), *Regieren: Festschrift für Hubert Heinelt* (Bd. 16, S. 171–190). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19793-7_9
- Töller, A. E., Vogelpohl, T., Beer, K. & Böcher, M. (2021). Is bioeconomy policy a policy field? A conceptual framework and empirical findings on the European Union and Germany. *Journal of Environmental Policy & Planning*. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2021.1893163>
- Trolldenier, G., Schloter, M., Bode, W., Hartmann, A., Rössner, H., Kuhnert-Finkernagel, R., Öhlinger, R. [R.], Beck, T., Baumgarten, A. & Heilmann, B. (1993). Mikrobielle Biomasse. In F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler & R. Margesin (Hrsg.), *Springer Labor. Bodenbiologische Arbeitsmethoden* (S. 13–79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77936-7_3
- Turley, D. (2015). Policies and Strategies for Delivering a Sustainable Bioeconomy. In J. H. Clark & F. E. I. Deswarte (Hrsg.), *Wiley series in renewable resources. Introduction to chemicals from biomass* (2. Aufl., S. 285–309). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118714478.ch8>
- Vogelpohl, T., Beer, K., Ewert, B., Perbandt, D., Töller, A. E. & Böcher, M. (2021): Patterns of European bioeconomy policy. Insights from a cross-case study of three policy areas. In: *Environmental Politics*, S. 1–21. <https://doi.org/10.1080/09644016.2021.1917827>
- Wagner, H.-G. (1997). *Bio-Ökonomie: Die nachhaltige Nischenstrategie des Menschen*. Haag + Herchen.
- Wield, D. V. (2013). Bioeconomy and the global economy: Industrial policies and bio-innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(10), 1209–1221.
- Will, S. & Zander, K. (2020). *Szenarien einer Bioökonomie für Deutschland aus gesellschaftlicher Perspektive*. Johann Heinrich von Thünen-Institut. <https://doi.org/10.3220/WP1589805228000>
- Wolff, F. (2020). Der deutsche Bioökonomiediskurs. In D. Thrän & U. Moesenfechtel (Hrsg.), *Das System Bioökonomie* (S. 267–275). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_17
- Wydra, S., Daimer, S., Hüsing, B., Köhler, J., Schwarz, A. & Voglhuber-Slavinsky, A. (2020). *Transformationspfade zur Bioökonomie: Zukunftsszenarien und politische Gestaltung*. Karlsruhe. Fraunhofer ISI.