

TEXTE 00/2019

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 31 103 0

Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung

Abschlussbericht

von

Martin Möller, Viviana López, Rasmus Prieß und Tobias
Schleicher
Öko-Institut, Büro Freiburg, Merzhauser Str. 173, 79100 Freiburg

Katja Hünecke und Klaus Hennenberg
Öko-Institut, Büro Darmstadt, Rheinstraße 95, 64295 Darmstadt

Franziska Wolff
Öko-Institut, Büro Berlin, Borkumstraße 2, 13189 Berlin

Zoritz Kiresiewa und Marius Hasenheit
Ecologic Institut, Pfalzburger Straße 43/44, 10717 Berlin

Patrick Schröder
University of Sussex, Institute of Development Studies (IDS),
Library Road, UK - Brighton BN1 9RE

Prof. Dr. Bernward Gesang (nur Kap. 2)
Universität Mannheim, Lehrstuhl für Philosophie mit
Schwerpunkt Wirtschaftsethik, 68161 Mannheim

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Stand: 19. August 2020

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V. Öko-Institut e.V.
Merzhauser Straße 173 Merzhauser Straße 173
79017 Freiburg 79017 Freiburg

Abschlussdatum:

September 2020

Redaktion:

Fachgebiet I 1.1
Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien, Ressourcenschonung
Almut Jering, Jens Günther und
Fachgebiet V 1. 3, Erneuerbare Energien, Jan Seven

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, August 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung (deutsch)

Im Forschungsvorhaben „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030 / SDG-Umsetzung“ (FKZ 3717 31 103 0) wurden Chancen herausgearbeitet und Risiken abgeschätzt, die sich aus der Umsetzung staatlicher Bioökonomie-Strategien für die Erreichung der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) ergeben können.

Dazu erstellte das Projektteam zunächst einen Überblick über vorhandene Bioökonomie-Konzepte. Es analysierte den deutschsprachigen Diskurs zur Bioökonomie und arbeitete die wesentlichen ethischen Aspekte des Bioökonomie-Diskurses heraus. Weiterhin führten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Screening relevanter Technikpfade durch, um Entwicklungslinien der Bioökonomie und deren Potenziale zu bewerten. Daran schloss sich im Rahmen einer Kohärenzanalyse ein Abgleich der Bioökonomie-Konzepte mit den inhaltlichen Anforderungen verschiedener Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden an, wobei die SDGs der Agenda 2030, das Konzept der Planetaren Grenzen und ausgewählte nationale umweltpolitische Agenden (z.B. Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie) Gegenstand der Untersuchung waren. Schließlich leiteten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konkrete Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus ausgewählten Zielen nachhaltiger Entwicklung ab, mit Schwerpunkt auf SDG 2 und SDG 15.

Der vorliegende Bericht fasst zunächst die wichtigsten Ergebnisse der zuvor genannten Analysen zusammen. Anschließend werden Politikempfehlungen zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie im Sinne der Agenda 2030 vorgestellt, die im Projekt auf der Grundlage der Analyseergebnisse entwickelt wurden.

Abstract (englisch)

In the research project "Sustainable resource use – Requirements for a Sustainable Bioeconomy from Agenda 2030 / SDG implementation" (FKZ 3717 31 103 0), opportunities were identified and risks assessed that could arise from the implementation of governmental bioeconomy strategies for achieving the UN Sustainable Development Goals (SDGs).

To this end, the project team first prepared an overview of existing bioeconomy concepts. It analysed the discourse on bioeconomy in Germany and elaborated the main ethical aspects of the bioeconomy discourse. In addition, the researchers conducted a screening of relevant technology pathways in order to evaluate the development trends of bioeconomy and their potentials. This was followed by a coherence analysis to compare the bioeconomy concepts with the content requirements of various environmental and sustainability agendas, whereby the SDGs of the 2030 Agenda, the concept of Planetary Boundaries and selected national environmental policy agendas (e.g. the German Sustainability Strategy) were the subject of the investigation. Finally, the researchers derived concrete requirements for a sustainable bioeconomy from selected sustainable development goals, with a focus on SDG 2 and SDG 15.

The present report first summarizes the most important results of the above-mentioned analyses. Subsequently, policy recommendations for the further development of a sustainable bioeconomy in terms of the 2030 Agenda are presented, which were developed in the project on the basis of the results of the analyses.

Résumé (français)

Dans le projet de recherche « Utilisation durable des ressources – Exigences pour une bioéconomie durable de l'Agenda 2030/ mise en œuvre des SDG » (FKZ 3717 31 103 0), des opportunités ont été identifiées et des risques évalués qui pourraient découler de la mise en œuvre des stratégies de bioéconomie gouvernementales pour atteindre les objectifs des Nations unies en matière de développement durable (Objectifs de développement durable, ODD).

À cette fin, l'équipe du projet a d'abord préparé un aperçu des concepts de bioéconomie existants. Il a analysé le discours germanophone sur la bioéconomie et a élaboré les principaux aspects éthiques du discours sur la bioéconomie. En outre, les scientifiques ont procédé à un examen des voies technologiques pertinentes afin d'évaluer les axes de développement de la bioéconomie et son potentiel. Une analyse de cohérence a ensuite été effectuée pour comparer les concepts de bioéconomie avec les exigences de contenu de divers programmes environnementaux et de durabilité. Les ODD de l'Agenda 2030, le concept de limites planétaires et certains programmes nationaux de politique environnementale (par exemple la stratégie allemande de durabilité) ont fait l'objet de l'enquête. Enfin, les scientifiques ont tiré des exigences concrètes pour une bioéconomie durable de certains objectifs de développement durable, en mettant l'accent sur les ODD 2 et ODD 15.

Le présent rapport résume tout d'abord les principaux résultats des analyses susmentionnées. Par la suite, des recommandations politiques pour le développement d'une bioéconomie durable en termes d'Agenda 2030 sont présentées, qui ont été développées dans le projet sur la base des résultats de l'analyse.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	13
Summary	23
Sommaire	33
Tabellenverzeichnis.....	44
Abbildungsverzeichnis.....	45
Abkürzungsverzeichnis.....	46
1 Einführung und Überblick.....	50
2 Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse.....	52
3 Entwicklungslinien und Potenziale der Bioökonomie.....	62
3.1 Wie stellt sich die heutige Nutzung biogener und nicht-biogener Rohstoffe dar?	63
3.2 Welche Substitutionsoptionen von nicht-biogenen durch biogene Rohstoffe bestehen? ..	63
3.3 Welche künftig möglichen Bioökonomie-Pfade können in der Literatur im nationalen, europäischen und internationalen Raum identifiziert werden?	64
3.4 Welchen Wirtschaftsbereichen sind künftig mögliche Bioökonomie-Pfade zuzuordnen? ..	65
3.5 Welche Wirkungen haben globale Megatrends auf die Bioökonomie?	65
3.6 Welche Biomasse wird in künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden eingesetzt?.....	66
3.7 In wieweit führen die künftig möglichen Bioökonomie-Pfade zu einer Be- und Entlastung der Biomassennutzung?.....	66
3.8 Welche Chancen sind mit künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden verbunden?	67
3.9 Welche Risiken und nicht-intendierten Wirkungen einer Bioökonomie-Strategie sind möglich?.....	68
3.10 Welche nicht-intendierten Wirkungen lassen sich verhindern oder eindämmen?.....	69
3.11 Welche nicht-intendierten Wirkungen müssen als nicht oder kaum vermeidbar gelten?...	70
3.12 Welchen Beitrag kann die Bioökonomie für eine treibhausgasneutrale, ressourcenschonende Gesellschaft bzw. zur Umsetzung der SDG leisten?	71
3.13 Literaturverzeichnis.....	73
4 Einordnung der Bioökonomie in den umweltpolitischen Kontext.....	74
4.1 Methodische Vorgehensweise.....	74
4.2 Ermittlung der wesentlichen Merkmale und Ziele von Bioökonomie-Konzepten.....	75
4.3 Abgleich zwischen Bioökonomie und dem Konzept der Planetaren Grenzen.....	77
4.3.1 Eckpunkte des Konzepts der planetaren Grenzen.....	77
4.3.2 Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen den Bioökonomie-Zielen und den planetaren Belastungsgrenzen	79
4.3.3 Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse.....	82
4.3.3.1 Bioökonomie-Ziel 1 „Wirtschaftswachstum in D/EU“	82
4.3.3.2 Bioökonomie-Ziel 2 „Schaffung von Arbeitsplätzen in D/EU“	82

4.3.3.3	Bioökonomie-Ziel 3 „Produktionssteigerung Agrar-/Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur“	82
4.3.3.4	Bioökonomie-Ziel 4 „Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation“	84
4.3.3.5	Bioökonomie-Ziel 5 „Weiterentwicklung Biotechnologie“	84
4.3.3.6	Bioökonomie-Ziel 6 „Ernährungssicherheit“	85
4.3.3.7	Bioökonomie-Ziel 7 „Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen“	85
4.3.3.8	Bioökonomie-Ziel 8 „effiziente Nutzung biogener Rohstoffe“	86
4.3.3.9	Bioökonomie-Ziel 9 „Klimaschutz“	87
4.3.4	Diskussion der Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse	87
4.4	Abgleich zwischen Bioökonomie und den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDGs)	88
4.4.1	Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen den Bioökonomie-Zielen und den UN-Nachhaltigkeitszielen	88
4.4.2	Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse	92
4.4.2.1	SDG 1 „Keine Armut“	92
4.4.2.2	SDG 2 „Kein Hunger“	92
4.4.2.3	SDG 3 „Gesundheit & Wohlergehen“	93
4.4.2.4	SDG 4 „Hochwertige Bildung“	93
4.4.2.5	SDG 5 „Geschlechtergerechtigkeit“	93
4.4.2.6	SDG 6 „Sauberes Wasser / Sanitär“	93
4.4.2.7	SDG 7 „Bezahlbare & saubere Energie“	94
4.4.2.8	SDG 8 „Menschenwürdige Arbeit & Wirtschaftswachstum“	94
4.4.2.9	SDG 9 „Industrie, Innovation & Infrastruktur“	95
4.4.2.10	SDG 10 „Weniger Ungleichheiten“	95
4.4.2.11	SDG 11 „Nachhaltige Städte & Gemeinden“	96
4.4.2.12	SDG 12 „Nachhaltiger Konsum & Produktion“	96
4.4.2.13	SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“	97
4.4.2.14	SDG 14 „Leben unter Wasser“	97
4.4.2.15	SDG 15 „Leben an Land“	97
4.4.2.16	SDG 16 „Frieden, Gerechtigkeit, starke Institutionen“	98
4.4.2.17	SDG 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“	98
4.4.3	Diskussion der Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse	99
4.5	Abgleich zwischen Bioökonomie und nationalen umweltpolitischen Agenden	102
4.5.1	Ziele und Strategien nationale umweltpolitische Agenden	103
4.5.1.1	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Aktualisierung 2018)	103
4.5.1.2	Integriertes Umweltprogramm	103
4.5.1.3	Klimaschutzplan 2050	104
4.5.1.4	Waldstrategie 2020	104

4.5.1.5	Nationales Programm für nachhaltigen Konsum.....	105
4.5.1.6	ProgRes II.....	105
4.5.1.7	Naturschutz-Offensive 2020	105
4.5.1.8	Agrarpolitisches Leitbild	106
4.5.2	Konsolidierte Ziele / Maßnahmen nationaler umweltpolitischer Agenden	106
4.5.3	Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse.....	106
4.5.3.1	Bioökonomie-Ziel 1 „Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und wirtschaftliches Wachstum in D/EU“	106
4.5.3.2	Bioökonomie-Ziel 2 „Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa (insbesondere im ländlichen Raum)“	107
4.5.3.3	Bioökonomie-Ziel 3 „Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur“	107
4.5.3.4	Bioökonomie-Ziel 4 „Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation“	107
4.5.3.5	Bioökonomie-Ziel 5 „Weiterentwicklung Biotechnologie“	108
4.5.3.6	Bioökonomie-Ziel 6 „Ernährungssicherheit“	108
4.5.3.7	Bioökonomie-Ziel 7 „Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen“	109
4.5.3.8	Bioökonomie-Ziel 8 „effiziente Nutzung biogener Rohstoffe“	109
4.5.3.9	Bioökonomie-Ziel 9 „Klimaschutz“	110
4.5.4	Diskussion der Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse zu den nationalen umweltpolitischen Agenden	110
4.6	Zusammenschau der Anforderungen aus bioökonomierelevanten SDGs an eine nachhaltige Bioökonomie	112
4.6.1	Methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der Ansatzpunkte	112
4.6.2	Politikfelder / Ansatzpunkte auf nationaler (und subnationaler) Ebene.....	114
4.6.3	Politikfelder / Ansatzpunkte auf europäischer und internationaler Ebene.....	119
4.6.4	Zusammenfassung der wichtigsten Handlungsansätze	123
4.6.4.1	Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf nationaler Ebene	123
4.6.4.2	Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf europäischer / internationaler Ebene	124
4.7	Literaturverzeichnis.....	125
5	Ableitung konkreter Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus ausgewählten SDGs	129
5.1	Methodische Vorgehensweise.....	129
5.2	Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15 - Synergien und Zielkonflikte.....	133
5.2.1	Bestehende Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15 – „business as usual“ Entwicklung ohne Bioökonomie	133
5.2.2	Literaturreview zur Identifizierung von relevanten Trends, Praktiken und Sektoren der Bioökonomie für SDG 2 und SDG 15	137
5.2.3	Bioökonomie-Ziele und Nachhaltigkeitsziele: Wechselwirkungen mit den Unterzielen der SDGs 2 und 15.....	143

