

Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft /
Futures of Technology, Science and Society

Wilfried Konrad · Dirk Scheer
Annette Weidtmann *Hrsg.*

Bioökonomie nachhaltig gestalten

Perspektiven für ein
zukunftsfähiges Wirtschaften



Springer VS

Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society

Reihe herausgegeben von

Armin Grunwald, ITAS, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe,
Deutschland

Reinhard Heil, ITAS, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe,
Deutschland

Christopher Coenen, ITAS, Karlsruhe Institute of Technology,
Karlsruhe, Deutschland

Diese interdisziplinäre Buchreihe ist Technikzukünften in ihren wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Kontexten gewidmet. Der Plural „Zukünfte“ ist dabei Programm. Denn erstens wird ein breites Spektrum wissenschaftlich-technischer Entwicklungen beleuchtet, und zweitens sind Debatten zu Technowissenschaften wie u. a. den Bio-, Informations-, Nano- und Neurotechnologien oder der Robotik durch eine Vielzahl von Perspektiven und Interessen bestimmt. Diese Zukünfte beeinflussen einerseits den Verlauf des Fortschritts, seine Ergebnisse und Folgen, z. B. durch Ausgestaltung der wissenschaftlichen Agenda. Andererseits sind wissenschaftlich-technische Neuerungen Anlass, neue Zukünfte mit anderen gesellschaftlichen Implikationen auszudenken. Diese Wechselseitigkeit reflektierend, befasst sich die Reihe vorrangig mit der sozialen und kulturellen Prägung von Naturwissenschaft und Technik, der verantwortlichen Gestaltung ihrer Ergebnisse in der Gesellschaft sowie mit den Auswirkungen auf unsere Bilder vom Menschen.

This interdisciplinary series of books is devoted to technology futures in their scientific and societal contexts. The use of the plural “futures” is by no means accidental: firstly, light is to be shed on a broad spectrum of developments in science and technology; secondly, debates on technoscientific fields such as biotechnology, information technology, nanotechnology, neurotechnology and robotics are influenced by a multitude of viewpoints and interests. On the one hand, these futures have an impact on the way advances are made, as well as on their results and consequences, for example by shaping the scientific agenda. On the other hand, scientific and technological innovations offer an opportunity to conceive of new futures with different implications for society. Reflecting this reciprocity, the series concentrates primarily on the way in which science and technology are influenced social and culturally, on how their results can be shaped in a responsible manner in society, and on the way they affect our images of humankind.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/13596>

Wilfried Konrad · Dirk Scheer ·
Annette Weidtmann
(Hrsg.)

Bioökonomie nachhaltig gestalten

Perspektiven für ein zukunftsfähiges
Wirtschaften

Hrsg.

Wilfried Konrad
DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft
für Kommunikations- und Kooperations-
forschung mbH
Stuttgart, Deutschland

Dirk Scheer
Institut für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher
Institut für Technologie (KIT)
Karlsruhe, Deutschland

Annette Weidtmann
Landesgeschäftsstelle des
Forschungsprogramms Bioökonomie
Baden-Württemberg, Universität
Hohenheim
Stuttgart, Deutschland

ISSN 2524-3764

ISSN 2524-3772 (electronic)

Technikzukunft, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society

ISBN 978-3-658-29432-8

ISBN 978-3-658-29433-5 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-29433-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Frank Schindler

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Die Transformation zu einer Bioökonomie ist ein interdisziplinäres und branchenübergreifendes Projekt. Technologische Innovationen und neue Konzepte der Ressourcenbereitstellung erweitern die Möglichkeiten der stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse. Ebenso wichtig wie die Implementation neuer Technologien in bio-basierte Wertschöpfungsketten sind integrierte Studien zur Analyse von Nachhaltigkeit, ökonomischen Rahmenbedingungen und gesellschaftlicher Akzeptanz. Vor diesem Hintergrund behandelt der vorliegende Sammelband aus interdisziplinärer Perspektive unterschiedliche Herausforderungen für die Gestaltung einer zukunftsfähigen, nachhaltigen Bioökonomie in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Beiträge des Buches gehen überwiegend auf das Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg zurück, welches seit 2014 vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) gefördert wird. Zur Vorbereitung des Forschungsprogramms wurde im Jahr 2012 ein interdisziplinärer Strategiekreis einberufen und mit der Identifizierung von Alleinstellungsmerkmalen, Stärken und Chancen für Baden-Württemberg beauftragt. Ergebnis der Arbeit des Strategiekreises ist die im Jahr 2013 veröffentlichte Forschungsstrategie „Bioökonomie im System aufstellen“. Seit 2014 wurden im Forschungsprogramm interdisziplinäre Forschungsprojekte in den Themenfeldern „Lignozellulose – Alternativer Rohstoff für neue Materialien und Produkte“, „Integrierte Nutzung von Mikroalgen für die Ernährung“, „Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas in Baden-Württemberg“ und „Modellierung der Bioökonomie“ gefördert. Im Rahmen der gesonderten Ausschreibung „Sozialwissenschaftliche und ökologische Begleitforschung“ wurden zudem Projekte zu Querschnittsthemen realisiert, die sich auf die oben genannten Förderschwerpunkte bezogen. Durch die Fördermaßnahme sollte das im Land

vorhandene Potenzial zur Bioökonomie vernetzt und inter- und transdisziplinäre sowie standortübergreifende Zusammenarbeit angeregt werden.

Der konkrete Impuls für dieses Buch geht auf eine Veranstaltung am 28. Februar 2018 an der Universität Hohenheim zurück. Unter dem Titel „Bioökonomie nachhaltig gestalten“ organisierten die Herausgeber des Bandes einen Ergebnisworkshop, um ausgewählte Projekte des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg zu präsentieren und diskutieren. Im Fokus dieser Veranstaltung und folglich der hier versammelten Buchbeiträge standen Ergebnisse aus Projekten mit sozialwissenschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Problemstellungen, die die Bioökonomie in den Kontext soziotechnischer Herausforderungen für eine erfolgreiche, auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Zukunftsgestaltung stellen.

Vor diesem Hintergrund gilt zunächst unser Dank dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) für die Etablierung und Durchführung des Forschungsprogramms Bioökonomie. Ohne diese Initiative wäre dieses Buch nicht möglich gewesen. Daneben gilt unser besonderer Dank allen Autorinnen und Autoren, die zu dem vorliegenden Sammelband beigetragen haben. Mit ihrem Engagement, ihrer Ausdauer und ihrer Expertise haben sie entscheidend zum Gelingen des Buches beigetragen. Erst damit wurde es möglich, das Hauptanliegen dieses Buches mit Leben zu erfüllen und unterschiedliche Facetten der soziotechnischen Herausforderung einer nachhaltigen Bioökonomie aus interdisziplinärer Perspektive aufzuzeigen.