5.3	Themencluster und Anforderungen aus SDG 2 und SDG 15 an eine nachhaltige Bioökonomie	148
5.3.1	Hunger und Mangelernährung beenden – SDG 2.1 und 2.2	149
5.3.1.1	Zielkonflikte Bioenergie vs. Ernährungssicherheit.....	149
5.3.1.2	Nachhaltige Produktionssteigerung zur Hungerbekämpfung	150
5.3.1.3	Nachhaltige Ernährung und alternative Proteinquellen.....	151
5.3.2	Verdopplung landwirtschaftlicher Produktion kleiner Nahrungsmittelproduzentinnen und Produzenten durch resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden - SDG 2.3 und 2.4.....	152
5.3.2.1	Agrarökologie.....	153
5.3.2.2	Klimaresiliente Landwirtschaft (CSA).....	154
5.3.2.3	Ökologischer Landbau	156
5.3.2.4	Digitale Landwirtschaft	158
5.3.2.5	Nachhaltige Intensivierung und ökologische Intensivierung.....	159
5.3.2.6	Schlussfolgerungen	161
5.3.3	Erhalt der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG-Unterziel 2.5) und Faire Verteilung und Nutzung genetischer Ressourcen (SDG-Unterziel 15.6)	162
5.3.3.1	Patentierung von Biotechnologien	163
5.3.3.2	Open Innovation und ‚Global Commons‘-Saatgutbanken.....	165
5.3.3.3	Schlussfolgerungen	166
5.3.4	Korrektur von Handelsbeschränkungen und -verzerrungen auf den Weltagrarmärkten, Schaffung stabiler Märkte und Beseitigung aller Formen von Agrarexportsubventionen – SDG-Unterziele 2.B und 2.C.....	167
5.3.4.1	EU (Export) Subventionen der GAP	167
5.3.4.2	EU-Importe von Biomasse	169
5.3.4.3	Nachhaltigkeitsstandards für Biomasse- und Nahrungsmittel.....	170
5.3.4.4	Schlussfolgerungen.....	170
5.3.5	Nachhaltige Nutzung und Schutz von Ökosystemen und Wäldern – SDG-Unterziele 15.1 und 15.2	171
5.3.5.1	Schutz von Wäldern und Wiederaufforstung	172
5.3.5.2	Nachhaltige Forstwirtschaft.....	173
5.3.5.3	Agrarforstwirtschaft.....	174
5.3.5.4	Wälder und Klimaschutz	175
5.3.5.5	Biotechnologische Forschung im Bereich Waldschutz und Forstwirtschaft.....	175
5.3.5.6	Nichtholzprodukte und Ernährungssicherheit.....	176
5.3.5.7	Partizipation in nachhaltiger Bewirtschaftung von Wäldern.....	176
5.3.5.8	Schlussfolgerungen	177
5.3.6	Bodenschutz – SDG-Unterziel 15.3	178

5.3.6.1	Institutionen zur nachhaltigen Bodenbewirtschaftung.....	179
5.3.6.2	Kontrolliert ökologischer Landbau	180
5.3.6.3	Schlussfolgerungen.....	181
5.3.7	Erhaltung der Biodiversität – SDG-Unterziele 15.5 und 15.9	182
5.3.7.1	Nutzung und Bewahrung von Biodiversitätswissen	183
5.3.7.2	Nutzung des Konzeptes der Ökosystemleistungen zur Inwertsetzung der Natur.....	184
5.3.7.3	Möglichkeiten und Risiken der Biotechnologie im Kontext Biodiversitätsschutz	184
5.3.7.4	Schlussfolgerungen.....	187
5.3.8	Zusammenfassung – Zielkonflikte und Synergien SDG 2 und SDG 15	188
5.4	Illustrierende Länderfallstudien.....	189
5.4.1	Länderfallstudie Indonesien – Palmölproduktion.....	190
5.4.1.1	Übersicht zur Bioökonomie in Indonesien – Narrative, nationale Politiken und Hauptakteure.....	190
5.4.1.2	Wechselwirkungen zwischen Bioökonomie-Zielen und SDGs im indonesischen Palmöl-Sektor.....	192
5.4.1.3	Anforderungen aus SDG 2 für den Palmölanbau.....	194
5.4.1.4	Anforderungen aus SDG 15 für den Palmölanbau.....	195
5.4.1.5	Palmöl-Zertifizierung und Waldschutz.....	196
5.4.2	Länderfallstudie 2: Kolumbien – Zuckerrohrproduktion	198
5.4.2.1	Übersicht zur Bioökonomie in Kolumbien – Narrative, nationale Politiken und Hauptakteure.....	198
5.4.2.2	Bioökonomie in Kolumbien am Beispiel von Zuckerrohr	200
5.4.2.3	Anforderungen aus SDG 2 für den Zuckerrohranbau	201
5.4.2.4	Anforderungen aus SDG 15 für den Zuckerrohranbau.....	202
5.4.3	Länderfallstudie Südafrika – Biotechnologie	203
5.4.3.1	Übersicht zur Bioökonomie in Südafrika – Narrative, nationale Politiken und Hauptakteure.....	203
5.4.3.2	SDG-Implementierung in Südafrika	204
5.4.3.3	Bioökonomie in Südafrika am Beispiel der Biotechnologie.....	205
5.4.3.4	Anforderungen aus SDG 2 an den Biotechnologie-Einsatz.....	206
5.4.3.5	Anforderungen aus SDG 15 an den Biotechnologie-Einsatz.....	206
5.4.4	Schlussfolgerungen aus den Fallstudien	206
5.5	Ansatzpunkte für Empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie.....	207
5.6	Literaturverzeichnis.....	212
6	Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie im Sinne der Agenda 2030	223
6.1	Einleitung und Überblick.....	223
6.2	Handlungsfelder für eine nachhaltigere Ausgestaltung der Bioökonomie.....	227

6.2.1	Die Rolle von Bioökonomie im Kontext der planetaren Grenzen und der Agenda 2030 konkretisieren	227
6.2.2	Den gesellschaftlichen Dialog zur Bioökonomie stärken und die Governance von Bioökonomie ausbalancieren	231
6.2.3	Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren und ein regelmäßiges Monitoring durchführen	234
6.2.4	Starke internationale Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln.....	235
6.2.5	Bioökonomie mit nachhaltigem Land- und Flächenmanagement verknüpfen	238
6.2.6	Branchenspezifische Roadmaps für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln	241
6.2.7	Konsum- und Ernährungsstile nachhaltiger gestalten.....	242
6.2.8	Biotechnologie vorsorgeorientiert nutzen	244
6.2.9	Forschungs- und Innovationspolitik zur Bioökonomie an ihrem Gesellschafts- und Umweltnutzen ausrichten	246
6.2.10	Forschungslücken adressieren.....	248
6.3	Literaturverzeichnis.....	249
Anhang: Tabellarischer Überblick über Handlungsfelder und -empfehlungen		253

Zusammenfassung

Das Konzept der „Bioökonomie“, so formuliert die Nationale Bioökonomie-Strategie, umfasst „die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen“¹. Dieses Konzept wurde in den vergangenen Jahren als Möglichkeit präsentiert, die Ära fossiler Ressourcen abzulösen, den Klimaschutz zu stärken und Rohstoffabhängigkeiten von Industrieländern zu mindern, eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren, Innovation und Wachstum anzuregen und dabei Einkommenschancen in ländlichen Regionen der Industriestaaten wie auch in biomasseproduzierenden Ländern des Globalen Südens zu schaffen.

Mit der Bioökonomie (BÖ) verknüpfen sich jedoch auch eine Reihe von Kritikpunkten und ethischen Herausforderungen. Sie reichen von den Nachhaltigkeitswirkungen industrieller, inputintensiver Landwirtschaft und Gentechnik, deren Nutzung sich im Rahmen der Bioökonomie ausweiten, über steigenden Nutzungsdruck auf intakte Ökosysteme und sich verschärfende Nutzungskonkurrenzen um Flächen, (hochwertige) Böden und Wasser, bis hin zur Frage, ob es angemessen ist, komplexe Probleme wie Klimawandel und Ernährungssicherung mit überwiegend technischen Ansätzen („technical fix“) lösen zu wollen.

Im Forschungsvorhaben „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/ SDG-Umsetzung“ (FKZ 3717 31 103 0) wurden Chancen herausgearbeitet und Risiken abgeschätzt, die sich aus der Umsetzung staatlicher Bioökonomie-Strategien für die Erreichung der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) ergeben können. Dazu erstellte das Projektteam zunächst einen Überblick über vorhandene Bioökonomie-Konzepte. Es analysierte den deutschsprachigen Diskurs zur Bioökonomie und führte ein Screening relevanter Technikpfade durch, um Entwicklungslinien der Bioökonomie und deren Potenziale zu bewerten. Weiterhin glichen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Bioökonomie-Konzepte mit den inhaltlichen Anforderungen verschiedener Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden – insbesondere der Agenda 2030 – ab (Kohärenzanalyse). Schließlich leiteten sie konkrete Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus ausgewählten Zielen nachhaltiger Entwicklung ab, mit Schwerpunkt auf SDG 2 und SDG 15.

Die vorliegende Zusammenfassung gibt zunächst die wichtigsten Ergebnisse der zuvor genannten Analysen wieder. Anschließend werden Politikempfehlungen für eine nachhaltige Ausgestaltung der Bioökonomie vorgestellt, die im Projekt auf der Grundlage der Analyseergebnisse entwickelt wurden.

Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse

Auf der Grundlage einer detaillierten **Analyse² der politischen BÖ-Strategien** in Deutschland, auf EU-Ebene sowie ausgewählter Nicht-EU-Staaten wurde der **Diskurs zur Bioökonomie³** in Deutschland ausgewertet. Zur Identifizierung der argumentativen Strukturen im Diskursfeld „Bioökonomie“ wurden aus 148 Texten der Jahre 2007 - 2018 das grundlegende Verständnis und „Framing“ von Bioökonomie, die identifizierten Regelungsbedarfe und -ansätze sowie die

¹ Bundesregierung (2020): Nationale Bioökonomie-Strategie, Kabinettdversion, 15.01.2020. Berlin & Bonn, 2020, S 6

² Die vollständigen Ergebnisse der Analyse der politischen Bioökonomie-Strategien sowie der Diskursanalyse sind verfügbar als UBA-Texte 78/2019, siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>.

³ Im Folgenden werden Auszüge aus der Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Diskursanalyse wiedergegeben, siehe UBA-Texte 78/2019, siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>.

diskursiven Strategien herausgearbeitet. Auf diese Weise konnten drei Teildiskurse und die sie stützenden Diskurskoalitionen voneinander abgegrenzt werden:

- ▶ ein „*affirmativer*“ BÖ-Diskurs, der Chancen der Bioökonomie betont. Ihn stützt eine Reihe staatlicher und wirtschaftlicher Akteure: „Konventionelle“ Biomasseproduzenten und -verarbeiter sowie Nutzer biobasierter (Zwischen-) Produkte inklusive des Biotechnologiesektors sowie der chemischen Industrie.
- ▶ ein „*pragmatischer*“ BÖ-Diskurs, der Chancen und Risiken von Bioökonomie gegeneinander abwägt und nach stringenten Nachhaltigkeitsstandards ruft. Trägerinnen und Träger sind v.a. umweltorientierte staatliche Akteure und einige wenige Unternehmen bzw. Wirtschaftsverbände, die außerhalb der Bioökonomie-sektoren stehen (z.B. Wasserwirtschaft).
- ▶ ein „*kritischer*“ BÖ-Diskurs, der mit dem „dominanten“ (vom affirmativen Teildiskurs geprägten) Konzept der Bioökonomie mehr Risiken als Chancen verbindet und einen grundsätzlicheren Wandel fordert. Die Protagonistinnen und Protagonisten sind Umwelt- und Naturschutzverbände, entwicklungspolitische Gruppen sowie gentechnikkritische Verbände der Land- und Lebensmittelwirtschaft.

Im affirmativen BÖ-Diskurs wird die Bioökonomie als globales Nachhaltigkeitsprojekt mit ökologischem Nutzen gerahmt. Sie wird zugleich als Innovations- und Technologieprojekt verfolgt, das Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit stärken kann. Das zentrale Risiko im Kontext der Bioökonomie wird in den physischen Grenzen der Ressourcenverfügbarkeit gesehen. Sprachlich-rhetorisch versucht der affirmative BÖ-Diskurs u.a. durch eine Win-Win-Win-Argumentation (ökologischer, ökonomischer und soziale Nutzen) zu überzeugen. Zu den Widersprüchlichkeiten des affirmativen Diskurses gehört, dass er sich wenig mit Zielkonflikten und den Ursachen der Nachhaltigkeitsprobleme befasst, die die Bioökonomie „lösen“ soll, und diese daher nicht gegen alternative oder komplementäre Lösungsansätze abwägt.

Auch im pragmatischen Diskurs wird Bioökonomie als Chance für mehr Nachhaltigkeit gesehen, allerdings werden die Risiken stärker gewichtet. Er thematisiert Verteilungsgerechtigkeit im Hinblick auf ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen der Bioökonomie im Globalen Süden und in Deutschland. Hinsichtlich politischer Strategien werden starke umweltfachliche Grenzen gefordert, um z.B. Ernährungssicherung und biologische Vielfalt nicht zu gefährden. Auf sprachlich-rhetorischer Ebene sucht der pragmatische Diskurs Unterstützung zu gewinnen, indem er die Debatte um eine offene Diskussion von Zielkonflikten weitet, Anschlussfähigkeit an den breiteren umwelt- und wirtschaftspolitischen Diskurs der „Ökologischen Modernisierung“ sucht und argumentativ wie sprachlich ausgewogen bleibt.

Der Fokus des kritischen BÖ-Diskurses liegt nicht auf den Chancen, sondern den Risiken der Bioökonomie im Globalen Süden wie auch im Norden. Das dominante BÖ-Verständnis wird als industriegetrieben, undemokratisch und machtblind kritisiert. Statt einer technologiezentrierten Substitution fossiler Energien und Rohstoffe müsse Bioökonomie umfassender die sozioökonomischen und sozioökologischen Herausforderungen von Klima-, Ressourcenschutz und Ernährungssicherung lösen. Den kritischen Diskurs kennzeichnet weiterhin ein klares Bekenntnis zu agrarökologischen, gentechnikfreien und (klein-)bäuerlichen Ansätzen der Biomasseerzeugung. Sprachlich-rhetorisch sucht er Unterstützung u.a. durch Aufdeckung der materiellen Interessen und rhetorischen Strategien des affirmativen BÖ-Diskurses, durch „Naming“ problematischer Akteure und „Shaming“ schädlicher Praktiken auf lokaler Ebene (z.B. Landraub).

Die skizzierte Einteilung in die drei Teildiskurse ist nicht immer trennscharf und daher v.a. als eine Heuristik zu verstehen. Zudem haben sich die Teildiskurse im Zeitablauf geändert: So hat sich der affirmative BÖ-Diskurs nach den Anfangsjahren für ökologische und soziale Ziele

geöffnet und der kritische Diskurs, der zunächst stärker auf Teilaspekte wie energetische Biomassenutzung, industrielle Landwirtschaft und Gentechnik fokussiert war, verstärkt dem Gesamtkonzept der Bioökonomie zugewendet.