Karlsruhe, Stuttgart
im Dezember 2019

Wilfried Konrad
Dirk Scheer
Annette Weidtmann

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
	Annette Weidtmann, Wilfried Konrad und Dirk Scheer	
Teil I Bioökonomie zwischen Zukunfts- und Nachhaltigkeitsgestaltung		
2	Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomie.	19
	Armin Grunwald	
3	Der Zukunftsdiskurs Bioökonomie im Spiegel der gegenwärtigen Themenlandschaft.	43
	Dirk Scheer und Wilfried Konrad	
Teil II Bioökonomie als sozio-technisches System: Akteure, Visionen, Governance		
4	Wissen für den Wandel – Wissenstheoretische Grundlagen einer nachhaltigen Bioökonomiepolitik	73
	Sophie Urmetzer, Michael P. Schlaile, Kristina Bogner, Matthias Mueller und Andreas Pyka	
5	Herausforderungen des systemischen Ansatzes in der Bioökonomie.	107
	Rolf Meyer und Carmen Priefer	
6	Nächste Ausfahrt Bioökonomie? Facetten einer Good Governance	133
	Wilfried Konrad und Dirk Scheer	

7	Übergang zu einer forstbasierten Bioökonomie? Ein Vergleich von Deutschland und Finnland	163
	Alexandru Giurca und Daniela Kleinschmit	
Teil III Auf dem richtigen Weg? Zukunftspfade und Szenarien der Bioökonomie		
8	Zukünfte der Bioökonomie: eine modellbasierte Analyse möglicher Transformationspfade	187
	Witold-Roger Pogonietz, Elisabeth Angenendt, Markus Blesl, Eckart Petig, Hyung Sik Choi und Harald Grethe	
9	Nachhaltigkeitsbewertung bioökonomischer Produktsysteme	223
	Natalia Matiz-Rubio, Ludger Eltrop und Marlies Härdtlein	
10	Bioökonomie nachhaltig gestaltet – Konzeptionelle und ethische Grundlagen	257
	Thomas Potthast und Birgit Kröber	
Teil IV Wertschöpfungsketten im Wandel		
11	Potential und Akzeptanz von Verfahren zur Erzeugung von lignozellulosehaltiger Biomasse in der Landwirtschaft	277
	Caroline Gillich, Tatjana Krimly und Christian Lippert	
12	Repowering von Biogasanlagen – ein Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung?	309
	Joshua Güsewell, Marlies Härdtlein und Ludger Eltrop	
13	Mikroalgen statt Fleisch und Soja – die Ernährung der Zukunft?	343
	Christine Rösch und Max Roßmann	

Annette Weidtmann, Wilfried Konrad und Dirk Scheer

Die Bioökonomie als Transformationskonzept in Richtung Nachhaltigkeit hat in Wissenschaft und Politik Bedeutung erlangt. Sie gilt als wichtiger Baustein für den Umbau moderner Gesellschaften zugunsten einer auf regenerativen Ressourcen basierenden Kreislaufwirtschaft. Mithilfe wissensbasierter Innovationen wird in zentralen Wirtschaftsbereichen eine Umstellung von fossilen auf erneuerbare, biologische Ressourcen und die Nutzung von biologischen Prinzipien angestrebt, um Produkte, Dienstleistungen und Prozesse nachhaltig und zugleich zukunfts- und wettbewerbsfähig zu gestalten. Eine biobasierte Wirtschaft soll dazu beitragen, die globalen Herausforderungen zu bewältigen: ausreichende und gesunde Ernährung der Weltbevölkerung, ressourcenschonende und wettbewerbsfähige Rohstoff- und Energieversorgung sowie dauerhafter Umwelt- und Klimaschutz. Die Bioökonomie kommt derzeit vor allem als ein Zukunftsversprechen mit großer Reichweite daher – ein Zukunftsversprechen, Ökonomie und Nachhaltigkeit zu verbinden. Inwieweit dieses Versprechen einzulösen ist, hängt entscheidend

A. Weidtmann (✉)

Landesgeschäftsstelle des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg,
Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland

E-Mail: annette.weidtmann@gmx.de

W. Konrad

DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und
Kooperationsforschung mbH, Stuttgart, Deutschland

E-Mail: konrad@dialogik-expert.de

D. Scheer

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut
für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: dirk.scheer@kit.edu

von der sozio-technischen Konfiguration und dem Zusammenspiel von Bioökonomie mit Wirtschaft, Politik und Gesellschaft ab. Wichtige Impulse für die sozio-technische Ausgestaltung und Entwicklungsdynamik der Bioökonomie kommen dabei aus Politik und Wissenschaft. Im Folgenden werden wir daher die Bioökonomie in ihren politischen und wissenschaftlichen Bezügen kurz skizzieren.

1.1 Die Entwicklung von Bioökonomie-Strategien auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene

Die Bioökonomie hat in wenigen Jahren einen zentralen Stellenwert im Kontext politischer Strategien für eine zukunftsfähige Transformation der tradierten fossil-basierten Wirtschaftsweise erlangt. Zunächst in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre von Naturwissenschaftlern zur Charakterisierung der strukturellen Implikationen der fortschreitenden biowissenschaftlichen und biotechnologischen Entwicklung geprägt, avancierte der Begriff Bioökonomie ab dem Jahr 2005 zu einem populären Konzept der internationalen und nationalen Politik (Birner 2018).

Den ersten Meilenstein in diesem Prozess markiert eine Konferenz der Europäischen Kommission zum Thema „New Perspectives on the Knowledge-based Bioeconomy“ im Jahr 2005. Der damalige EU-Kommissar für Wissenschaft und Forschung Janez Potočnik hielt eine vielbeachtete Rede mit dem Titel „Transforming life sciences knowledge into new, sustainable, eco-efficient and competitive products“. In der Folge wurde im Jahr 2007 in deutscher Ratspräsidentschaft das sogenannte „Cologne Paper“ mit dem Titel „En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy“ verabschiedet (Cologne Paper 2007). Diese „Kölner Erklärung“ skizziert eine Entwicklung der Bioökonomie bis zum Jahr 2030 und setzt den Schwerpunkt auf zwei wesentliche Erwartungen (Birner 2018):

- Die zu erwartende wachsende Bedeutung der Biotechnologie für die europäische Wirtschaft. Dabei werden neben Pharmazeutika, Landwirtschaft und Lebensmittel explizit die weiße Biotechnologie und die Bioenergie als wachsende Zweige genannt.
- Die Erwartung, dass die Biotechnologie zur Lösung dringender globaler Herausforderungen, wie der Sicherung der Ernährung für eine wachsende Weltbevölkerung, den begrenzten Rohstoffressourcen und der Verhinderung des drohenden Klimawandels, beitragen kann, indem sie die Entwicklung einer nachhaltigen Wirtschaft auf biologischer Basis fördert.

Der Beitrag der Bioökonomie zu Nachhaltigkeitszielen wird damit von Anfang an in der politischen Diskussion als treibende Kraft der Bioökonomie genannt, wobei zunächst deutlich mit der Förderung von Schlüsseltechnologien und Innovationen argumentiert wurde. Darüber hinaus stand angesichts der massiv steigenden Ölpreise in den Jahren 2005 bis 2008 der Ersatz fossiler Rohstoffe im Fokus.

Aus diesen Impulsen entwickelten sich mehrere politische Initiativen auf nationaler und supranationaler Ebene. So publizierte die OECD im Jahr 2009 das Papier „The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda“ (OECD 2009). Dieses Papier betont ebenfalls die große Bedeutung der Biotechnologie, von der erhebliche Wachstumsschübe für die Gesundheitsindustrie, die Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie die industrielle Biotechnologie erwartet werden. Dieses Potenzial könne aber nur entfaltet werden kann, wenn vonseiten der Regierungen entsprechende Governance-Maßnahmen, wie zum Beispiel Änderungen an Regulierungen, Anreize für umweltfreundliche Technologien, die Ermöglichung disruptiver Veränderungen sowie die Kommunikation mit der in Teilen Biotechnologie-kritischen Bevölkerung, ergriffen werden. Notwendig sei eine Policy-Agenda einschließlich eines aktiven Dialogs zwischen Regierungen, der Zivilgesellschaft und Unternehmen, der sich mit den ökonomischen, sozialen und ethischen Implikationen sowie Chancen und Herausforderungen der Bioökonomie beschäftigt.

Bioökonomie-Verständnis der EU

„The bioeconomy covers all sectors and systems that rely on biological resources (animals, plants, micro-organisms 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. This will drive the renewal of our industries, the modernisation of our primary production systems, the protection of the environment and will enhance biodiversity.“

Quelle: European Commission (2018, S. 4)

In der Europäischen Union wurde im Jahr 2012 die erste dezidierte Bioökonomie-Strategie verabschiedet. Angesichts der Verknappung und Endlichkeit von Ressourcen, einer wachsenden Bevölkerung und dem Innovations- und Wachstumspotenzial einer biobasierten Wirtschaft stellt die Strategie den Umgang mit biologischen Ressourcen in den Bereichen Produktion, Konsum, Verarbeitung, Lagerung, Recycling und Entsorgung auf neue Grundsätze. Bioökonomie wird dabei als ein Wirtschaften verstanden, bei dem biologische Land- und Meeresressourcen sowie Abfälle als Ausgangsstoffe für die Lebensmittel- und Futtermittelproduktion, die Industrieproduktion und die Energieerzeugung genutzt werden (European Commission 2012).

Im Jahr 2018 verabschiedete die Europäische Kommission eine überarbeitete Bioökonomie-Strategie unter dem Titel „A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment“ (European Commission 2018). Die Anbindung an das Pariser Klimaabkommen und an die Agenda 2030 der Vereinten Nationen mit ihren 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung ist Ausdruck einer nun umfassenderen Definition der Bioökonomie. Zudem wird die erneuerte EU-Bioökonomie-Strategie in den Kontext weiterer europäischer Politikziele gestellt, wie dem Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft und der Förderung von Innovationen zur sauberen Energiegewinnung.

Die Konkretisierung und Umsetzung der europäischen Bioökonomie wurde und wird über milliardenschwere Investitionen in EU-Forschungsprogramme unterstützt. So spielte die Bioökonomie im derzeit auslaufenden 8. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union („Horizon 2020“) eine bedeutende Rolle. Neben der technologischen Weiterentwicklung werden hier strukturelle Ziele als entscheidend für das Gelingen einer Bioökonomie genannt. So gelte es die Vielzahl der beteiligten Sektoren, namentlich die Bereiche Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Lebensmittel-, Zellstoff- und Papierherstellung sowie die biotechnologische und Energieindustrie zu vernetzen (European Commission 2012). Und auch das ab 2021 laufende 9. EU-Forschungsrahmenprogramm „Horizon Europe“ sieht mit zehn Milliarden Euro erhebliche Mittel zur Förderung der Bioökonomie vor (European Commission 2018).

Bioökonomie-Verständnis des deutschen Bioökonomierats

„Der Bioökonomierat versteht die Bioökonomie als wichtiges Element des gesellschaftlichen Wandels zu einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise. Die Bioökonomie wird definiert als die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen (auch Wissen), um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen

in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.“

Quelle: Bioökonomierat (o. J.)

Die Entwicklung auf nationaler Ebene in Deutschland geht zurück auf das Jahr 2009, als der Bioökonomierat als Beratungsgremium der Bundesregierung eingesetzt wurde. Es folgten die Verabschiedung einer Forschungsstrategie Bioökonomie (BMBF 2010) und einer Politikstrategie Bioökonomie (BMEL 2014). Die Bioökonomie-Definition des Bioökonomierats betont die Bedeutung der Bioökonomie für den gesellschaftlichen Wandel zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise und für das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele. Unter anderem wird von ihr erwartet, dass sie zukünftig zu einer nachhaltigen Versorgung mit Rohstoffen und Energie innerhalb der planetaren Grenzen beiträgt. Zur Umsetzung der Forschungs- und Politikstrategie wurde eine Reihe von Bioökonomie-Förderprogrammen angestoßen, sowohl für die Entwicklung von technischen Innovationen als auch um die komplexen Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Technik, Wirtschaft und Ökologie zu untersuchen.

Knapp 15 Jahre nach dem „Startschuss“ auf der oben erwähnten EU-Konferenz im Jahr 2005 ist die Bioökonomie ein international verbreitetes Politikkonzept, das unter verschiedenen nationalstaatlichen Rahmenbedingungen umgesetzt wird. Nach Untersuchungen des Bioökonomierats gab es 2018 weltweit 49 Staaten, die eine Bioökonomie-Strategie verabschiedet hatten sowie eine Reihe weiterer Staaten, die an einer Bioökonomie-Strategie arbeiteten oder über eine verwandte Strategie verfügten (Bioökonomierat 2018).

Zunehmend entwickeln sich auch regionale Bioökonomie-Strategien, denen eine wichtige Funktion bei der Umsetzung von Bioökonomie-Konzepten zugeschrieben wird (European Commission 2018). Ein Beispiel ist die im Jahr 2019 beschlossene Landesstrategie „Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg“ (UM und MLR 2019), deren erklärtes Ziel es ist, Baden-Württemberg zu einem Beispielland für eine nachhaltige und kreislauforientierte Wirtschaftsform zu machen. Die Strategie soll helfen, erneuerbare und recycelbare Rohstoffe zu erschließen, die Treibhausgasemissionen zu senken und die Biodiversität zu stärken. Sie baut auf Erfahrungen durch die frühzeitige Etablierung der Bioökonomie Forschungsstrategie „Bioökonomie im System aufstellen“ (MWK 2013) und die Förderung des Bioökonomie Forschungsprogramms in Baden-Württemberg (Bahrs und Angenendt 2018, Dahmen et al. 2018; Rösch et al. 2018) auf und wurde in einem breiten Partizipationsprozess unter Einbeziehung einer Vielzahl von Akteuren entwickelt.

1.2 Die Bioökonomie im Kontext der gesellschaftlichen Verantwortung von Wissenschaft

Die Bioökonomie erfordert eine wissensbasierte, zielgerichtete Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Auf übergeordneter Ebene schließt die Bioökonomie hier an die gesellschaftspolitische Rolle von Wissenschaft und Technologie im Sinne der Lösung von großen gesellschaftlichen Herausforderungen an. Darüber hinaus stellt sich die Bioökonomie in eine Reihe weiterer, an Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen ausgerichteter Transformationskonzepte aus dem Bereich der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung. Beide Kontexte werden im Folgenden kurz skizziert.

Unter dem Begriff „große gesellschaftliche Herausforderungen“ werden im wissenschaftspolitischen Kontext Problemlagen großer Reichweite mit einem hohen Grad an Komplexität, Unsicherheit, Dynamik und Langfristigkeit verstanden (Wissenschaftsrat 2015). Der Diskurs um gesellschaftliche Herausforderungen schließt an wissenschaftspolitische Debatten an, die bis in die 1960er Jahre zurückgehen und die gesellschaftspolitische Rolle von Wissenschaft thematisieren (Kaldewey 2018). Dabei steht der wissenschaftliche Lösungsbeitrag für die Gesellschaft im Vordergrund. Danach ist Wissenschaft nicht ausschließlich auf die Erzeugung wahrheitsbezogener Erkenntnis ausgerichtet, sondern soll gleichermaßen wahrheitsbezogen und gesellschaftlich problem-lösend sein. „Problem-oriented research“ (Bechmann und Frederichs 1996), „action research“ (Greenwood und Levin 1998) oder auch die Ausrichtung auf Inter- und Transdisziplinarität (Klein et al. 2001) sind Akzentuierungen dieser Debatten.