Ausgehend von der Diskursanalyse lassen sich aus **ethischer Perspektive** zwei zentrale Konfliktfelder ableiten: Das Mensch-Natur-Verhältnis in der Bioökonomie und Gerechtigkeitsaspekte der Bioökonomie. Aus einer kritischen Auseinandersetzung mit den wichtigsten ethischen Ansätzen für das Mensch-Natur-Verhältnis lässt sich zeigen, dass der *Pathozentrismus* die plausibelste Position ist, d.h. das Wohlergehen aller schmerzempfindlichen Lebewesen sollte die oberste Maxime ethischen Handelns bilden. Die Analyse verschiedener ethischer Ansätze der Verteilungsgerechtigkeit kommt zu dem Ergebnis: De facto ist es am besten zu rechtfertigen, wenn möglichst viele Menschen über eine „Suffizienzschwelle“ gebracht werden, also mit dem versorgt werden, was sie für ein gutes Leben brauchen. Insgesamt betrachtet scheint daher der Ansatz des *Suffizientarismus* die beste Arbeitsgrundlage bzgl. des Verständnisses von Verteilungsgerechtigkeit zu bieten. In Hinblick auf Generationengerechtigkeit wird das Prinzip einer universellen Gerechtigkeit als geeigneter Ansatz identifiziert: Demnach sollte Gerechtigkeit zwischen allen Wesen herrschen, die jetzt und in Zukunft unter Gerechtigkeitsdefiziten leiden können. Dies schließt zukünftige Generationen im Sinne einer intergenerationellen Gerechtigkeit explizit mit ein.

Entwicklungslinien und Potentiale der Bioökonomie

Im Zuge der Analyse der Entwicklungslinien und Potentiale der Bioökonomie wurde herausgearbeitet, welchen Beitrag die Technologiepfade und Anwendungsbereiche der Bioökonomie für eine treibhausgasneutrale, ressourcenschonende Gesellschaft bzw. zur Umsetzung der SDGs leisten können. Dafür wurde die aktuelle Ressourcennutzung in Deutschland für die Einordnung des Biomassebedarfs der Bioökonomie dargestellt, zukünftig relevante **Bioökonomie-Pfade** auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene herausgearbeitet und ausgewählte Pfade im Hinblick auf ökologische und sozio-ökonomische Umweltbe- und/oder -entlastungen bewertet.

Als Ergebnis einer thematischen Suche wurden zunächst Informationen über aufkommende und relevante Entwicklungen und Megatrends in der Bioökonomie zusammengetragen. Daraus wurde eine Übersicht von 58 künftig möglichen BÖ-Pfaden erstellt. Die Analyse der jeweiligen Biomassenutzung in den einzelnen Pfaden ergab, dass der Einsatz von landwirtschaftlicher Anbaubiomasse (Feldfrüchte, Energiegräser, Kurzumtriebsplantagen) überwiegt. Eine Ausweitung der Bioökonomie führt über eine zusätzliche Nutzung von land- und forstwirtschaftlicher Anbaubiomasse zu einem steigenden Druck auf die Flächennutzung, sowohl in Deutschland als auch in den jeweiligen Importländern. Bei bereits stark nachgefragten Reststoffen und Abfällen kann es zur Nutzungskonkurrenz durch zusätzliche Biomassenachfrage kommen. Für einen kleinen Teil der Pfade zeigte sich, dass Effizienzmaßnahmen (vor allem technologische Verbesserungen) bestehende oder zusätzliche Biomassebedarfe verringern könnten, z.B. im Bereich der Lebensmittelherstellung oder bei der energetischen Nutzung von Abfall und Reststoffen.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass bestehende BÖ-Politikstrategien nicht in ausreichendem Maße dazu beitragen, ökologische Risiken der relevanten BÖ-Pfade zu vermeiden. Im Gegenteil: Der Druck auf die vorhandenen und zusätzlich erschließbaren Anbauflächen (z.B. durch Waldrodung und Grünlandumbruch) wird voraussichtlich weiter zunehmen und global zur weiteren Intensivierung der Landnutzung und zu Landnutzungsänderungen führen. Die zu erwartende Biomassenachfrage übersteigt voraussichtlich die in Deutschland nachhaltig verfügbaren Potenziale an biogenen Ressourcen. Die Beschaffung der biogenen Ressourcen im Ausland

erhöht wiederum das globale Risiko für z.B. indirekte Landnutzungsänderungen, Biodiversitätsverlust, Bodendegradation, etc.

Vor dem Hintergrund der begrenzten Rohstoffverfügbarkeit aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus Abfall- und Reststoffströmen erscheint eine politische Priorisierung des Einsatzes von Biomasse als dringend notwendig, für die die folgenden Leitlinien empfohlen werden:

- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten eine deutliche Treibhausgasreduzierung gegenüber einer fossilen Referenz sicherstellen.
- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten keine bis geringe negative Auswirkungen auf die Umwelt (Biodiversität, Boden, Wasser, Luft) und soziale Aspekte haben.
- ▶ Wo möglich, sollten biogene Rohstoffe vorrangig stofflich genutzt werden, um die stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen zu substituieren.
- ▶ Fossile Energieträger sollten vorrangig durch nicht-biogene erneuerbare Energien substituiert werden. Die energetische Nutzung von biogenen Rohstoffen sollte sich auf Energiebedarfe beschränken, für die andere Optionen technisch schwierig sind (z.B. Biokraftstoffe aus Algen und biogenen Rest- und Abfallstoffen im Flugverkehr, effizienter und emissionsarmer Einsatz von Holzbrennstoffen für Hochtemperaturanwendungen in Wärmekaskaden und schlecht dämmbarem, unvernetzt stehendem Gebäudebestand).
- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten keine neue, zusätzliche Nutzung von land- oder forstwirtschaftlicher Anbaubiomasse bzw. bereits genutzten Abfall- und Reststoffen mit sich bringen, um den Nutzungsdruck auf diese Rohstoffe nicht zu erhöhen.
- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten die Effizienz bestehender Biomassenutzungen verbessern.

Ohne eine Ausrichtung an diese oder vergleichbaren Leitlinien werden bioökonomische Anwendungsbereiche angestrebte Nachhaltigkeitsanforderungen nicht verlässlich erfüllen und den Beitrag der Bioökonomie in Richtung einer treibhausgasneutralen, ressourcenschonenden Gesellschaft mindern.

Einordnung der Bioökonomie in den umweltpolitischen Kontext

Bei dieser Analyse wurden die inhaltlichen Anforderungen verschiedener Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden mit den Merkmalen der bestehenden BÖ-Konzepte systematisch abgeglichen. Mit dem **Konzept der Planetaren Grenzen⁴** und den **UN-Nachhaltigkeitszielen (SDG)** der Agenda 2030 wurden zwei zentral wichtige Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden mit globalem Bezug für die Analyse betrachtet und dabei mögliche Zielkonflikte und Synergiepotenziale herausgearbeitet.

Für den systematischen Abgleich der Merkmale der BÖ-Konzepte mit den umweltpolitischen Agenden und Programmen wurde die Methodik der Wirkungskettenanalyse zugrunde gelegt. Mit dieser Methodik können Pfade und Wirkungen der Umsetzung eines politischen Ziels konzipiert und analysiert werden. Aufgrund einer Analyse auf abstrakter und qualitativer Ebene können Pfade und Wirkungen der Umsetzung eines politischen Ziels konzipiert und analysiert und Hinweise auf politische Kohärenz gewonnen werden. Ob und wie kohärent (Umwelt-)Politik ist, entscheidet sich dabei jedoch nicht primär auf der Ebene politischer Ziele. Widersprüche oder Synergien ergeben sich vielmehr durch die Art, wie ein Ziel umgesetzt wird und dadurch

Wirkung entfaltet. Die Umsetzungsmaßnahmen führen zu Verhaltensänderungen, die die Ursachen eines anderen (Umwelt-) Problems verschärfen (oder auch mindern) können. Der Fokus der Untersuchung lag dabei auf direkten Interaktionen („erster Ordnung“) zwischen den politischen Zielkatalogen. Dabei werden auch Effekte außerhalb von Deutschland bzw. Europa mitberücksichtigt, die sich aus der Verfolgung der Bioökonomie-Ziele ergeben können.

Bezugsbasis für die Wirkungskettenanalyse sind die folgenden neun Ziele der Bioökonomie, die bei der Analyse der politischen BÖ-Strategien (s.o.) herausgearbeitet wurden:

1. Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und wirtschaftliches Wachstum in Deutschland / Europa
2. Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa, insbesondere im ländlichen Raum
3. Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur
4. Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation
5. Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren
6. Gewährleistung der globalen Ernährungssicherheit
7. Reduzierung von fossilen Rohstoffen für die stoffliche Nutzung, v.a. durch Wechsel der Rohstoffbasis und Substitution fossiler durch nachhaltige biogene Rohstoffe
8. Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe
9. Klimaschutz

Abgleich zwischen Bioökonomie und dem Konzept der Planetaren Grenzen

Die Bioökonomie und die ihr zu Grunde liegenden Verfahren führen nicht *per se* zu einer ökologischen Verbesserung in den ökologischen Wirkungsdimensionen und damit für die wesentlichen Prozesse im Konzept der planetaren Belastungsgrenzen. Im Gegenteil, eine Ausweitung der Bioökonomie geht mit bedeutenden Risiken in Bezug auf zentrale ökologische Problemlagen und planetare Belastungsgrenzen einher. Zu nennen ist hier insbesondere die angestrebte Steigerung der Produktion in der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur, die relevante Zielkonflikte zu fast allen planetaren Belastungsgrenzen aufweist. Produktionssteigerungen gehen mit zusätzlicher Flächennutzung, Ressourcenverbräuchen und Emissionen einher, die unmittelbar negativ auf die planetaren Belastungsgrenzen Klimawandel, Intaktheit der Biosphäre, Landnutzungsänderungen sowie Stickstoff- und Phosphorflüsse wirken. Auch in Bezug auf die weiteren planetaren Belastungsgrenzen sind eher Zielkonflikte als Synergien zu erwarten.

Abgleich zwischen Bioökonomie und den UN-Nachhaltigkeitszielen

In Hinblick auf vorhandene Synergien zeigt die Wirkungskettenanalyse, dass der im Rahmen einer „wissensbasierten Bioökonomie“ angestrebte Ausbau von Forschung, Innovation und Qualifikation (BÖ-Ziel 4) eine überwiegend positive Wirkung auf die SDGs entfalten kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass als Annahme und damit als notwendige Voraussetzung für das Entstehen von Synergiepotenzialen im globalen Maßstab die Inklusion der Länder des Globalen Südens (z.B. in Form von Know-how- und Technologietransfers) zu Grunde gelegt wird. Weitere Synergien können sich insbesondere bei den BÖ-Zielen 7, 8 und 9 ergeben. Zielkonflikte gehen hingegen insbesondere von Bioökonomie-Zielen aus, die auf Wirtschaftswachstum im Allgemeinen (BÖ-Ziel 1) bzw. auf eine Produktionssteigerung in den Sektoren Agrar- / Forstwirtschaft bzw. Fischerei und Aquakultur (BÖ-Ziel 3) ausgerichtet sind. Die Zielkonflikte bei BÖ-Ziel 3 lassen sich v.a. darauf zurückführen, dass die Steigerung der Produktion in diesen Sektoren voraussichtlich hauptsächlich im Rahmen der gegenwärtig vorherrschenden industriellen, input-intensiven und stark exportorientierten Bewirtschaftungsform erfolgen wird.

Grundsätzlich ist bei der vorgenommenen Wirkungskettenanalyse zu beachten, dass es sich bei den untersuchten BÖ-Zielen in vielen Fällen um postulierte Ziele handelt, deren Erreichen durch eine entsprechende Ausgestaltung der BÖ-Strategien auf nationaler wie internationaler Ebene

noch sichergestellt werden muss. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist das oftmals besonders hervorgehobene Ziel des Klimaschutzes. Hier zeigt die Analyse der Trends und Entwicklungslinien der Bioökonomie, dass bei einigen Trends zwar Potenziale zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen vorhanden sind. Dies gilt jedoch nicht für alle untersuchten Trends. Für die tatsächlichen Beiträge der Bioökonomie zu einem wirksamen Klimaschutz wird daher von entscheidender Bedeutung sein, welche Trends sich letztendlich durchsetzen.

Ableitung konkreter Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus ausgewählten SDGs

Im Mittelpunkt dieser Untersuchung stand die Frage, welche Nachhaltigkeitsanforderungen sich aus der Agenda 2030 an die Bioökonomie ergeben. Dabei wurden die landnutzungsrelevanten **SDG 2 „Kein Hunger“** und **SDG 15 „Leben an Land“** vertieft betrachtet.

Die Analyse führte zu dem Ergebnis, dass eine Reihe von Zielkonflikten und Schwachpunkten in derzeitigen nationalen BÖ-Strategien bestehen. Obwohl diese zumindest auf dem Papier auf Nachhaltigkeit ausgerichtet sind, gibt es eine Reihe von Widersprüchen zwischen bestehenden BÖ-Strategien und der Agenda 2030:

- ▶ Der problematischste Punkt ist der mit einer wachsenden Bioökonomie verbundene zusätzliche Biomassebedarf. Ein Wechsel der Rohstoffbasis und eine mengenmäßige 1:1-Substitution fossiler durch biogene Rohstoffe wird in Anbetracht der heute schon überlasteten Ökosysteme nicht funktionieren. Demnach wäre das BÖ-Ziel 7 (Wechsel der Rohstoffbasis von fossilen zu biogenen Quellen) und das Erreichen der Ziele von SDG 15 nur durch massive Einschränkungen des Ressourcenverbrauchs, Schutz von Ökosystemen und Umsetzung von SDG 12 (nachhaltiger Konsum) überhaupt im breiteren Stil machbar.
- ▶ Das BÖ-Ziel 6 (Sicherstellung der globalen Ernährungssicherheit) findet bisher zu wenig Beachtung in nationalen BÖ-Strategien und -narrativen. Bisherige Narrative fokussieren ausschließlich auf Steigerung der Produktion von Nahrungsmitteln zur Erreichung dieses wichtigen Ziels. Es ist stattdessen notwendig, Ernährungssouveränität und Verteilungsfragen zu adressieren, Produzierende und Märkte auf lokaler Ebene zu stärken und den Konsum von Fleisch und anderen tierischen Produkten zu reduzieren.
- ▶ Weitere problematische Entwicklungen in den bestehenden BÖ-Strategien sind die Patentierung und Kommerzialisierung von biologischen und genetischen Ressourcen, der Fokus auf hochtechnisierte digitale Maßnahmen in der Landwirtschaft, um Produktionssteigerungen zu erzielen oder die frühzeitigen Anwendungen von biotechnologischen Innovationen ohne erforderliche Risikoabschätzungen mit potenziell negativen Auswirkungen auf Ökosysteme.

Die Bioökonomie weist allerdings auch eine Reihe von positiven Aspekten auf, die zur Erreichung der SDGs beitragen können. Es existieren eine Vielzahl von bereits entwickelten und erprobten Ansätzen und Lösungen für nachhaltige Landwirtschaft und Biodiversitätsschutz, die in der Bioökonomie Anwendungen finden müssten, um die Nachhaltigkeitsanforderungen von SDG 2 und 15 zu erfüllen:

- ▶ Zu nennen sind hier im Kontext von SDG 2 insbesondere die Förderung von ganzheitlichen Modellen und Methoden nachhaltiger Landnutzung und eine Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion, einschließlich Agrarökologie, des ökologischen Landbaus und innovativer Ansätze wie Hydrokulturen und Aquaponics. Diese sind in Ländern des Globalen Südens wie des Globalen Nordens gleichermaßen anwendbar. Weiterhin relevant sind Commons-basierte Samenbanken, durch die eine faire Verteilung von genetischen Ressourcen ermöglicht werden.