Die Rede von den großen gesellschaftlichen Herausforderungen ist durch eine breite Vielfalt von Themen gekennzeichnet, die beispielsweise von der notwendigen Vermeidung des Klimawandels und globalen Umweltproblemen über die Auswirkungen der demographischen Entwicklung zur Einführung neuer Technologien wie Robotik, künstliche Intelligenz und Digitalisierung reichen (BMBF 2018; Wissenschaftsrat 2015). Ihnen gemeinsam ist, dass sie zu fundamentalen Veränderungen über systemische Grenzen hinweg führen können oder müssen, die verschiedenste Lebensbereiche der gesamten Gesellschaft beeinflussen. Sie können mit einem massiven Wandel von Lebensstilen, Konsummustern, Infrastrukturen, Netzwerken, Institutionen, Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsketten verbunden sein. Zugleich stehen moderne, pluralistisch verfasste Gesellschaften fortwährend vor der Aufgabe, diese tiefgreifenden

Veränderungs- und Transformationsprozesse aktiv, zielgerichtet und problem-lösend zu begleiten und zu gestalten (Mayntz 2006; Paul et al. 2017). Um diese großen Herausforderungen zu meistern, sind integrierte und langfristige Anstrengungen notwendig, die technische mit organisatorischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen verbinden (Omenn 2006). Damit haben sich auch die gesellschaftlichen Erwartungen an Wissenschaft verändert. Neben der wissenschaftlich-technologischen Verlässlichkeit treten Kriterien des gesellschaftlichen Nutzens und der sozialen Relevanz von Wissenschaft (Nowotny 1999). Die Bioökonomie kann in dieser Hinsicht als Transformationskonzept verstanden werden, von dem Lösungsbeiträge für große gesellschaftliche Herausforderungen erwartet werden.

Daneben reiht sich die Bioökonomie in eine Reihe von Konzepten ein, die einen Umbau moderner Gesellschaften in Richtung einer Umwelt- und Klima-verträglichkeit vorsehen. Der Ausgangspunkt einer solchen Transformationsnotwendigkeit geht zurück auf die Einsicht in planetare Belastbarkeitsgrenzen und Grenzen des Wachstums. Beispielhaft seien hier nur einige wenige Konzepte genannt und kurz erläutert.

Der Ansatz einer *Cleaner Production* (OECD 1995) geht auf die frühen 1990er Jahre zurück und entstand im Rahmen der Vor- und Nachbereitungen der Umweltkonferenz der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992. Im Fokus steht die Reduzierung von Umweltauswirkungen bei der Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen durch einen vorsorgenden, betrieblichen Umweltschutz. Durch antizipierende Energie- und Stoffstromanalysen sowie organisatorische und technische Verbesserungen sollen Rohstoffe und Energie möglichst effizient genutzt und zugleich Kosten eingespart werden. Das Konzept der *Industrial Ecology* (Socolow et al. 1994) entstand Anfang der 1990er Jahre in den USA und ergänzt den betrieblichen Umweltschutz um eine systemanalytische Komponente. Dabei wird die industrielle Ökologie verstanden als ein „systems-based, multi-disciplinary discourse that seeks to understand emergent behaviour of complex integrated human/natural systems“ (Allenby 2006, S. 33).

Seit Mitte der 1990er Jahre lässt sich ein Trend zu einer integrierten Betrachtungsweise von Produkten und Dienstleistungen feststellen. Dieser als *Integrierte Produktpolitik* (Scheer und Rubik 2006) bezeichnete Ansatz nimmt systematisch Umweltwirkungen von Produkten und Dienstleistungen in den Blick und akzentuiert die Rolle des Staates für adäquate Politikinstrumente in der Bandbreite von regulatorischer Ordnungspolitik bis zu freiwilligen Instrumenten. Letztere wurden durch den zu Beginn der 2000er Jahre populär gewordenen Ansatz des *Corporate Social Responsibility* (Schneider und Schmidpeter 2012) verstärkt. Dabei wurde neben der ökologischen insbesondere auch die soziale

Verantwortung von Unternehmen mit einbezogen. Während diese Ansätze ihren Schwerpunkt auf die Angebotsseite wirtschaftlicher Tätigkeiten legen, haben andere Konzepte auch die Nachfrageseite vermehrt in den Blick genommen. Beispielfhaft dafür steht der Ansatz *Sustainable Production and Consumption* (Tukker et al. 2008), der Aspekte des nachhaltigen Konsums über Effizienz und Suffizienz thematisiert.

Die Bioökonomie knüpft an diese transformativen Nachhaltigkeitskonzepte für einen sozio-technischen Wandel an. Die in diesem Sammelband präsentierten Forschungsansätze und -ergebnisse stehen explizit oder implizit im Kontext dieser Konzepte und stellen aus dem Blickwinkel der Bioökonomie wichtige Erkenntnisse bereit für deren Konsolidierung und Weiterentwicklung.

1.3 Konzeption und Beiträge des Sammelbandes

Das vorliegende Buch greift die politische und wissenschaftliche Einbettung der Bioökonomie auf und liefert Beiträge aus unterschiedlicher methodischer und disziplinärer Perspektive. Die Schnittstelle von Zukunftsgestaltung und Nachhaltigkeitsgestaltung steht im Zentrum dieses Sammelbandes. Dabei wird die Bioökonomie als sozio-technisches System aufgefasst, in dem die technische Ausgestaltung auf das Engste mit sozialen, ökonomischen und politischen Einbettungen verknüpft ist.

Das Gelingen einer Bioökonomie hängt entscheidend davon ab, wie technische Innovationen oder neue Handlungsempfehlungen von Akteuren in der Wirtschaft, von Verbrauchern und ganz allgemein in der Gesellschaft angenommen werden. Verständnis, Konzept und Umsetzungsstrategien der Bioökonomie sind dabei durchaus heterogen und werden teilweise kontrovers diskutiert. Die Untersuchung der Bioökonomie aus der Perspektive der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, der Ethik, der Politikwissenschaften sowie der Ökologie begründet sich zudem aus der Notwendigkeit, die in der Bioökonomie angelegte Komplexität von Wirkungszusammenhängen für einen gesellschaftlichen Wandel zu erfassen und zu analysieren.

Unser Buch fasst Ergebnisse aus der Kooperation im baden-württembergischen Bioökonomie-Forschungsprogramm zusammen und stellt dabei ganz unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze vor, sich mit der Nachhaltigkeit von Bioökonomie zu beschäftigen. Zentrale Fragen sind die Nachhaltigkeitsbewertung aus ökonomischer und ökologischer Sicht, aber auch die Fragen nach den Rahmenbedingungen und Steuerungskonzepten, unter denen eine nachhaltige Bioökonomie gelingen kann. Die einzelnen Beiträge decken Wissenschaftsdisziplinen

wie Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Agrar- und Umweltwissenschaften sowie Modellierung, Technikphilosophie und Innovationsökonomik ab und greifen methodisch unterschiedliche Herangehensweisen auf. So sind etwa konzeptionell-theoretische Ansätze auf Basis von Text- und Dokumentenanalysen, Computersimulationen mit Hilfe von ökonomischen Gleichgewichts- und Stoffstrommodellen, Prozessmodellierungen, Akteurs- und Netzwerkanalysen, Umwelt- und Nachhaltigkeitsbilanzierung sowie Expertenbefragungen auf Basis eines Discrete-Choice-Experiments vertreten.

Der Band ist in vier Teile gegliedert und umfasst insgesamt zwölf Kapitel. Der erste, einleitende Teil *„Bioökonomie zwischen Zukunfts- und Nachhaltigkeitsgestaltung“* dient dazu, die Begriffe und Hintergründe von Bioökonomie und Nachhaltigkeit einzuführen. Der zweite Teil des Buches *„Bioökonomie als sozio-technisches System: Akteure, Visionen, Governance“* thematisiert das Zusammenwirken von Akteuren in der Bioökonomie sowie die damit verbundenen Herausforderungen und Steuerungsmöglichkeiten. Der dritte Teil *„Auf dem richtigen Weg? Zukunftspfade und Szenarien der Bioökonomie“* fasst Beiträge zusammen, die sich mit Bewertungsrahmen für eine nachhaltige Bioökonomie und Projektionen in die Zukunft beschäftigen. Der abschließende vierte Teil *„Wertschöpfungsketten im Wandel“* fokussiert auf die Rahmenbedingungen für einen Wandel anhand von ausgewählten Anwendungsbeispielen und Akteurskonstellationen. Im Folgenden stellen wir in Kurzportraits die in diesem Sammelband zusammengeführten Beiträge im Einzelnen vor.