- ▶ Im Kontext von SDG 15 sind die Umsetzung von Konzepten der Kaskadennutzung von Biomasse, Agrarforstwirtschaft, nachhaltiges Management von Wäldern, oder das Zusammenführen von traditionellem Biodiversitätswissen und moderner Wissenschaft zu nennen.
- ▶ Auch einzelne technologische Entwicklungen (z.B. DNA-Barcoding und DNA-Sequenzierungsmethoden zum Schutz von Ökosystemen und Biodiversität) können positive Beiträge für die Nachhaltigkeitsziele SDG 2 und SDG 15 bewirken.

Die Analyse der Interaktionen von Bioökonomie und SDG 2 und SDG 15 kommt insgesamt zu dem Ergebnis, dass die bestehenden Bioökonomie-Politiken und -praktiken v.a. Zielkonflikte mit den landnutzungsrelevanten Nachhaltigkeitszielen aufweisen. Dieses Fazit bestätigt Resultate bestehender Studien⁵, die aufzeigen, dass eine nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Bioökonomie vor allem sehr negative Auswirkungen auf SDG 15 haben würde.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens angefertigte Länderfallstudien für Indonesien, Kolumbien und Südafrika zeigen zudem, dass nationale Bioökonomie-Strategien und nationale SDG-Implementierungsstrategien (und die entsprechenden Akteure in der Politik) bisher nicht mit- und aufeinander abgestimmt sind. Die derzeitigen nationalen Bioökonomie-Strategien der drei untersuchten Länder sind auf die Modernisierung, biotechnologische Entwicklung, Ertragsteigerungen in der Landwirtschaft und Nutzung von genetischen Ressourcen aus Biodiversität-Hotspots fokussiert. Die nationalen Bioökonomie-Strategien für landwirtschaftliche Produkte wie Palmöl, Zuckerrohr und neue biotechnologische Methoden bergen erhöhte Risiken vor allem für den Schutz von Wäldern und nachhaltige Nutzung von Wäldern (SDG 15.1 und 15.2), Schutz von Böden (SDG 15.3) und Erhalt der Biodiversität (SDG 15.5 und 15.9). In den Bioökonomie-Strategien für landwirtschaftliche Sektoren werden resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden (SDG-Unterziel 2.4) und der Erhalt der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG-Unterziel 2.5) bisher stark vernachlässigt.

Für Deutschland und Europa ist das SDG 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion) ein weiteres wichtiges Ziel, um eine nachhaltige Bioökonomie zu gestalten und das Erreichen von SDG 2 und SDG 15 in den Ländern des Südens zu ermöglichen. Eine nachhaltige Bioökonomie erfordert nicht nur nachhaltige Ansätze in der land- und forstwirtschaftlichen Produktion (z.B. von Palmöl, Soja, Zuckerrohr oder Holz in den Ländern des Globalen Südens), sondern auch Maßnahmen zur Reduzierung der Biomasseimporte und verändertes Konsumverhalten in Industriegesellschaften.

Handlungsansätze für eine nachhaltigere Ausgestaltung der Bioökonomie

Im Folgenden stellen wir überblickartig zehn **Handlungsfelder** und konkrete **Empfehlungen** vor, die dazu beitragen können, Bioökonomie nachhaltig im Sinne der Agenda 2030 weiterzuentwickeln. Eine detaillierte tabellarische Zusammenstellung der einzelnen Empfehlungen befindet sich im Anhang dieses Dokuments.

- ▶ **Leitlinien zur Rolle von Bioökonomie im Kontext der Agenda 2030-Umsetzung entwickeln:** Bioökonomie trägt nicht *per se* zu (mehr) Nachhaltigkeit bei. Ob dies der Fall ist oder nicht, zeigt sich erst im konkreten Anwendungsfall. Um negative ökologische und soziale Wirkungen zu mindern, empfehlen wir, dass die Bundesregierung – unterstützt durch den Bioökonomierat – Leitlinien zur Rolle von Bioökonomie im Kontext der Agenda 2030-

⁵ Siehe z.B. Heimann, T. (2019): Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7, 43–57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>

Umsetzung entwickelt. Als Eckpunkte schlagen wir vor, Bioökonomie-Pfade nur dann zu verfolgen, wenn sie absehbar mindestens so stark wie alternative Ansätze zu den Zielen der Agenda 2030 beitragen. Bioökonomie-Pfade sollten möglichst keine neue, *zusätzliche* Nutzung von land- oder forstwirtschaftlicher Anbaubiomasse hervorrufen und biogene Rohstoffe sollten vorrangig stofflich genutzt werden. Klimaschutzziele im Energiebereich sind mit regenerativen Energiequellen wie Sonne und Wind vergleichsweise effektiver zu erreichen. Dort, wo Bioökonomie-Pfade grundsätzlich vielversprechend scheinen, gilt es, deren Nachhaltigkeitsbeitrag zu fördern und möglichen negativen Auswirkungen entgegen zu wirken. Hierfür sind Grenzen für kritische Umweltwirkungen der Bioökonomie einzuführen und die Rahmenbedingungen für nachhaltige Konsum- und Investitionspraktiken im Kontext der Bioökonomie zu stärken.

- ▶ **Den gesellschaftlichen Dialog zur Nachhaltigkeit von Bioökonomie stärken und die Governance von Bioökonomie ausbalancieren:** Um die Bioökonomie stärker in den Kontext der Agenda 2030 Umsetzung zu rücken, gilt es, die mit ihr verbundenen Nachhaltigkeitsfragen mit einer breiteren Öffentlichkeit zu diskutieren. Darüber hinaus ist die aktuell auf wirtschaftliche Interessen fokussierte Governance von Bioökonomie auszubalancieren – indem Vertreterinnen und Vertreter der Zivilgesellschaft in den neuen Bioökonomierat berufen werden; relevante Ministerien auf Augenhöhe in die weitere Ausgestaltung von Bioökonomie-Politik eingebunden werden (z.B. in Form einer gemeinsamen Federführung bei der Entwicklung des Maßnahmenplans zur Umsetzung der neuen Bioökonomie-Strategie); Instrumente wie Lobbyregister und eine „Legislative Fußspur“ genutzt werden, um Prozesse der politischen Interessensvertretung im Kontext Bioökonomie transparenter und gemeinwohlorientierter zu gestalten.
- ▶ **Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren und ein regelmäßiges Monitoring durchführen:** Um die politischen Rahmenbedingungen für die Bioökonomie im Sinne der Agenda 2030 auszurichten, ist es zunächst nötig, dass die Bundesregierung konkrete (wo sinnvoll möglich: quantifizierte) Nachhaltigkeitsziele definiert und mit Zeitvorgaben verknüpft. Dies kann im Rahmen der Konkretisierung der neuen Bioökonomie-Strategie und der Erarbeitung eines nationalen „Flächennutzungsplans“ für Biomasseanbau und -verwendung erfolgen und sollte auch mit der Fortschreibung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie rückgekoppelt werden. Das von der Regierung ohnehin vorgesehene Bioökonomie-Monitoring könnte dann die Erreichung der Ziele miterfassen. In die Zukunft gewandt könnte das Monitoring mit der Analyse von künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden verknüpft werden. Diese wären auf ihre voraussichtlichen Wirkungen auf die gesteckten Nachhaltigkeitsziele zu bewerten.
- ▶ **Starke internationale Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln:** Bioökonomie-Aktivitäten in Deutschland, aber auch in anderen Industrieländern, wirken sich schon heute deutlich negativ auf lokale Ökosysteme, Ernährungssicherheit und soziale Gerechtigkeit im Globalen Süden aus. Um solche Effekte zu mindern, sollte sich die Regierung dafür stark machen, die internationalen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie zu verbessern. Sie kann sich in internationalen Prozessen dafür einsetzen, dass bestehende internationale Governance- und Fördermechanismen für nachhaltiges Land- und Flächenmanagement, Boden- und Waldschutz ausgebaut werden. Unter anderem kann sie Anstrengungen unternehmen, das Thema „Landgrabbing“ international auf die Agenda zu setzen. Um Flächendruck in den Ländern des Globalen Südens zu verringern, ist die europäische Handelspolitik zu reformieren, unter anderem durch Einführung von stufenweise verbindlicher werdenden Sorgfaltspflichten für Importeure biogener Rohstoffe. Auf nationaler

Ebene sollten die Ziele der globalen Ernährungssouveränität und das Primat der Ernährungssicherung („Food First“-Prinzip) im Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomie-Strategie operationalisiert werden. Darüber hinaus ist im Rahmen deutscher und europäischer Entwicklungskooperation die Förderung ökologischer Bewirtschaftungsformen wie der Agrarökologie auszuweiten und sind Produktketten (z.B. Palmöl, Soja, Zuckerrohr) nachhaltiger zu gestalten.

- ▶ **Bioökonomie mit nachhaltigem Land- und Flächenmanagement verknüpfen:** Es ist notwendig, die Auswirkungen von steigenden Flächenbedarfen und des Klimawandels durch ein nachhaltiges Land- und Flächenmanagement zu adressieren. Dies erfordert zunächst die ambitionierte Umsetzung von Klimazielen und die Prüfung der Klimawirkungen von Flächennutzungspolitiken. Bei Zielkonflikten in der Flächennutzung ist dem Erhalt und die Förderung der Biodiversität sowie der Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff prioritäre Bedeutung einzuräumen. Auf EU-Ebene sollte sich die Regierung dafür einsetzen, dass die Reform der Agrarpolitik (GAP) auf die Honorierung der ökologischen und gesellschaftlichen Leistungen von Landwirtschaft fokussiert. National kann sie die mitgliedstaatlichen Spielräume maximal zugunsten des Umwelt- und Klimaschutzes nutzen. Darüber hinaus kann sie eine stärkere Umwelt- und Sozialverträglichkeit der Land- und Forstwirtschaft durch ergänzende Förderpolitiken, ordnungspolitisch oder abgabenrechtlich vorantreiben (z.B. im Hinblick auf Moorschutz, Limitierung der Stickstoffeinträge, Erhaltung und Verbesserung von Bodenkohlenstoff, naturnahe Bewirtschaftung, Tierwohl und Agroforstwirtschaft). Ordnungsrechtliche Instrumente können auch helfen, den Zugang zu landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland und der EU für eine nachhaltige Bioökonomie zu sichern, um zu verhindern, dass landwirtschaftliche Flächen immer stärker von nicht-landwirtschaftlichen Investoren in Anspruch genommen werden. Die Biomasseförderung in RED II & EEG sollte bei zukünftigen Revisionen und Recasts weiter reduziert werden. Um insgesamt den Druck auf Flächen zu reduzieren, kann auch in anderen Sektoren als der Land- und Forstwirtschaft die Flächeninanspruchnahme reduziert werden. Ein Ansatz ist es, das Flächensparziel der Nachhaltigkeitsstrategie verbindlich zu machen und auf Bundesländer (und in der Folge Regionen und Kommunen) herunterzubrechen.
- ▶ **Branchenspezifische Roadmaps für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln:** Um den Einsatz der knappen biogenen Ressourcen zu priorisieren, empfehlen wir für Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, Chemie-, Textil und Verpackungsbranche sowie den Energiesektor, branchenspezifische Roadmaps zu entwickeln. Diese bauen in den einzelnen Branchen auf bereits bestehenden Nachhaltigkeitsinitiativen auf oder werden auf Initiative der Bundesregierung neu erarbeitet, wobei alle relevanten Unternehmen mit einzubeziehen sind. Die Roadmaps sollten vor allem Ziele und Meilensteine für einen effizienten Einsatz von Biomasse im Rahmen planetarer Belastungsgrenzen definieren. Für den Umgang mit vorhandenen Ziel- und Nutzungskonflikten schlagen wir einen branchenübergreifenden Aushandlungsprozess vor.
- ▶ **Konsum- und Ernährungsstile nachhaltiger gestalten:** Um das allgemeine Bewusstsein für mehr Suffizienz bei Konsum- und Ernährungsstilen zu steigern und mehrheitsfähig zu machen, kann die Bundesregierung neben Informationskampagnen verstärkt Reallabore⁶

⁶ Dabei bezeichnet ein Reallabor „eine transdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungseinrichtung. Wissenschaft und Gesellschaft arbeiten gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen. Hochschulen, Kommunen, NROs, Unternehmen, staatliche Institutionen, Verbände schließen sich unter dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung als Pioniere des Wandels in Reallaboren zusammen [...]. Zivilgesellschaft und Bürgerschaft bilden dabei wichtige und starke Partner [...] sie entwickeln, erproben und erforschen Neues“ (Netzwerk Reallabore der Nachhaltigkeit (2020)).

initiierten. Mittels langfristiger Mehrwertsteuer-Anpassungen können für die Verbraucherinnen und Verbraucher zudem Anreize geschaffen werden, den Konsum von Fleisch und anderen tierischen Fetten und Eiweißen zugunsten von mehr pflanzlichen Lebensmitteln deutlich zu mindern. Eine steuerliche Förderung für vegetarische und vegane Angebote in der Gastronomie könnte ebenfalls dazu beitragen, dass Ernährungsstile nachhaltiger werden. Schließlich bildet auch die weitere Reduzierung von Lebensmittelverlusten auf Angebots- und Nachfrageseite einen wichtigen Baustein. Politischer Handlungsbedarf besteht dabei vor allem bei einer konsequenten Anwendung der „Food Use Hierarchy“ (z.B. Rückführung von Nährstoffen in den landwirtschaftlichen Kreislauf vor energetischer Verwertung).

- ▶ **Biotechnologie vorsorgeorientiert nutzen:** Um beim Einsatz neuer gentechnischer Verfahren die Anwendung des Vorsorgeprinzips sicherzustellen, sollte sich die Bundesregierung dafür einsetzen, dass auf EU-Ebene an der gegenwärtig gültigen Rechtslage festgehalten wird. Bei dem Einsatz dieser Verfahren in geschlossenen Anlagen (z.B. für neue Synthesewege bei Chemikalien) sind die jeweiligen Entwickler bzw. Hersteller zu verpflichten, relevante Fragestellungen bezüglich Nachhaltigkeit und Risikomanagement frühzeitig zu klären. In Hinblick auf die Freisetzung von „Gene Drive“-Anwendungen kann eine klare Positionierung für ein Moratorium auf internationaler Ebene helfen, unabsehbare Risiken in Bezug auf Biodiversität und die Integrität von Ökosystemen zu mindern. Ferner empfehlen wir, gesellschaftliche Dialoge mit einer integrierten Chancen-Risiko-Betrachtung auf nationaler wie europäischer Ebene einzurichten.
- ▶ **Forschungs- und Innovationspolitik zur Bioökonomie an ihrem Gesellschafts- und Umweltnutzen ausrichten:** Angesichts der bestehenden Fokussierung auf Technologiethemata schlagen wir vor, verstärkt Projekte zu fördern, die sich mit sozialen und ökologischen Aspekten beschäftigen und diese in die bestehende technologische Forschung integrieren. Indem für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben verbindlich eine Technikfolgen- und Nachhaltigkeitsabschätzung gefordert wird, können bereits entwicklungsbegleitend Managementsysteme zur Minderung dieser Risiken entwickelt werden. Darüber hinaus lassen sich durch eine Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure bei der Entwicklung der Forschungsagenden auf nationaler wie auf internationaler Ebene ein transdisziplinärer Charakter und ein gesellschaftlicher Mehrwert von Forschung erhöhen. Interessante neue Impulse könnten sich außerdem durch einen verstärkten Transfer von Technologien, Wissen und (sozialen) Praktiken aus Ländern des Globalen Südens in den Globalen Norden ergeben.
- ▶ **Forschungslücken adressieren:** Prioritären Forschungsbedarf sehen wir beim „Food First“-Prinzip, insbesondere wie dieses im Kontext internationaler Zusammenarbeit praktisch umgesetzt und dadurch globale Ernährungssouveränität sichergestellt werden kann. Weiterhin empfehlen wir, im Rahmen einer fundierten empirischen Studie zu untersuchen, wie vorhandene politische Strukturen und Hemmnisse für eine Transformation hin zu einer nachhaltigeren Bioökonomie überwunden werden können. Erfahrungen aus anderen Transformationsprozessen – beispielsweise der Energiewende – könnten hier wertvolle Erkenntnisse liefern. Überprüft werden sollte auch, ob und in welcher Ausgestaltung eine Erhöhung der Tierschutzstandards in der Landwirtschaft helfen kann, die Tierproduktion und die damit verbundenen Umweltbelastungen zu senken und Tierleid zu verringern. Einer detaillierten Bearbeitung bedarf schließlich auch die Frage, welches Konsumniveau mit den verfügbaren Mengen nachhaltig produzierter Biomasse abgedeckt werden kann. Dabei wäre auch zu klären, welche Freiheitsgrade sich durch eine Veränderung von Konsummustern (z.B. bei der Ernährung) in diesem Zusammenhang ergeben können.

Summary

The concept of "bioeconomy", as formulated in the National Bioeconomy Strategy, comprises "the generation, exploration and use of biological resources, processes and systems to provide products, processes and services in all economic sectors within the framework of a sustainable economic system".⁷ In recent years, this concept has been presented as a way of replacing the fossil resource era, strengthening climate protection and reducing raw material dependency on industrialized countries, feeding a growing world population, stimulating innovation and growth and thereby creating income opportunities in rural regions of industrialized countries as well as in biomass-producing countries of the Global South.

However, bioeconomy (BE) is also associated with a number of points of criticism and ethical challenges. They range from the sustainability effects of industrial, input-intensive agriculture and genetic engineering, the use of which is expanding within the framework of bioeconomy, through increasing pressure on intact ecosystems and intensifying competition for land, (high-quality) soil and water, to the question of whether it is appropriate to seek to resolve complex problems such as climate change and food security predominantly through technical approaches ("technical fix").

In the research project "Sustainable use of resources – Requirements for a Sustainable Bioeconomy from the 2030 Agenda / SDG implementation" (FKZ 3717 31 103 0), opportunities were identified and risks assessed that could arise from the implementation of the governmental bioeconomy strategies for achieving the UN Sustainable Development Goals (SDGs). To this end, the project team first prepared an overview of existing bioeconomy concepts. It analysed the discourse on bioeconomy in Germany and carried out a screening of relevant technology pathways in order to evaluate the development trends of bioeconomy and their potentials. Furthermore, the researchers compared the bioeconomy concepts with the substantive requirements of various environmental and sustainability agendas – especially the 2030 Agenda (coherence analysis). Finally, they derived concrete requirements for a sustainable bioeconomy from selected sustainable development goals, with a focus on SDG 2 and SDG 15.

The present summary initially presents the most important results of the above-mentioned analyses. Subsequently, policy recommendations for a sustainable design of bioeconomy are presented, which were developed in the project on the basis of the analysis results.

Bio-economic concepts and discourse analysis

On the basis of a detailed **analysis⁸ of the political strategies of bioeconomy** in Germany, at EU level and in selected non-EU countries, the **discourse on bioeconomy⁹** in Germany was evaluated. In order to identify the argumentative structures in the discourse field of "bioeconomy", the basic understanding and "framing" of bioeconomy, the identified regulatory needs and approaches as well as the discursive strategies were worked out on the basis of 148 texts from the years 2007 - 2018. In this way, three subdiscourses and the discourse coalitions supporting them could be distinguished from each other:

⁷ Federal German Government (2020): National Bioeconomy Strategy, Cabinet version, 15.01.2020. Berlin & Bonn, 2020, p. 6

⁸ The complete results of the analysis of political bio-economic strategies and the discourse analysis are available as UBA-Texts 78/2019, see: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>

⁹ In the following, excerpts from the summary of the most important results of the discourse analysis are presented, see UBA-Texte 78/2019, see: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>.

- ▶ an "*affirmative*" bioeconomy discourse which emphasises the opportunities of bioeconomy. It is supported by a number of state and economic actors: "conventional" biomass producers and processors as well as users of biobased (intermediate) products including the biotechnology sector and the chemical industry.
- ▶ a "*pragmatic*" bioeconomy discourse that weighs up the opportunities and risks of bioeconomy and calls for stringent sustainability standards. The main supporters are environmentally oriented state actors and a few companies or business associations outside the bioeconomy sectors (e.g. water management).
- ▶ a "*critical*" bioeconomy discourse, which links more risks than opportunities to the "dominant" concept of bioeconomy (which is characterised by the affirmative partial discourse) and calls for a more fundamental change. The protagonists are environmental and nature conservation associations, groups and associations of the agricultural and food industry engaged in development policy activities and critical of genetic engineering.

In the affirmative discourse of bioeconomy, the latter is framed as a global sustainability project with ecological benefits. At the same time, it is pursued as an innovation and technology project that can strengthen growth and competitiveness. The central risk in the context of bioeconomy is seen in the physical limits of resource availability. Linguistically and rhetorically, the affirmative bioeconomy discourse tries to convince inter alia by a win-win-win argument (ecological, economic and social benefits). One of the contradictions of the affirmative discourse is that it pays little attention to conflicting goals and the causes of the sustainability problems that bioeconomy is supposed to "resolve", and therefore does not weigh these up against alternative or complementary approaches.

In the pragmatic discourse, bioeconomy is seen as an opportunity for more sustainability as well, although the risks are given a greater weighting. It addresses distributive justice with regard to the ecological, economic and social impacts of bioeconomy in the Global South and in Germany. With regard to political strategies, strong environmental boundaries are called for in order, for example, not to jeopardise food security and biological diversity. On a linguistic-rhetorical level, the pragmatic discourse seeks to gain support by broadening the debate to include an open discussion of conflicting goals, by seeking to connect with the broader environmental and economic policy discourse of "ecological modernization", and by remaining balanced in terms of arguments and language.

The focus of the critical bioeconomy discourse is not on the opportunities, but on the risks of bioeconomy in the global South as well as in the North. The dominant understanding of bioeconomy is criticised as industry-driven, undemocratic and power-blind. Instead of a technology-centred substitution of fossil energies and raw materials, bioeconomy must solve the socio-economic and socio-ecological challenges of climate, resource protection and food security in a more comprehensive way. The critical discourse continues to be characterised by a clear commitment to agro-ecological, GMO-free and (small-scale) farming approaches to biomass production. Linguistically and rhetorically, it seeks support, among other things, by exposing the material interests and rhetorical strategies of the affirmative bioeconomy discourse, by "naming" problematic actors and "shaming" harmful practices at the local level (e.g. land grabbing).

The division into the three subdiscourses outlined above is not always clear-cut and should therefore be understood primarily as a heuristic. Moreover, the subdiscourses have changed over time: For example, after the first years of existence the affirmative bioeconomy discourse has opened up to ecological and social goals, and the critical discourse which initially focused

more on partial aspects such as the use of biomass for energy, industrial agriculture and genetic engineering has increasingly turned towards the overall concept of bioeconomy.

Based on the discourse analysis, two central areas of conflict can be derived from an **ethical perspective**: The human-nature relationship in bioeconomy and justice aspects of bioeconomy. From a critical examination of the most important ethical approaches to the human-nature relationship, it can be shown that *pathocentrism* is the most plausible position, i.e. the well-being of all pain-sensitive creatures should be the highest maxim of ethical action. The analysis of different ethical approaches to distributive justice comes to the conclusion that, de facto, it would be best in terms of justification if as many people as possible were brought above a “sufficiency threshold”, i.e. were provided with what they need for a good life. Seen as a whole, therefore, the approach of *sufficientarianism* seems to offer the best working basis with regard to the understanding of distributive justice. In terms of generational justice, the principle of universal justice is identified as a suitable approach: According to it justice should prevail between all beings that can suffer from justice deficits now and in the future. This explicitly includes future generations in the sense of intergenerational justice.

Paths of development and potentials of bioeconomy

In the course of the analysis of the development trends and potentials of bioeconomy, the contribution that the technology paths and application areas of bioeconomy can make to a greenhouse gas-neutral, resource-saving society and to the implementation of the SDGs was elaborated. For this purpose, the current resource use in Germany for the classification of the biomass demand of bioeconomy was presented, future relevant **bioeconomy paths** on national, European and international level were identified and selected paths were evaluated with regard to ecological and socio-economic environmental burdens and/or relief.

As a result of a thematic search, information on emerging and relevant developments and megatrends in bioeconomy was first gathered. This resulted in an overview of 58 possible future pathways for bioeconomy. The analysis of the respective biomass use in the individual paths showed that the use of agricultural biomass (field crops, energy grasses, short rotation plantations) predominates. An expansion of bioeconomy leads to increasing pressure on land use, both in Germany and in the respective import countries, through the additional use of agricultural and forestry biomass. In the case of residual materials and waste, which are already in high demand, competition for use can arise as a result of additional demand for biomass. For a small part of the paths it was shown that efficiency measures (above all technological improvements) could reduce existing or additional biomass needs, e.g. in the area of food production or in the energetic use of waste and residual materials.

Overall, it was found that existing BE policy strategies do not contribute sufficiently to avoiding ecological risks of the relevant BE paths. On the contrary: The pressure on existing and additionally developable farmland (e.g. through deforestation and grassland conversion) will probably continue to increase and lead to further intensification of land use and land use changes. The expected demand for biomass is likely to exceed the sustainably available potentials of biogenic resources in Germany. Procuring biogenic resources abroad in turn increases the global risk for e.g. indirect land use changes, biodiversity loss, soil degradation, etc.

Against the background of the limited availability of raw materials from agriculture and forestry as well as from waste and residual material flows, a political prioritisation of the use of biomass appears to be urgently necessary, for which the following guidelines are recommended:

- ▶ Bioeconomy pathways should ensure a significant greenhouse gas reduction compared to a fossil reference.
- ▶ Bioeconomy paths should have little to no negative impact on the environment (biodiversity, soil, water, air) and on social aspects.
- ▶ Wherever possible, biogenic raw materials should be used primarily as materials to replace the material use of fossil raw materials.
- ▶ Fossil energy sources should primarily be substituted by non-biogenic renewable energies. The energetic use of biogenic raw materials should be limited to energy requirements for which other options are technically difficult (e.g. biofuels from algae and biogenic residual and waste materials in aviation, efficient and low-emission use of wood fuels for high-temperature applications in heat cascades and poorly insulated, non-cross-linked building stock).
- ▶ Bioeconomy pathways should not entail any new, additional use of agricultural or forestry biomass or waste and residual materials already in use, so as not to increase the pressure on these raw materials.
- ▶ Bioeconomy pathways should improve the efficiency of existing biomass uses.

Without an orientation towards these or comparable guidelines, bio-economic application areas will not reliably fulfil the desired sustainability requirements and reduce the contribution of bioeconomy towards a greenhouse gas-neutral, resource-saving society.

Classification of bioeconomy into the environmental policy context

In this analysis, the content requirements of various environmental and sustainability agendas were systematically compared with the characteristics of existing bioeconomy concepts. With the **Concept of Planetary Boundaries**¹⁰ and the **UN-Sustainability Goals (SDG)** of the 2030 Agenda, two centrally important environmental and sustainability agendas with global relevance were considered for the analysis, and possible conflicting goals and synergy potentials were elaborated.

The methodology of the impact chain analysis was used for the systematic comparison of the characteristics of the BE concepts with the environmental policy agendas and programmes. With help of this methodology, paths and effects of the implementation of a political objective can be designed and analysed. Based on an analysis on an abstract and qualitative level, paths and effects of the implementation of a political objective can be designed and analysed and indications of political coherence can be gained. Whether and how coherent (environmental) policy is, however, is not primarily decided at the level of political goals. Rather, contradictions or synergies arise from the way in which a goal is implemented and thus has an impact. The implementation measures lead to changes in behaviour that can aggravate (or reduce) the causes of another (environmental) problem. The analysis focused on direct interactions (“first order”) between the political catalogues of objectives. It also takes into account effects outside of Germany and Europe that may result from the pursuit of the bioeconomy objectives.

10 See Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, F. S. 3rd; Lambin, E. F. et al. (2009): A safe operating space for humanity. In: Nature 461 (7263), S. 472–475. DOI: 10.1038/461472a.

The reference basis for the impact chain analysis are the following nine bioeconomy objectives, which were identified in the analysis of the political strategies of bioeconomy (see above):

10. Maintaining competitiveness and economic growth in Germany / Europe
11. Job creation in Germany / Europe, especially in rural areas
12. Increasing production in agriculture, forestry, fisheries and aquaculture
13. Increasing research, innovation and skills
14. Further development and use of biotechnological / genetic engineering processes
15. Ensuring global food security
16. Reducing fossil raw materials for material use, above all by changing the raw material base and substituting fossil raw materials with sustainable biogenic ones
17. Efficient use of biogenic raw materials
18. Climate protection

Alignment between bioeconomy and the concept of planetary boundaries

Bioeconomy and the processes on which it is based do not *per se* lead to an ecological improvement in the ecological impact dimensions and thus for the essential processes in the concept of planetary impact limits. On the contrary, an expansion of bioeconomy is accompanied by significant risks with regard to central ecological problems and planetary boundaries. Particularly noteworthy here is the intended increase in production in agriculture and forestry as well as in fisheries and aquaculture, which has relevant conflicting goals for almost all planetary boundaries. Increases in production are associated with additional land use, resource consumption and emissions, which have an immediate negative impact on the planetary boundaries of climate change, the integrity of the biosphere, changes in land use, and nitrogen and phosphorus fluxes. Conflicts of objectives rather than synergies are also to be expected with regard to the other planetary boundaries existing.