Teil 1: Bioökonomie zwischen Zukunfts- und Nachhaltigkeitsgestaltung

Das Verhältnis zwischen Bioökonomie und Nachhaltigkeit steht im Zentrum des Beitrags von **Armin Grunwald**. Ausgehend von der Feststellung, dass die Bioökonomie nicht per se nachhaltig sei, werden Überlegungen für ein Anforderungsprofil zur Nachhaltigkeit der Bioökonomie entwickelt. Zunächst wird hervorgehoben, dass eine abschließende Definition von Nachhaltigkeit nicht möglich ist, sondern vielmehr fortwährende Arbeit an der konkreten Bedeutung nachhaltiger Entwicklung zu leisten ist. Als Ausgangspunkt hierfür wird die Brundtland-Definition nachhaltiger Entwicklung gewählt, die einen hermeneutischen Zirkel der theoretischen und praktischen Bedeutungsarbeit in Gang gesetzt habe. Eine Intervention in diesen hermeneutischen Zirkel stellt das integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung dar, aus dem substantielle („Was“) und instrumentelle („Wie“) Nachhaltigkeitsregeln abgeleitet und mit Blick auf deren Bioökonomiebezug charakterisiert werden. Schließlich werden auf dieser Grundlage die notwendigen Schritte für eine nachhaltigkeitsorientierte Gestaltung der Bioökonomie expliziert.

Im Beitrag von **Dirk Scheer** und **Wilfried Konrad** wird eine Analyse des Zukunftsdiskurses der Bioökonomie im Spiegel der gegenwärtigen Themenslandschaft geleistet. Die thematische Vielschichtigkeit und Unübersichtlichkeit des Diskurses wird über eine qualitative Dokumentenanalyse systematisch analysiert und deren Ergebnisse zu sechs zentralen Themenlinien der Bioökonomie verdichtet. Diese beinhalten transformative, spezifische, integrative, innovative, konfliktive und produktbezogene Themenlinien der Bioökonomie, die von verschiedenen Akteursgruppen jeweils unterschiedlich betont und akzentuiert werden. Der Zukunftsdiskurs ist geprägt durch eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten an politische, wirtschaftliche, gesellschaftliche und wissenschaftliche Problemstellungen und Lösungsvorschläge.

Teil 2: Bioökonomie als sozio-technisches System: Akteure, Visionen, Governance
Sophie Urmetzer, Michael P. Schlaile, Kristina Bogner, Matthias Mueller und **Andreas Pyka** beschäftigen sich aus innovationsökonomischer Sicht mit der Frage, wie eine Transformation zu einer nachhaltigen, wissensbasierten Bioökonomie gelingen kann. Die Autoren begreifen die Bioökonomie als systemischen Veränderungsprozess und greifen auf den Ansatz der Innovationssysteme zurück. Entscheidend ist dabei der Begriff des zielorientierten oder dedizierten Innovationssystems, mit dem die Wissensbasis transformativer Innovation über techno-ökonomisches Wissen hinaus um weitere Wissensarten erweitert wird. Diese erweiterte Wissensbasis eines dedizierten Innovationssystems umfasst die drei Wissensarten Systemwissen sowie normatives und transformatives Wissen, die in dem Beitrag ausführlich erklärt und hinsichtlich ihrer Generierung, Diffusion und Anwendung charakterisiert werden. Daran anschließend werden die Konsequenzen aus diesen Erkenntnissen für die Bioökonomiepolitik diskutiert.

Der Beitrag von **Rolf Meyer** und **Carmen Priefer** zielt darauf ab, zentrale Elemente eines systemischen Ansatzes der Bioökonomie sowie die damit verbundenen Herausforderungen zu analysieren. In einem ersten Schritt wird aufgezeigt, in welcher Weise systemische Vorstellungen in den frühen Bioökonomie-Strategien der EU, Deutschlands und Baden-Württembergs aufzufinden sind. Danach wird das Augenmerk auf diejenigen Elemente und deren Herausforderungen gerichtet, die für eine ganzheitliche Betrachtung und Konzipierung einer Bioökonomie konstitutiv sind. Im Einzelnen adressiert der Beitrag sechs Themenkomplexe mit Blick auf Biomasse, Wertschöpfungsketten, Akteure, Diskurse, Mehrebenen Governance sowie Wechselwirkungen und Rückkopplungen. Aus dieser Analyse ergibt sich zum einen der Hinweis auf die Grenzen und Schwierigkeiten, mit denen die Umsetzung eines systemischen

Ansatzes der Bioökonomie unweigerlich konfrontiert ist. Zum anderen halten die Autoren ihn gleichwohl für erstrebenswert und sehen in der Steigerung von Lern- und Korrekturfähigkeit eine wesentliche Voraussetzung, den systemischen Ansatz für eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Bioökonomiepolitik fruchtbar zu machen.

Der Governance einer Bioökonomie widmet sich der Beitrag von **Wilfried Konrad** und **Dirk Scheer**. Der Beitrag setzt einen spezifischen Fokus auf die sozio-technischen Implikationen bioökonomischer Innovationen. Die Materialbasis für diese Analyse bilden Experteninterviews zu den Themen „Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen“, „biobasierte Produkte aus Lignozellulose“ sowie „biologische Methanisierung für Power-to-Gas“. Die Auswertung der Interviews erfolgt in fünf Governance-Bereichen – „Wissenschaft und Technik“, „Politik und Recht“, „Markt und Ökonomie“, „Ökologie“ sowie „Gesellschaft“ – und umfasst jeweils eine Spezifizierung von Governance-Themen und darauf bezogenen Governance-Maßnahmen. Im darauffolgenden Analyseschritt werden die Governance-Themen aus der Perspektive einer Rahmensetzung für eine Good Governance Bioökonomie beleuchtet und in ihrer Ermöglichungs- oder Beschränkungsfunktion für eine Transformation zu einer nachhaltigen Bioökonomie bewertet.

Wie unterscheiden sich die Bioökonomien von Deutschland und Finnland aus einer forstwirtschaftlichen Perspektive? Diese Frage greifen **Alexandru Giurca** und **Daniela Kleinschmit** in ihrem Beitrag auf und untersuchen auf der Basis einer akteurszentrierten Analyse Stand und Perspektiven einer forstbasierten Bioökonomie im Ländervergleich zwischen Deutschland und Finnland. Grundlage für die Analyse ist eine quantitative und qualitative Datenerhebung mit den Elementen Literaturlauswertung, Onlineumfragen und Interviews. Das empirische Material wird daraufhin untersucht, wie die Akteursnetzwerke einer forstbasierten Bioökonomie in Deutschland und Finnland strukturiert sind, welche Akteure jeweils den Bioökonomie-Diskurs prägen und welche Sichtweisen und politische Überzeugungen den im Netzwerk befindlichen Akteure zugeschrieben werden können.

Teil 3: Auf dem richtigen Weg? Zukunftspfade und Szenarien der Bioökonomie
Witold-Roger Pogonietz, Elisabeth Angenendt, Markus Blesl, Eckart Petig, Hyung Sik Choi und **Harald Grethe** stellen in ihrem Beitrag eine modellbasierte Analyse möglicher Transformationspfade zur Bioökonomie vor. Zunächst werden in dem Beitrag mögliche Szenarien für bioökonomische Zukunftspfade entwickelt, die die derzeit gültigen Klimaschutz- und energiepolitischen Ziele berücksichtigen und auf die vermehrte Nutzung von Lignozellulose als Biomasse-Ressource fokussieren. Für drei quantitativ abgestufte

Bioökonomie-Szenarien werden Nachfragevolumina für das Jahr 2050 ausgewiesen. Über eine lose Modellkopplung werden die Auswirkungen dieser möglichen Szenarien auf den europäischen Agrarsektor, den Bioenergiesektor, die Transformation der Landwirtschaft in Baden-Württemberg sowie auf die Umweltwirkungen in Deutschland analysiert.

Natalia Matiz-Rubio, Ludger Eltrop und **Marlies Härdtlein** adressieren in ihrem Beitrag methodische Weiterentwicklungen zur Nachhaltigkeitsbewertung bioökonomischer Produktsysteme. Unter einem Produktsystem wird der gesamte Lebensweg von der Ressourcenbereitstellung über die Herstellung und Nutzung bis hin zum Lebensende des Produktes verstanden. Es wird ein Bewertungsrahmen in Anlehnung an die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen – den Sustainable Development Goals (SDGs) – entwickelt, der spezifisch auf die Herausforderungen in Deutschland eingeht. Dieser sogenannte Bioökonomiekompass gibt Orientierung für die Bewertung der Nachhaltigkeit bei Produktion und Konsum biogener Ressourcen über einen passgenauen, lebenszyklusorientierten Indikatorensatz.

Die Entwicklung einer ganzheitlichen Konzeption für „Nachhaltige bioökonomische Entwicklung“ auf Grundlage des Berichts der Brundtland-Kommission wird im Beitrag von **Thomas Potthast** und **Birgit Kröber** angestrebt. Zunächst wird der Begriff Nachhaltige Entwicklung in einer Systematik ausdifferenziert, die von Prinzipien über Leitlinien und prioritären Handlungsfeldern bis hin zu Implementation und Monitoring sieben Ebenen umfasst. Hiervon ausgehend und unter Rekurs auf weitere Elemente, wie Aspekte des integrativen Konzepts nachhaltiger Entwicklung, ethische Grundprinzipien sowie Konzepte der planetaren Belastbarkeit und sozialer Mindeststandards, entwickeln die Autoren ihr ganzheitliches Konzept Nachhaltiger Entwicklung für die Bioökonomie. Nachhaltige Entwicklung wird dabei als dynamischer Prozess angesehen und als archimedische Spirale veranschaulicht, in der die drei Ebenen grundlegende Prinzipien (z. B. Gerechtigkeit), Strategien der Ressourcennutzung (Konsistenz, Effizienz, Suffizienz) und qualitative und quantitative Nachhaltigkeitsindikatoren so verknüpft sind, dass jede Ebene aus der davorliegenden hervorgeht. Aus dieser Spirale ergibt sich eine zunehmende, übergreifende Resilienz sozial-ökologischer Systeme.

Teil 4: Wertschöpfungsketten im Wandel

Mit dem Potential und der Akzeptanz von Verfahren zur Erzeugung von lignozellulosehaltiger Biomasse in der Landwirtschaft beschäftigt sich der Beitrag von **Caroline Gillich, Tatjana Krimly** und **Christian Lippert**. Um einen steigenden Bedarf an Lignozellulose für neue Verfahren sicherzustellen werden

neue Anbausysteme – wie Miscanthus oder Kurzumtriebsplantagen von schnellwachsenden Hölzern – diskutiert, die auch auf marginalen Böden angebaut werden können und somit weniger in Konkurrenz zur Nahrungsproduktion stehen. Dabei ist entscheidend, welche Anbaupotenziale bestehen und mit welchen Angebotsmengen künftig gerechnet werden kann. Hierzu wurden Landwirte in einem Discrete-Choice-Experiment befragt, um über die dabei ermittelten Präferenzen durch Monte-Carlo-Simulationen mögliche Anbaupotenziale abschätzen zu können. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass neben Kompensationszahlungen auch Abnahmegarantien die Einführung neuer Verfahren fördern könnten.

In ihrem Beitrag beschäftigen sich **Joshua Güsewell**, **Marlies Härdtlein** und **Ludger Eltrop** mit technischen Anpassungsstrategien für Biogasanlagen. Diese unter dem Begriff „Repowering“ firmierenden Ansätze beinhalten technische Maßnahmen und Betriebskonzepte für einen Weiterbetrieb von Biogasanlagen vor dem Hintergrund gesellschaftlicher und ökologischer Anforderungen einer nachhaltigen Energieversorgung. Die Simulationsmodell-basierte Analyse zeigt, dass Bestands-Biogasanlagen technisch weiterentwickelt werden können, durch Repowering Effizienzsteigerungen möglich sind und Biogasanlagen einen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen der Stromproduktion leisten können. Speziell durch den Wandel hin zu einem flexiblen, an die Nachfrage angepassten Betrieb können Biogasanlagen einen wesentlichen Beitrag in einem nachhaltigen Energieversorgungssystem leisten.

Der abschließende Beitrag von **Christine Rösch** und **Max Roßmann** widmet sich einer innovativen Option für die Ernährung der Zukunft – Mikroalgen statt Fleisch und Soja. Der Beitrag analysiert die Ernährung mit Mikroalgen anhand technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte der Algenkultivierung und -verarbeitung. Auch die Nutzerperspektive wird im Beitrag über eine Verbraucherbefragung aufgegriffen. Die Ergebnisse setzen die Algentechnologie in einen gesellschaftlichen Kontext, der es ermöglicht, Erwartungen und Bedenken zu antizipieren, Märkte für die Ernährung mit Mikroalgen zu erschließen und den globalen Herausforderungen verantwortlich gegenüberzutreten.

Literatur

- Allenby, B. (2006). The ontologies of industrial ecology? *Progress in Industrial Ecology* 3 (1/2), 28–38.
- Bahrs, E., & Angenendt, E. (2018). Status quo and perspectives of biogas production for energy and material utilization. *GCB Bioenergy*. <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/17571707>.

- Bechmann, G., & Frederichs, G. (1996). Problemorientierte Forschung. Zwischen Politik und Wissenschaft. In: G. Bechmann (Hrsg.), *Praxisfelder der Technikfolgenforschung. Konzepte, Methoden, Optionen* (S. 11–37). Frankfurt a. M. et al.: Campus.
- Bioökonomierat (o. J.). Was ist Bioökonomie? Berlin. <https://bioekonomierat.de/biooekonomie>. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- Bioökonomierat (2018). *Bioeconomy Policy Part III. Update report of the National Bioeconomy Strategies of the World. A report from the German Bioeconomy Council*. Berlin.
- Birner, R. (2018). Bioeconomy Concepts. In: I. Lewandowski (Hrsg.), *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy* (S. 17–38). Cham: Springer.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2010). *Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030. Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft*. Berlin. https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Nationale_Forschungsstrategie_Biooekonomie_2030.pdf. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2018). *Finding solutions to the Grand Societal Challenges*. Berlin. <https://www.bundesbericht-forschung-innovation.de/en/Finding-solutions-to-the-Grand-Societal-Challenges-2690.html>. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014). *Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie*. Berlin. <https://www.bmbf.de/files/Bio-Oekonomiestrategie.pdf>. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- Cologne Paper (2007). *En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy*. Cologne. https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Cologne_Paper-p-20000945.pdf. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- Dahmen, N.; Lewandowski, I.; Zibek, S.; & Weidtmann, A. (2018). Integrated lignocellulosic value chains in a growing bioeconomy: Status quo and perspectives. *GCB Bioenergy* 11, 107–117. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12586>.
- European Commission (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. COM (2012) 60. Brussels.
- European Commission (2018). *A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*. Updated Bioeconomy Strategy. Brussels.
- Greenwood, D. J., & Levin, M. (1998). *Introduction to action research: social research for social change*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.
- Kaldewey, D. (2018): *The Grand Challenges Discourse: Transforming Identity Work in Science and Science Policy*. *Minerva* 56, 161–182.
- Klein, J. T., Grossenbacher-Mansuy, W., Häberli, R., Bill, A., Scholz, R. W., & Welti, M. (Hrsg.) (2001). *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society*. Basel: Birkhäuser.
- Mayntz, R. (2006). *From Government to Governance: Political Steering in Modern Societies*. In: D. Scheer, & F. Rubik (Hrsg.), *Governance of Integrated Product Policy: In Search of Sustainable Production and Consumption* (S. 18–25). Sheffield: Greenleaf.