Alignment between bioeconomy and the UN sustainability goals

With regard to existing synergies, the impact chain analysis shows that the expansion of research, innovation and qualification (BE objective 4), which is aimed at within the framework of a “knowledge-based bioeconomy”, can have a predominantly positive effect on SDGs. It should be noted, however, that the inclusion of the countries of the global South (e.g. in the form of know-how and technology transfer) is taken as an assumption and thus as a necessary prerequisite for the development of synergy potentials on a global scale. Further synergies can arise in particular in the case of the BE objectives 7, 8 and 9. Conflicting goals, on the other hand, arise in particular from bioeconomy objectives that are geared towards economic growth in general (BE objective 1) or towards increasing production in the agricultural, forestry, fisheries and aquaculture sectors (BE objective 3). The conflicting goals at BE objective 3 can be explained by the fact that the increase in production in these sectors will probably take place mainly within the framework of the currently predominant industrial, input-intensive and strongly export-oriented management form.

In principle, it should be noted in the impact chain analysis that in many cases, the bioeconomy objectives investigated are postulated objectives, the achievement of which still has to be ensured by an appropriate design of the bioeconomy strategies at national and international level. An important example of this is the often particularly emphasised goal of climate protection. Here, the analysis of trends and development lines of bioeconomy shows that there is potential for reducing greenhouse gas emissions in some trends. However, this does not apply to all the trends examined. As regards bioeconomy's actual contribution to effective climate protection, it will therefore be of decisive importance which trends will ultimately prevail.

Derivation of concrete requirements for a sustainable bioeconomy from selected SDGs

The focus of this study was the question of which sustainability requirements the 2030 Agenda places on bioeconomy. **SDG 2 “Zero Hunger”** and **SDG 15 “Life on land”**, which are relevant to land use, were examined in greater detail.

The analysis led to the conclusion that there are a number of conflicting goals and weaknesses in current national bioeconomy strategies. Although these are oriented towards sustainability, at least on paper, there are a number of contradictions between existing bioeconomy strategies and the 2030 Agenda:

- ▶ The most problematic issue is the additional biomass demand associated with a growing bioeconomy. A change of the raw material basis and a quantitative 1:1 substitution of fossil by biogenic raw materials will not work in view of the already overburdened ecosystems. Accordingly, BE objective 7 (change in the raw material basis from fossil to biogenic sources) and the achievement of SDG 15 would only be feasible on a broader scale through massive restrictions on resource consumption, protection of ecosystems and implementation of SDG 12 (sustainable consumption).
- ▶ To date, BE objective 6 (ensuring global food security) has received too little attention in national strategies and narratives. Previous narratives focus exclusively on increasing food production to achieve this important goal. Instead, it is necessary to address food sovereignty and distribution issues, to strengthen producers and markets at the local level and to reduce the consumption of meat and other animal products.
- ▶ Further problematic developments in existing bioeconomy strategies are the patenting and commercialisation of biological and genetic resources, the focus on high-tech digital measures in agriculture to increase production, or the early application of biotechnological innovations without the need for risk assessments with potentially negative effects on ecosystems.

However, bioeconomy also has a number of positive aspects that can contribute to achieving the SDGs. There is a multitude of already developed and tested approaches and solutions for sustainable agriculture and biodiversity conservation that would need to find applications in bioeconomy to meet the sustainability requirements of SDG 2 and 15:

- ▶ In the context of SDG 2, the promotion of holistic models and methods of sustainable land use and a diversification of agricultural production, including agroecology, organic farming and innovative approaches such as hydroponics and aquaponics are particularly noteworthy. These are equally applicable in countries of the global South and North. Also relevant are community-based seed banks, which enable a fair distribution of genetic resources.
- ▶ In the context of SDG 15, the implementation of concepts such as cascading use of biomass, agroforestry, sustainable forest management, or the combination of traditional biodiversity knowledge and modern science should be mentioned.
- ▶ Individual technological developments (e.g. DNA barcoding and DNA sequencing methods to protect ecosystems and biodiversity) can also make positive contributions to the sustainability goals of SDG 2 and SDG 15.

The analysis of the interactions between bioeconomy and SDG 2 and SDG 15 comes to the overall conclusion that the existing bioeconomy policies and practices show above all conflicts of objectives with the sustainability goals relevant to land use. This conclusion confirms the results of existing studies¹¹ that show that a bioeconomy that is not geared to sustainability would have very negative impacts on SDG 15.

Furthermore, country case studies for Indonesia, Colombia and South Africa, which were prepared within the framework of the research project, show that national bioeconomy strategies and national SDG implementation strategies (and the corresponding actors in politics) have not yet been coordinated with each other. The current national bio-economic strategies of the three countries studied focus on modernization, biotechnological development, yield increases in agriculture and the use of genetic resources from biodiversity hotspots. The national bioeconomy strategies for agricultural products such as palm oil, sugar cane and new biotechnological methods entail increased risks, especially for the protection of forests and the sustainable forest management (SDG 15.1 and 15.2), protection of soils (SDG 15.3) and conservation of biodiversity (SDG 15.5 and 15.9). In the bioeconomy strategies for agricultural sectors, resilient and sustainable agricultural methods (SDG 2.4) and the conservation of genetic diversity of seeds and crops (SDG 2.5) have been severely neglected to date.

For Germany and Europe, SDG 12 (Sustainable Consumption and Production) is another important goal for shaping a sustainable bioeconomy and enabling the achievement of SDG 2 and SDG 15 in the countries of the Global South. A sustainable bioeconomy requires not only sustainable approaches in agricultural and forestry production (e.g. of palm oil, soya, sugar cane or wood in the countries of the Global South), but also measures to reduce biomass imports and changed consumer behaviour in industrial societies.

Approaches for a more sustainable design of bioeconomy

In the following, we present an overview of ten **fields of action** and concrete **recommendations** that can contribute to the sustainable development of bioeconomy in line with the 2030 Agenda. A detailed tabular compilation of the individual recommendations can be found in the appendix of this document.

► **Developing guidelines on the role of bioeconomy in the context of the implementation of the 2030 Agenda:** Bioeconomy does not *per se* contribute to (more) sustainability.

Whether this is the case or not only becomes apparent in the concrete case of application. In order to reduce negative ecological and social impacts, we recommend that the German Federal Government -- supported by the Bioeconomy Council -- shall develop guidelines on the role of bioeconomy in the context of implementing the 2030 Agenda. As key points, we propose that bioeconomy paths should only be pursued if they are likely to contribute at least as much as alternative approaches to the goals of 2030 Agenda. If possible, bioeconomy paths should not lead to any new, *additional* use of agricultural or forestry biomass, and biogenic raw materials should be used primarily materially. Climate protection goals in the energy sector can be achieved more effectively with renewable energy sources such as solar and wind. Where bioeconomy paths appear fundamentally promising, their contribution to sustainability must be promoted and possible negative impacts counteracted. To this end, limits for critical environmental impacts of bioeconomy must be introduced and the framework

¹¹ See e.g. Heimann, T. (2019): Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7, 43–57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>

conditions for sustainable consumption and investment practices in the context of bioeconomy must be strengthened.

- ▶ **Strengthening the social dialogue on the sustainability of bioeconomy and balance the governance of bioeconomy:** To place bioeconomy more firmly in the context of the implementation of the 2030 Agenda, the sustainability issues associated with it shall be discussed with a broader public. In addition, the governance of bioeconomy, which is currently focused on economic interests, must be balanced – by including representatives of civil society in the new Bioeconomy Council; by involving relevant ministries on an equal footing in the further development of bioeconomy policy (e.g. in the form of joint leadership in the development of the action plan for the implementation of the new bioeconomy strategy); using instruments such as lobby registers and a “legislative footprint” to make processes of political interest representation in the context of bioeconomy more transparent and more oriented towards the common good.
- ▶ **Defining sustainability targets for bioeconomy and carry out regular monitoring:** In order to align the political framework conditions for bioeconomy in the sense of the 2030 Agenda, it is first necessary for the German Federal Government to define concrete (quantified, where reasonably possible) sustainability goals and link them to time targets. This can be done in the context of the concretisation of the new bioeconomy strategy and the development of a national “land use plan” for biomass cultivation and use and should also be fed back into the update of the German Sustainability Strategy. The bioeconomy monitoring already planned by the government could then also record the achievement of the targets. Looking to the future, the monitoring could be linked with the analysis of possible future bioeconomy paths. These would have to be assessed for their likely effects on the sustainability goals set.
- ▶ **Developing strong international framework conditions for a sustainable bioeconomy:** Bioeconomy activities in Germany, but also in other industrialised countries, are already having a clearly negative impact on local ecosystems, food security and social justice in the Global South. In order to reduce such effects, the government should endeavour to improve the international framework conditions for a sustainable bioeconomy. In international processes, it can lobby for the expansion of existing international governance and support mechanisms for sustainable land and area management, soil and forest protection. Among other things, it can make efforts to put the issue of “land grabbing” on the international agenda. In order to reduce land pressure in the countries of the Global South, European trade policy needs to be reformed, inter alia by introducing due diligence obligations for importers of biogenic raw materials that are gradually becoming more binding. At the national level, the goals of global food sovereignty and the primacy of food security (“food first” principle) should be operationalised in the implementation plan of the National Bioeconomy Strategy. Furthermore, within the framework of German and European development cooperation, the promotion of ecological management forms such as agroecology should be expanded and product chains (e.g. palm oil, soya, sugar cane) should be made more sustainable.
- ▶ **Linking bioeconomy with sustainable land and area management:** It is necessary to address the effects of increasing land requirements and climate change through sustainable land and area management. This requires first of all the ambitious implementation of climate targets and the assessment of the climate impacts of land use policies. In the event of

conflicting land use objectives, priority must be given to the conservation and promotion of biodiversity and the absorption and storage of carbon. At EU level, the government should endeavour to ensure that the reform of agricultural policy (CAP) focuses on rewarding the ecological and societal achievements of agriculture. At national level, it can make maximum use of the leeway of member states for the benefit of environmental and climate protection. In addition, it can promote greater environmental and social compatibility of agriculture and forestry through supplementary support policies, regulatory policy or taxation (e.g. with regard to moor protection/cultivation, limiting nitrogen inputs, maintaining and improving soil carbon, semi-natural management, animal welfare, agroforestry). Regulatory instruments can also help to secure access to agricultural land in Germany and the EU for a sustainable bioeconomy, in

order to prevent agricultural land from being increasingly taken up by non-agricultural investors. Biomass support in RED II & EEG should be further reduced in future reviews and recasts. In order to reduce the overall pressure on land, land use can also be reduced in sectors other than agriculture and forestry. One approach would be to make the land-saving target of the sustainability strategy binding and to break it down to the Länder (and subsequently to regions and municipalities).

- ▶ **Developing sector-specific roadmaps for a sustainable bioeconomy:** In order to prioritise the use of scarce biogenic resources, we recommend developing sector-specific roadmaps for agriculture, forestry and fisheries, the chemical, textile and packaging industries, and the energy sector. These build on existing sustainability initiatives in the individual sectors or are newly developed on the initiative of the Federal Government, whereby all relevant companies are to be involved. Above all, the roadmaps should define goals and milestones for the efficient use of biomass within the planetary boundaries. We propose a cross-sectoral negotiation process for dealing with existing conflicts of objectives and use.
- ▶ **Making consumption and nutritional styles more sustainable:** In order to raise general awareness of greater sufficiency in consumption and nutritional styles and to make it capable of gaining a majority, the German Federal Government can initiate more real-world laboratories in addition to information campaigns. Long-term VAT adjustments can also be used to create incentives for consumers to significantly reduce the consumption of meat and other animal fats and proteins in favour of more plant-based foods. Fiscal incentives for vegetarian and vegan offers in the catering sector could also contribute to making nutritional styles more sustainable. Finally, the further reduction of food losses on the supply and demand side is also an important element. There is a need for political action in this context, especially in the consistent application of the “food use hierarchy” (e.g. returning nutrients to the agricultural cycle before energy recovery).
- ▶ **Using biotechnology in a precautionary manner:** In order to ensure that the precautionary principle is applied when new genetic engineering methods are used, the German Federal Government should endeavour to ensure that the current legal situation is maintained at EU level. If these processes are used in closed systems (e.g. for new synthesis routes for chemicals), the respective developers or manufacturers must be obliged to clarify relevant questions regarding sustainability and risk management at an early stage. With regard to the release of “gene drive” applications, a clear position for a moratorium at international level can help to reduce unforeseeable risks to biodiversity and the integrity of ecosystems.

Furthermore, we recommend the establishment of societal dialogues with an integrated risk/benefit analysis on a national and European level.

- ▶ **Aligning research and innovation policy on bioeconomy with its social and environmental benefits:** In view of the existing focus on technology issues, we propose to increasingly support projects that address social and ecological aspects and integrate them into existing technological research. By requiring a binding technology and sustainability assessment for research and development projects, management systems can be developed to reduce these risks already during the development phase. In addition, the participation of civil society actors in the development of research agendas at national and international level can enhance the transdisciplinary character and social added value of research. Interesting new impulses could also arise from an increased transfer of technologies, knowledge and (social) practices from countries of the Global South to the Global North.
- ▶ **Addressing research gaps:** We see a priority need for research on the “food first” principle, especially on how it can be implemented practically in the context of international cooperation and thus ensure global food sovereignty. Furthermore, we recommend that a well-founded empirical study be conducted to investigate how existing political structures and obstacles to a transformation towards a more sustainable bioeconomy can be overcome. Experiences from other transformation processes – for example the energy system transformation – could provide valuable insights in this regard. It should also be examined whether and in what form an increase in animal welfare standards in agriculture can help to reduce animal production and the associated environmental burdens and reduce animal suffering. Finally, the question of what level of consumption can be covered by the available quantities of sustainably produced biomass also requires detailed consideration. In this context, it would also be necessary to clarify the degrees of freedom that can be achieved by changing consumption patterns (e.g. in nutrition) in this context.

Sommaire

Le concept de « bioéconomie », tel qu'il est formulé dans la stratégie nationale de bioéconomie, comprend « la production, le développement et l'utilisation de ressources, de procédés et de systèmes biologiques pour fournir des produits, des procédés et des services dans tous les secteurs économiques dans le cadre d'un système économique durable ». ¹² Ces dernières années, ce concept a été présenté comme une possibilité de remplacer l'ère des ressources fossiles, de renforcer la protection du climat et de réduire la dépendance aux matières premières des pays industrialisés, de nourrir une population mondiale croissante, de stimuler l'innovation et la croissance et de créer ainsi des opportunités de revenus dans les régions rurales des pays industrialisés ainsi que dans les pays producteurs de biomasse de l'hémisphère sud.