- MWK (Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Forschung Baden-Württemberg) (2013). Bioökonomie im System aufstellen. Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie „Bioökonomie“. Stuttgart.
- Nowotny, H. (1999). Es ist so. Es könnte auch anders sein. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1995). Technologies for Cleaner Production and Products – Towards Technological Transformation for Sustainable Development. Paris.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2009). The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. Paris. <https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- Omenn, G. S. (2006). Grand Challenges and Great Opportunities in Science, Technology, and Public Policy. *Science* 314, 1696–1704.
- Paul, R., Mölders, M., Bora, A., Huber, M., & Münte, P. (2017). Society, Regulation and Governance: New Modes of Shaping Social Change? Cheltenham: Edward Elgar.
- Rösch, C., Roßmann, M., & Weickert, S. (2018). Microalgae for integrated food and fuel production. *GCB Bioenergy* 11, 326–334. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12579>.
- Scheer, D., & Rubik, F. (Hrsg.) (2006). Governance of Integrated Product Policy: In Search of Sustainable Production and Consumption. Sheffield: Greenleaf.
- Schneider, A., Schmidpeter, R. (Hrsg.) (2012). Corporate Social Responsibility: Verantwortungsvolle Unternehmensführung in Theorie und Praxis. Wiesbaden: Springer-Gabler.
- Socolow, R., Andrews, C., Berkhout, F., & Thomas, V. (Hrsg.) (1994). Industrial Ecology and Global Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tukker, A., Emmert, S., Charter, M., Vezzoli, C., Sto, E., Anderson, M. M., Geerken, T., Tischner, U., & Lahlou, S. (2008). Fostering change to sustainable consumption and production: An evidence based view. *Journal of Cleaner Production* 16, 1218–1225.
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg), & MLR (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg) (2019). Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg. Stuttgart. https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/PDFs/Bio%C3%B6konomie/Landesstrategie_Nachhaltige_Bio%C3%B6konomie.pdf. Zugegriffen: 9. Dezember 2019.
- Wissenschaftsrat (2015). Zum wissenschaftspolitischen Diskurs über Große gesellschaftliche Herausforderungen. Positionspapier (Drs. 4594-15). Köln.

Teil I

**Bioökonomie zwischen Zukunfts- und
Nachhaltigkeitsgestaltung**



Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomie

2

Armin Grunwald

Zusammenfassung

Das Konzept Bioökonomie genießt zunächst Vorschusslorbeeren in Bezug auf Nachhaltigkeit, da es die Umstellung von Wirtschaftskreisläufen von nicht erneuerbaren auf nachwachsende, biobasierte Rohstoffe beinhaltet. Dennoch ist sie damit keineswegs automatisch nachhaltig. Die Bestimmung von Bedingungen, unter denen sie als nachhaltig angesehen werden kann, steht im Mittelpunkt dieses Kapitels. Sie nimmt ihren Ausgangspunkt in Überlegungen, auf welche Weise der Begriff der nachhaltigen Entwicklung mit Bedeutung gefüllt wird. Nachhaltigkeit ist nicht im Sinne einer naturwissenschaftlichen Definition bestimmbar, sondern bedarf der stetigen Arbeit an ihrer Bedeutung. Diese wird im vorliegenden Kapitel, basierend auf der Brundtland-Definition, als hermeneutischer Zirkel modelliert. Um für die Bioökonomie Nachhaltigkeitsbedingungen zu bestimmen, bedarf es einer substantiellen Festlegung in dieser Bedeutungsarbeit. Hierfür wird das integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung verwendet. Aus den hierin enthaltenen Nachhaltigkeitsregeln lassen sich Anhaltspunkte finden, was bei der Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie beachtet werden muss.

A. Grunwald (✉)

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: armin.grunwald@kit.edu

Schlüsselwörter

Nachhaltigkeitsdefinition · Brundtland · Hermeneutischer Zirkel · Integratives Nachhaltigkeitskonzept · Nachhaltigkeitsregeln

2.1 Ist Bioökonomie per se nachhaltig?

Die Bioökonomie genießt als Umstellung von Wirtschaftskreisläufen von nicht erneuerbaren auf biobasierte Rohstoffe im Energie- und Materialienbereich zunächst Vorschusslorbeeren in Bezug auf Nachhaltigkeit. Das Wort „Bioökonomie“ hört sich im allgemeinen Sprachgebrauch viel nachhaltiger an als etwa das Kunstwort „Chemo-Ökonomie“. Vermutlich würde eine Umfrage in der Bevölkerung, ob Bio- oder Chemo-Ökonomie nachhaltiger seien, zu einem extrem eindeutigen Ergebnis kommen. Wenn jedoch Bioökonomie wirklich *per se* nachhaltig oder zumindest nachhaltiger wäre, hätte dieses Kapitel nicht geschrieben werden müssen. Dass es nicht so einfach ist, zeigt ein kurzer Blick in die aktuelle Debatte zur Bioökonomie.

Die Bioökonomie lässt sich nach der Unterscheidung von Effizienz-, Konsistenz- und Suffizienzstrategien der Nachhaltigkeit (Huber 1995) als Kombination von Effizienz- und Konsistenzstrategie verstehen (Grunwald 2017). Die weitgehende Abstützung von Nahrungsmittel-, Produktions- und Wertschöpfungsketten auf biobasierte Grundstoffe, seien dies nachwachsende Biomasse oder biogene Abfallstoffe, führt diese Ketten dem Anspruch nach näher an natürliche Kreisläufe heran als in der auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft. Dieser Erhöhung der Konsistenz muss die Effizienz zur Seite gestellt werden, um umweltverträgliche Gesamtbilanzen zu ermöglichen. Man kann Bioökonomie als Ansatz verstehen, mit Konsistenz und Effizienz die Umweltbelastung so weit zu reduzieren, dass ein Verbleib im klassischen Wachstumsparadigma (weitgehend) möglich ist. Entsprechend werden Suffizienzstrategien und Verhaltensänderungen in den Debatten der Bioökonomie bislang zu wenig berücksichtigt (Priefer 2018). In diesem Sinne erscheint sie als idealer Ansatz, Grundgedanken des *Green Growth* umzusetzen (OECD 2011).

Auf der anderen Seite findet sich schroffe Kritik. So werde mit der Bioökonomie eine neue Spirale der Indienstellung des Lebens durch die Ökonomie in Gang gesetzt, den „Wegen zum Frieden mit der Natur“ (Meyer-Abich 1984) gerade entgegen gesetzt: „Der Begriff ‚Bioökonomie‘ bezeichnet nicht etwa eine Ökologisierung der Ökonomie, sondern eine Ökonomisierung des Biologischen, also des Lebendigen“ (Gottwald und Krätzer 2014). Ideologiekritisch wird so

Bioökonomie als Versuch mächtiger Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gesehen, ihren Partikularinteressen unter dem hehren Mantel der Umweltverträglichkeit nachzugehen. Kritisiert wird auch, dass mit allein auf Effizienz und Konsistenz beruhenden Konzepten wie der Bioökonomie möglicherweise ein grundsätzlich nicht nachhaltiges Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell aufrechterhalten werde statt dieses an der Wurzel zu verändern (Blühdorn 2007). Die Umwertung alles Lebendigen zum Rohstoff Biomasse sei nur ein weiterer Schritt auf einem verhängnisvollen Weg, der die Vernichtung der Existenzgrundlagen der Menschheit beschleunige (Gottwald und Krätzer 2014).

Allein die Existenz dieser Debatte motiviert Zweifel, ob die Nachhaltigkeit der Bioökonomie *per se* gegeben ist. In der Tat muss sie begründet werden. Und wie bei anderen Technologiefeldern auch, geht es nicht um die Frage nachhaltig oder nicht nachhaltig, sondern darum, wie die Bioökonomie durch Lernprozesse zur Nachhaltigkeit beitragen kann.

Die Bestimmung von Anforderungen, unter denen Bioökonomie beziehungsweise Beiträge der Bioökonomie zur Gestaltung von Wirtschaft und Gesellschaft als nachhaltig angesehen werden können, steht im Mittelpunkt dieses Kapitels (vgl. auch Fritsche und Rösch 2017). Sie nimmt ihren Ausgangspunkt in Überlegungen, auf welche Weise der Begriff der nachhaltigen Entwicklung mit Bedeutung gefüllt wird. Nachhaltigkeit ist nicht im Sinne einer naturwissenschaftlichen Definition bestimmbar, sondern bedarf der stetigen Arbeit an ihrer Bedeutung. Diese wird im vorliegenden Kapitel, basierend auf der Brundtland-Definition, als hermeneutischer Zirkel modelliert (Abschn. 2.2). Als substantielle Festlegung in der Bedeutungsarbeit wird das integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung verwendet (Abschn. 2.3). Aus den hierin enthaltenen Nachhaltigkeitsregeln lassen sich Anhaltspunkte finden, was bei der Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie beachtet werden muss (Abschn. 2.4).¹ Auf diese Weise entsteht ein Ausblick auf nachhaltige Zukünfte der Bioökonomie (Abschn. 2.5). Diese erlauben auch, Bezüge zu den Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen (UN 2015) herzustellen, wie zum Beispiel in der aktuellen Bioökonomie-Strategie der Europäischen Kommission: „The EU is already a global leader in the sustainable use of natural resources within an efficient bioeconomy, which is essential to most of the Sustainable Development Goals“ (EC 2018, S. 7). Dies übersteigt freilich den Rahmen des vorliegenden Kapitels.

¹Dieses Kapitel führt frühere Arbeiten des Autors zusammen (vor allem Grunwald 2016a, Kap. 2, 4 und 10, und Grunwald 2017) und entwickelt sie weiter im Hinblick auf Bioökonomie.

2.2 Auf dem Weg zur Bedeutung nachhaltiger Entwicklung

Das, was Nachhaltigkeit „bedeutet“, scheint im Großen und Ganzen klar zu sein: es geht um Zukunftsverantwortung und Gerechtigkeit, um die Sicherung der Grundlagen dauerhafter menschlicher Zivilisation auf dem Planeten Erde. Dadurch ist jedoch nicht schon automatisch klar, was nachhaltige Entwicklung im Einzelfall konkret bedeutet. Insbesondere Zielkonflikte und Abwägungsnotwendigkeiten, sobald es um politische oder andere Interventionen in bestehende Wirtschaftsprozesse, Infrastrukturen, Regulierungen oder Anreizsysteme für Konsumhandlungen geht, sind oft nur schwer auflösbar. Der programmatische Konsens verflüchtigt sich dann rasch und macht einer Vielfalt Platz, die oft genug zu konflikthaften Auseinandersetzungen um Interessen führt, denen gegenüber der Nachhaltigkeitsbegriff immer wieder schwach erscheint. Entsprechend wurde in den letzten Jahrzehnten teils heftige Kritik an diesem Begriff geübt (Abschn. 2.2.1). Bedeutungszuschreibungen müssen diese Kritikpunkte ernst nehmen. Meine Antwort setzt an der Definition der Brundtland-Kommission an (Abschn. 2.2.2) und operiert mit einem Modell der Bedeutungsarbeit, das sich anhand der bekannten Denkfigur des hermeneutischen Zirkels erklären lässt (Abschn. 2.2.3) und einen nicht abschließbaren Prozess illustriert (Abschn. 2.2.4).

2.2.1 Kritik am Nachhaltigkeitsbegriff

Dass Bedeutungsarbeit für nachhaltige Entwicklung erforderlich ist, lässt sich unmittelbar aus vielen Kritikpunkten an diesem Begriff – nicht unbedingt an den damit transportierten Inhalten – erkennen. Insbesondere von Wissenschaftlern, speziell aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften, aber auch von Praktikern wird immer wieder kritisiert, dass der Begriff nicht klar definiert sei. Entsprechende Kritikpunkte sind (nach Grunwald und Kopfmüller 2012):

- *Nachhaltige Entwicklung als inhaltsleere Hülle*: das Leitbild nachhaltiger Entwicklung sei zwar rhetorisch mächtig, aber inhaltlich leer. Die Akzeptanz des Leitbildes sage konkret nichts aus. Stattdessen könnten sich komplett gegensätzliche Positionen simultan auf Nachhaltigkeit berufen.
- *Nachhaltige Entwicklung als ideologische Täuschung*: die Inhaltsleere lade zum ideologischen Missbrauch ein. Interessenvertreter verkaufen gerne ihre partikularen Interessen unter dem rhetorischen Mantel nachhaltiger Entwicklung.

- *Nachhaltige Entwicklung als Beruhigungspille*: der Nachhaltigkeitsbegriff suggeriere, dass die dramatischen Zukunftsprobleme schon irgendwie gelöst werden könnten, wenn man nur lange genug darüber rede. Ob das wirklich der Fall sei, sei unwichtig, solange der Beruhigungseffekt anhalte.
- *Nachhaltige Entwicklung als Fata Morgana*: die moralische Aufladung und das Pathos nachhaltiger Entwicklung seien mit illusionären Erwartungen überladen, Nachhaltigkeit sei eine säkularisierte aber unerreichbare Paradiesvorstellung.

Diese Beobachtungen sind nicht originell, sondern begleiten die Debatte zur Nachhaltigkeit von Beginn an. Sie machen deutlich, dass die Akzeptanz der Idee der Nachhaltigkeit auf einer abstrakt-programmatischen oder gar nur rhetorischen Ebene bei Weitem nicht reicht. Wenn die genannten Kritikpunkte zuträfen, wäre eine praktische Arbeit mit dem Nachhaltigkeitsbegriff, also tätige Weltveränderung oder, wie man heute sagt, Transformation in Richtung nachhaltige Entwicklung nicht möglich, weil die Richtung völlig unklar und diffus wäre. So gesehen ist die Tatsache, dass Nachhaltigkeit sich nicht wie ein technischer, naturwissenschaftlicher oder juristischer Begriff klar definieren lässt, in der Tat ein Ärgernis in praktischer Hinsicht. Wenn Nachhaltigkeit eindeutig definierbar wäre, könnte Nachhaltigkeitspolitik als Management in einem festen begrifflichen Rahmen und mit einer klaren Richtungsvorgabe betrieben werden, entlastet von lähmenden Bedeutungsdebatten und langwierigen Auseinandersetzungen.

Dass dies nicht so ist, sollte jedoch nicht bedauert werden. Erstens liegt die Unmöglichkeit einer klaren und abschließenden Definition in der Natur der Sache (Abschn. 2.2.2). Und zweitens, vielleicht überraschender, trägt die Nicht-Definierbarkeit der Nachhaltigkeit einen Wert in sich (Grunwald 2016a, Kap. 15). Statt also eine Definition anzustreben, die dann nur angewendet werden muss, ist fortlaufend an der konkreten Bedeutung nachhaltiger Entwicklung zu arbeiten. Es muss um diese Bedeutung gerungen werden.

2.2.2 Die Brundtland-Definition als Ausgangspunkt

Die bekannte Bestimmung der Brundtland-Kommission besagt, dass eine Entwicklung dann nachhaltig ist, wenn sie die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation befriedigt, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, deren Bedürfnisse zu befriedigen (Hauff 1987, S. 51). In dieser Definition ist es gelungen, die ethischen Grundgebote der Universalität