Cependant, la bioéconomie (BÉ) est également associée à un certain nombre de points de critique et de défis éthiques. Ils vont des effets sur la durabilité de l'agriculture industrielle à forte intensité d'intrants et du génie génétique, dont l'utilisation se développe dans le cadre de la bioéconomie, en passant par la pression croissante sur des écosystèmes intacts et l'intensification de la concurrence pour les terres, les sols (de qualité) et l'eau, à la question de savoir s'il est approprié de résoudre des problèmes complexes tels que le changement climatique et la sécurité alimentaire par des approches essentiellement techniques ("solution technique").

Dans le projet de recherche « Utilisation durable des ressources - Exigences pour une bioéconomie durable de l'Agenda 2030/ mise en œuvre des ODD » (FKZ 3717 31 103 0), des opportunités ont été identifiées et des risques évalués qui pourraient découler de la mise en œuvre de stratégies de bioéconomie nationales pour atteindre les objectifs des Nations unies en matière de développement durable (Objectifs de développement durable, ODD). À cette fin, l'équipe du projet a d'abord préparé un aperçu des concepts de bioéconomie existants. Elle a analysé le discours germanophone sur la bioéconomie et a procédé à un examen des voies technologiques pertinentes afin d'évaluer les axes de développement de la bioéconomie et son potentiel. En outre, les chercheurs ont comparé les concepts de la bioéconomie avec les exigences de fond de divers agendas environnementaux et de durabilité – en particulier l'Agenda 2030 (analyse de cohérence). Enfin, ils ont tiré des exigences concrètes pour une bioéconomie durable de certains objectifs de développement durable, en mettant l'accent sur les ODD 2 et ODD 15.

Le présent résumé présente dans un premier temps les résultats les plus importants des analyses susmentionnées. Par la suite, des recommandations politiques pour une conception durable de la bioéconomie sont présentées, qui ont été développées dans le projet sur la base des résultats de l'analyse.

Concepts bioéconomiques et analyse du discours

Sur la base d'une **analyse** ¹³ **détaillée des stratégies politiques de bioéconomie** en Allemagne, au niveau de l'UE et dans certains pays tiers, **le discours sur la bioéconomie** en Allemagne a été évalué. Afin d'identifier les structures argumentatives dans le champ discursif « bioéconomie », la compréhension de base et le « cadrage » de la bioéconomie, les besoins et approches réglementaires identifiés ainsi que les stratégies discursives ont été élaborés à partir

¹² Gouvernement fédéral (2020) : Stratégie nationale pour la bioéconomie, version du cabinet, 15.01.2020. Berlin & Bonn, 2020, p 6

¹³ Les résultats complets de l'analyse des stratégies de bioéconomie politiques et de l'analyse du discours sont disponibles dans le document UBA-Texte 78/2019, voir: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>

de 148 textes des années 2007 - 2018. De cette façon, on a pu distinguer trois sous-discours et les coalitions de discours qui les soutiennent :

- ▶ Un discours « *affirmatif* » de la bioéconomie, qui souligne les opportunités de la bioéconomie. Il est soutenu par un certain nombre d'acteurs étatiques et économiques: les producteurs et les transformateurs de biomasse « conventionnelle » ainsi que les utilisateurs de produits (intermédiaires) biobasés, y compris le secteur de la biotechnologie et l'industrie chimique.
- ▶ Un discours « *pragmatique* » de la bioéconomie et de la gestion de l'eau qui évalue les opportunités et les risques de la bioéconomie et appelle à des normes de durabilité strictes. Les principaux porteurs sont des acteurs publics guidés par l'environnement et quelques entreprises ou associations commerciales en dehors des secteurs de la bioéconomie (par exemple, la gestion de l'eau).
- ▶ Un discours « *critique* » de la bioéconomie, qui associe plutôt des risques par rapport aux possibilités au concept « dominant » de la bioéconomie (qui se caractérise par un discours partiellement affirmatif) et appelle à un changement plus fondamental. Les protagonistes sont des associations de protection de l'environnement et de la nature, des groupes de politique de développement et des associations de l'industrie agricole et alimentaire critiques à l'égard du génie génétique.

Dans le discours affirmatif de la bioéconomie, la bioéconomie est présentée comme un projet de durabilité globale avec des avantages écologiques. En même temps, elle est poursuivie comme un projet d'innovation et de technologie qui peut renforcer la croissance et la compétitivité. Dans le contexte de la bioéconomie, le risque principal réside dans les limites physiques de la disponibilité des ressources. Linguistiquement et rhétoriquement, le discours affirmatif de la bioéconomie tente de convaincre par un argument « gagnant-gagnant-gagnant » (avantages écologiques, économiques et sociaux). L'une des contradictions du discours affirmatif est qu'il traite peu des objectifs contradictoires et des causes des problèmes de durabilité que la bioéconomie est censée à « résoudre », et ne les met donc pas en balance avec des approches alternatives ou complémentaires.

Même dans le discours pragmatique, la bioéconomie est considérée comme une opportunité pour plus de durabilité, bien que les risques soient plus importants. Il traite de la justice distributive en ce qui concerne les impacts écologiques, économiques et sociaux de la bioéconomie dans l'hémisphère sud et en Allemagne. En ce qui concerne les stratégies politiques, des limites environnementales strictes sont nécessaires afin, par exemple, de ne pas mettre en danger la sécurité alimentaire et la diversité biologique. Sur le plan linguistique et rhétorique, le discours pragmatique cherche à gagner du soutien en élargissant le débat pour y inclure une discussion ouverte sur les objectifs contradictoires, en cherchant à se relier au discours plus large de politique environnementale et économique de la « modernisation écologique », et en restant équilibré en termes d'arguments et de langage.

Le discours critique de la bioéconomie ne se concentre pas sur les opportunités, mais sur les risques de la bioéconomie dans l'hémisphère sud ainsi que dans le nord. La conception dominante de la bioéconomie est critiquée comme étant industrielle, antidémocratique et aveugle au pouvoir. Au lieu de remplacer les énergies fossiles et les matières premières par la technologie, la bioéconomie doit résoudre de manière plus globale les défis socio-économiques et socio-écologiques liés au climat, à la protection des ressources et à la sécurité alimentaire. Le discours critique continue d'être caractérisé par un engagement clair en faveur d'approches agroécologiques, sans OGM et de l'agriculture (à petite échelle) pour la production de biomasse. Sur le

plan linguistique et rhétorique, elle cherche à obtenir un soutien, entre autres, en exposant les intérêts matériels et les stratégies rhétoriques du discours affirmatif de la bioéconomie, en « désignant » les acteurs problématiques et en « dénonçant » les pratiques nuisibles au niveau local (par exemple l'accaparement des terres).

La division en trois sous-discours décrits ci-dessus n'est pas toujours claire et doit donc être comprise avant tout comme une heuristique. De plus, les sous-discours ont changé au fil du temps: Ainsi, après les premières années, le discours affirmatif de la bioéconomie s'est ouvert aux objectifs écologiques et sociaux et le discours critique, qui se concentrait initialement davantage sur des aspects partiels tels que l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques, l'agriculture industrielle et le génie génétique, s'est de plus en plus tourné vers le concept global de la bioéconomie.

Sur la base de l'analyse du discours, deux domaines de conflit centraux peuvent être déduits d'un **point de vue éthique**: La relation homme-nature dans la bioéconomie et les aspects de justice de la bioéconomie. Un examen critique des principales approches éthiques de la relation homme-nature montre que le pathocentrisme est la position la plus plausible, c'est-à-dire que le bien-être de toutes les créatures sensibles à la douleur devrait être la plus haute maxime de l'action éthique. L'analyse des différentes approches éthiques de la justice distributive aboutit à la conclusion que, de facto, il est mieux justifié de faire passer le plus grand nombre possible de personnes au-dessus d'un « seuil de suffisance », c'est-à-dire de leur fournir ce dont elles ont besoin pour mener une bonne vie. Vu dans son ensemble, l'approche du *suffisantarisme* semble donc offrir la meilleure base de travail en ce qui concerne la compréhension de la justice distributive. En ce qui concerne la justice générationnelle, le principe de la justice universelle est considéré comme une approche appropriée : Selon elle, la justice devrait prévaloir entre tous les êtres qui peuvent souffrir de déficits de justice aujourd'hui et à l'avenir. Cela inclut explicitement les générations futures au sens de la justice intergénérationnelle.

Lignes de développement et potentiels de la bioéconomie

Au cours de l'analyse des lignes de développement et des potentiels de la bioéconomie, la contribution que les voies technologiques et les domaines d'application de la bioéconomie peuvent contribuer à une société neutre en termes de gaz à effet de serre et économe en ressources et à la mise en œuvre des ODD a été élaborée. À cette fin, l'utilisation actuelle des ressources en Allemagne pour la classification de la demande de biomasse de la bioéconomie a été présentée, les futures **voies pertinentes de la bioéconomie** au niveau national, européen et international ont été identifiées et les voies sélectionnées ont été évaluées en ce qui concerne les charges et/ou les allègements environnementaux écologiques et socio-économiques.

Une recherche thématique a permis de recueillir des informations sur les développements et les grandes tendances émergentes et pertinentes dans le domaine de la bioéconomie. Cela a permis d'obtenir une vue d'ensemble de 58 voies possibles pour la bioéconomie. L'analyse de l'utilisation respective de la biomasse dans les différentes voies a montré que l'utilisation de la biomasse agricole (grandes cultures, graminées énergétiques, plantations à courte rotation) prédomine. L'expansion de la bioéconomie entraîne une pression croissante sur l'utilisation des terres, tant en Allemagne que dans les pays importateurs respectifs, par l'utilisation supplémentaire de la biomasse agricole et forestière. Dans le cas des matières résiduelles et des déchets, qui sont déjà très demandés, la concurrence pour l'utilisation peut se faire en raison de la demande supplémentaire de biomasse. Pour une petite partie des voies, il a été démontré que les mesures d'efficacité (surtout les améliorations technologiques) pouvaient réduire les besoins existants ou

supplémentaires en biomasse, par exemple dans le domaine de la production alimentaire ou de l'utilisation énergétique des déchets et des matières résiduelles.

Dans l'ensemble, il a été constaté que les stratégies politique de bioéconomie existantes ne contribuent pas suffisamment à éviter les risques écologiques des voies de bioéconomie concernées. D'autre part, la pression exercée sur les terres agricoles existantes et susceptibles d'être développées (par exemple par la déforestation et la conversion des prairies) continuera probablement à s'accroître et entraînera une nouvelle intensification de l'utilisation des terres et des changements d'affectation des terres. La demande de biomasse prévue dépassera probablement les potentiels durables disponibles des ressources biogènes en Allemagne. L'acquisition de ressources biogènes à l'étranger augmente à son tour le risque global, par exemple en ce qui concerne les changements indirects d'utilisation des terres, la perte de biodiversité, la dégradation des sols, etc.

Compte tenu de la disponibilité limitée des matières premières issues de l'agriculture et de la sylviculture ainsi que des flux de déchets et de matières résiduelles, il semble urgent de donner la priorité politique à l'utilisation de la biomasse, ce pour quoi les lignes directrices suivantes sont recommandées :

- ▶ Les voies de bioéconomie devraient assurer une réduction significative des gaz à effet de serre par rapport à une référence fossile.
- ▶ Les voies de bioéconomie devraient avoir peu ou pas d'impact négatif sur l'environnement (biodiversité, sol, eau, air) et les aspects sociaux.
- ▶ Dans la mesure du possible, les matières premières biogènes doivent être utilisées en premier lieu comme matériaux de remplacement des matières premières fossiles.
- ▶ Les sources d'énergie fossiles devraient être remplacées en priorité par des énergies renouvelables non biogènes. L'utilisation énergétique des matières premières biogènes doit être limitée aux besoins énergétiques pour lesquels d'autres options sont techniquement difficiles à satisfaire (par exemple, les biocarburants issus d'algues et les déchets et résidus biogènes dans le trafic aérien, l'utilisation efficace et peu polluante des combustibles ligneux pour les applications à haute température dans les cascades de chaleur et les bâtiments mal isolés et non réticulés).
- ▶ Les voies de bioéconomie ne devraient pas entraîner une utilisation nouvelle et supplémentaire de la biomasse agricole ou forestière ou des déchets et des matières résiduelles déjà utilisées, afin de ne pas accroître la pression sur ces matières premières.
- ▶ Les voies de bioéconomie devraient améliorer l'efficacité des utilisations actuelles de la biomasse.

Sans une orientation vers ces lignes directrices ou des lignes directrices comparables, les domaines d'application bioéconomiques ne répondront pas de manière fiable aux exigences de durabilité souhaitées et réduiront la contribution de la bioéconomie à une société neutre en termes de gaz à effet de serre et économe en ressources.

Intégration de la bioéconomie dans le contexte de la politique environnementale

Dans cette analyse, les exigences de contenu des différentes déclarations sur l'environnement et la durabilité ont été systématiquement comparées aux caractéristiques des concepts de

bioéconomie existants. Avec le **concept des limites planétaires**¹⁴ et les **objectifs de durabilité des Nations unies (ODD)** de l'Agenda 2030, deux agendas environnementaux et de durabilité d'importance centrale et de portée mondiale ont été pris en compte pour l'analyse et d'éventuels objectifs contradictoires et potentiels de synergie ont été élaborés.

La méthodologie de l'analyse de la chaîne d'impact a été utilisée pour la comparaison systématique des caractéristiques des concepts de la bioéconomie avec les agendas et programmes de politique environnementale. Cette méthodologie permet de concevoir et d'analyser les voies et les effets de la mise en œuvre d'un objectif politique. Sur la base d'une analyse à un niveau abstrait et qualitatif, il est possible de concevoir et d'analyser les voies et les effets de la mise en œuvre d'un objectif politique et d'obtenir des indications sur la cohérence politique. Toutefois, ce n'est pas au niveau des objectifs politiques que l'on décide en premier lieu si la politique (environnementale) est cohérente et dans quelle mesure elle l'est. Les contradictions ou les synergies découlent plutôt de la manière dont un objectif est mis en œuvre et a donc un impact. Les mesures de mise en œuvre entraînent des changements de comportement qui peuvent exacerber (ou réduire) les causes d'un autre problème (environnemental). L'étude s'est concentrée sur les interactions directes (« premier ordre ») entre les catalogues d'objectifs politiques. Aussi l'étude prend en compte les effets en dehors de l'Allemagne et de l'Europe qui peuvent résulter de la poursuite des objectifs de bioéconomie.

Les neuf objectifs de bioéconomie suivants, identifiés dans l'analyse des stratégies politiques de bioéconomie (voir ci-dessus), constituent la base de référence pour l'analyse de la chaîne d'impact :

1. Maintenir la compétitivité et la croissance économique en Allemagne/ Europe
2. La création d'emplois en Allemagne/ Europe, en particulier dans les zones rurales
3. Accroître la production dans les secteurs de l'agriculture, de la sylviculture, de la pêche et de l'aquaculture
4. Accroître la recherche, l'innovation et les compétences
5. La poursuite du développement et de l'utilisation des procédés biotechnologiques/ du génie génétique
6. Assurer la sécurité alimentaire mondiale
7. Réduire des matières premières fossiles pour l'utilisation des matériaux, surtout en modifiant la base des matières premières et en remplaçant les matières premières fossiles par des matières premières biogènes durables
8. Utilisation efficace des matières premières biogènes
9. La protection du climat

Alignement entre la bioéconomie et le concept de limites planétaires

La bioéconomie et les processus sur lesquels elle repose ne conduisent pas en soi à une amélioration écologique des dimensions de l'impact écologique et donc des processus essentiels dans le concept de limites planétaires. Au contraire, une expansion de la bioéconomie s'accompagne de risques importants en ce qui concerne les problèmes écologiques centraux et les limites planétaires. Il convient de noter en particulier l'augmentation prévue de la production dans l'agriculture et la sylviculture ainsi que dans la pêche et l'aquaculture, qui a des objectifs contradictoires pertinents pour presque toutes les limites planétaires. L'augmentation de la production est associée à une utilisation des terres, une consommation de ressources et des émissions supplémentaires, qui ont un impact négatif immédiat sur les limites planétaires du changement

¹⁴ Cf. Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, F. S. 3rd; Lambin, E. F. et al. (2009): A safe operating space for humanity. In: Nature 461 (7263), p 472–475. DOI: 10.1038/461472a.

climatique, l'intégrité de la biosphère, les changements d'utilisation des terres et les flux d'azote et de phosphore. Des conflits d'objectifs plutôt que des synergies sont également à prévoir en ce qui concerne les autres limites planétaires.

Alignement entre la bioéconomie et les objectifs de durabilité des Nations unies

En ce qui concerne les synergies existantes, l'analyse de la chaîne d'impact montre que l'expansion de la recherche, de l'innovation et de la qualification (BÉ objectif 4), qui vise dans le cadre d'une « bioéconomie fondée sur la connaissance », peut avoir un effet essentiellement positif sur les ODD. Il convient toutefois de noter que l'inclusion des pays de l'hémisphère sud (par exemple sous forme de transfert de savoir-faire et de technologie) est considérée comme une hypothèse et donc comme une condition préalable nécessaire au développement de potentiels de synergie à l'échelle mondiale. D'autres synergies peuvent se produire, en particulier dans le cas des BÉ objectifs 7, 8 et 9. Les objectifs contradictoires, en revanche, découlent notamment des objectifs bioéconomiques qui sont axés sur la croissance économique en général (BÉ objectifs 1) ou sur l'augmentation de la production dans les secteurs de l'agriculture/ sylviculture ou de la pêche et de l'aquaculture (BÉ objectif 3). Les objectifs contradictoires de l'objectif 3 de bioéconomie peuvent s'expliquer par le fait que l'augmentation de la production dans ces secteurs se fera probablement principalement dans le cadre de la forme de gestion industrielle actuellement prédominante, à forte intensité d'intrants et fortement orientée vers l'exportation.

En principe, il convient de noter dans l'analyse de la chaîne d'impact que dans de nombreux cas, les objectifs du plan de bioéconomie étudiés sont des objectifs hypothétiques, dont la réalisation doit encore être assurée par une conception appropriée des stratégies de bioéconomie au niveau national et international. Un exemple important est l'objectif de protection du climat, souvent particulièrement mis en avant. Ici, l'analyse des tendances et des axes de développement de la bioéconomie montre que certaines tendances offrent un potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, cela ne s'applique pas à toutes les tendances examinées. Pour que la bioéconomie contribue réellement à une protection efficace du climat, il sera donc d'une importance décisive de savoir quelles tendances prévaudront en fin de compte.

Dérivation des exigences concrètes pour une bioéconomie durable à partir de ODD sélectionnés

Cette étude s'est concentrée sur la question de savoir quelles exigences de durabilité l'Agenda 2030 impose à la bioéconomie. Les ODD 2 « Faim zéro » et ODD 15 « Vie terrestre », qui concernent l'utilisation des terres, ont été examinées plus en détail.

L'analyse a permis de conclure qu'il existe un certain nombre d'objectifs contradictoires et de faiblesses dans les stratégies nationales actuelles en matière de bioéconomie. Bien qu'elles soient orientées vers la durabilité, du moins sur le papier, il existe un certain nombre de contradictions entre les stratégies de bioéconomie existantes et l'Agenda 2030:

- La question la plus problématique est la demande supplémentaire de biomasse associée à une bioéconomie en pleine croissance. Une modification de la base de matières premières et une substitution quantitative 1:1 des matières premières fossiles par des matières premières biogènes ne fonctionneront pas compte tenu des écosystèmes déjà surchargés. Par conséquent, l'objectif 7 de bioéconomie (changement de la base de matières premières des sources fossiles aux sources biogènes) et la réalisation des objectifs de la ODD 15 ne seraient réalisables à plus grande échelle que par des restrictions massives de la consommation des ressources, la protection des écosystèmes et la mise en œuvre de la ODD 12 (consommation durable).

- ▶ Jusqu'à présent, l'objectif 6 de bioéconomie (assurer la sécurité alimentaire mondiale) a reçu trop peu d'attention dans les stratégies et les narratifs nationaux. Les narratifs précédents se concentrent exclusivement sur l'augmentation de la production alimentaire pour atteindre cet important objectif. Il est plutôt nécessaire de se tourner vers les questions de souveraineté alimentaire et de distribution, de renforcer les producteurs et les marchés au niveau local et de réduire la consommation de viande et d'autres produits d'origine animale.
- ▶ D'autres développements problématiques dans les stratégies de bioéconomie existantes sont le brevetage et la commercialisation des ressources biologiques et génétiques, l'accent mis sur les mesures numériques de haute technologie dans l'agriculture pour augmenter la production, ou l'application précoce d'innovations biotechnologiques sans nécessité d'évaluations des risques avec des effets potentiellement négatifs sur les écosystèmes.

Toutefois, la bioéconomie présente également un certain nombre d'aspects positifs qui peuvent contribuer à la réalisation des ODD. Il existe une multitude d'approches et de solutions déjà développées et testées pour l'agriculture durable et la conservation de la biodiversité qui devraient trouver des applications dans la bioéconomie pour répondre aux exigences de durabilité des ODD 2 et 15 :

- ▶ Dans le contexte du ODD 2, la promotion de modèles et de méthodes holistiques d'utilisation durable des terres et la diversification de la production agricole, y compris l'agroécologie, l'agriculture biologique et les approches innovantes telles que la culture hydroponique et aquaponique, sont particulièrement remarquables. Elles s'appliquent aussi bien aux pays de l'hémisphère sud qu'à ceux du nord. Les banques de semences communautaires, qui permettent une distribution équitable des ressources génétiques, sont également pertinentes.
- ▶ Dans le contexte du ODD 15, il convient de mentionner la mise en œuvre de concepts tels que l'utilisation en cascade de la biomasse, l'agroforesterie, la gestion durable des forêts ou la combinaison des connaissances traditionnelles en matière de biodiversité et de la science moderne.
- ▶ Les développements technologiques individuels (par exemple les méthodes de codage à barres et de séquençage de l'ADN pour protéger les écosystèmes et la biodiversité) peuvent également apporter des contributions positives aux objectifs de durabilité des ODD 2 et ODD 15.

L'analyse des interactions entre la bioéconomie et les ODD 2 et ODD 15 aboutit à la conclusion générale que les politiques et pratiques bioéconomiques existantes présentent avant tout des conflits d'objectifs avec les objectifs de durabilité relatifs à l'utilisation des terres. Cette conclusion confirme les résultats des études existantes¹⁵, qui montrent qu'une bioéconomie qui n'est pas axée sur la durabilité aurait des effets très négatifs sur le ODD 15.

En outre, les études de cas nationales pour l'Indonésie, la Colombie et l'Afrique du Sud, qui ont été préparées dans le cadre du projet de recherche, montrent que les stratégies nationales de bioéconomie et les stratégies nationales de mise en œuvre des ODD (et les acteurs politiques correspondants) n'ont pas encore été coordonnées entre elles. Les stratégies de bioéconomie nationales actuelles des trois pays étudiés sont axées sur la modernisation, le développement biotechnologique, l'augmentation des rendements agricoles et l'utilisation des ressources génétiques des points chauds de la biodiversité. Les stratégies de bioéconomie nationales pour les

¹⁵ Cf. par ex. Heimann, T. (2019): Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7, 43–57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>

produits agricoles tels que l'huile de palme, la canne à sucre et les nouvelles méthodes biotechnologiques comportent des risques accrus, notamment pour la protection des forêts et l'utilisation durable des forêts (ODD 15.1 et 15.2), la protection des sols (ODD 15.3) et la conservation de la biodiversité (ODD 15.5 et 15.9). Dans les stratégies de bioéconomie pour les secteurs agricoles, les méthodes agricoles résistantes et durables (objectif 2.4 du ODD) et la conservation de la diversité génétique des semences et des cultures (objectif 2.5 du ODD) ont été gravement négligées jusqu'à présent.

Pour l'Allemagne et l'Europe, la ODD 12 (Consommation et production durables) est un autre objectif important pour façonner une bioéconomie durable et permettre la réalisation de la ODD 2 et de la ODD 15 dans les pays de l'hémisphère sud. Une bioéconomie durable exige non seulement des approches durables dans la production agricole et forestière (par exemple d'huile de palme, de soja, de canne à sucre ou de bois dans les pays de l'hémisphère sud), mais aussi des mesures visant à réduire les importations de biomasse et à modifier le comportement des consommateurs dans les sociétés industrielles.

Approches pour une conception plus durable de la bioéconomie

Dans ce qui suit, nous présentons un aperçu de dix domaines d'action et des recommandations concrètes qui peuvent contribuer au développement durable de la bioéconomie conformément à l'Agenda 2030. Un tableau détaillé des différentes recommandations se trouve en annexe de ce document.

- ▶ **Élaborer des lignes directrices sur le rôle de la bioéconomie dans le cadre de la mise en œuvre de l'Agenda 2030:** La bioéconomie ne contribue pas en soi à l'amélioration de la durabilité. Le fait que ce soit le cas ou non n'apparaît que dans le cas concret de l'application. Afin de réduire les impacts écologiques et sociaux négatifs, nous recommandons que le gouvernement allemand – soutenu par le Conseil de la bioéconomie – développe des lignes directrices sur le rôle de la bioéconomie dans le contexte de la mise en œuvre de l'Agenda 2030. Nous proposons que les voies de bioéconomie ne soient suivies que si elles sont susceptibles de contribuer au moins autant que les autres approches aux objectifs de l'Agenda 2030. Si possible, les voies de bioéconomie ne devraient pas conduire à une nouvelle utilisation supplémentaire de la biomasse agricole ou forestière, et les matières premières biogènes devraient être utilisées principalement comme matériaux. Les objectifs de protection du climat dans le secteur de l'énergie peuvent être atteints plus efficacement avec des sources d'énergie renouvelables telles que le solaire et l'éolien. Là où les voies de bioéconomie semblent fondamentalement prometteuses, il faut promouvoir leur contribution à la durabilité et contrer les impacts éventuellement négatifs. À cette fin, il convient d'introduire des limites pour les impacts environnementaux critiques de la bioéconomie et de renforcer les conditions cadres pour les pratiques de consommation et d'investissement durables dans le contexte de la bioéconomie.
- ▶ **Renforcer le dialogue sociétal sur la durabilité de la bioéconomie et équilibrer la gouvernance de la bioéconomie :** Afin de placer la bioéconomie plus fermement dans le contexte de la mise en œuvre de l'Agenda 2030, les questions de durabilité qui y sont associées doivent être discutées avec un public plus large. En outre, la gouvernance de la bioéconomie, qui est actuellement axée sur les intérêts économiques, doit être équilibrée – en incluant des représentants de la société civile dans le nouveau Conseil de la bioéconomie; en impliquant les ministères concernés sur un niveau d'égalité dans la poursuite du développement de la politique de la bioéconomie (par exemple, sous la forme d'une égide conjointe dans

l'élaboration du plan d'action pour la mise en œuvre de la nouvelle stratégie en matière de bioéconomie); en utilisant des instruments tels que les registres des lobbies et une « empreinte législative » pour rendre les processus de représentation des intérêts politiques dans le contexte de la bioéconomie plus transparents et plus orientés vers le bien commun.

- ▶ **Définir des objectifs de durabilité pour la bioéconomie et effectuer un suivi régulier:** Afin d'aligner les conditions cadres politiques pour la bioéconomie au sens de l'Agenda 2030, il est d'abord nécessaire que le gouvernement allemand définisse des objectifs de durabilité concrets (quantifiés, lorsque cela est raisonnablement possible) et les lie à des objectifs temporels. Cela peut se faire dans le cadre de la concrétisation de la nouvelle stratégie de bioéconomie et de l'élaboration d'un « plan national d'utilisation des terres » pour la culture et l'utilisation de la biomasse et devrait également être repris dans la mise à jour de la stratégie allemande de durabilité. La surveillance de la bioéconomie déjà prévue par le gouvernement pourrait alors également enregistrer la réalisation des objectifs. Pour l'avenir, la surveillance pourrait être liée à l'analyse des voies possibles de la bioéconomie. Il faudrait évaluer leurs effets probables sur les objectifs de durabilité fixés.
- ▶ **Développer des conditions cadres internationales solides pour une bioéconomie durable :** Les activités de bioéconomie en Allemagne, mais aussi dans d'autres pays industrialisés, ont déjà un impact clairement négatif sur les écosystèmes locaux, la sécurité alimentaire et la justice sociale dans l'hémisphère sud. Afin de réduire ces effets, le gouvernement devrait s'efforcer d'améliorer le cadre international pour une bioéconomie durable. Dans les processus internationaux, il peut faire pression pour l'expansion de la gouvernance internationale existante et soutenir les mécanismes de gestion durable des terres et des sols, ainsi que la protection des sols et des forêts. Il peut, entre autres, s'efforcer de mettre la question de l'« accaparement des terres » à l'ordre du jour international. Afin de réduire la pression foncière dans les pays de l'hémisphère sud, la politique commerciale européenne doit être réformée, entre autres en introduisant des droits de douane pour les importateurs de matières premières biogènes qui deviennent progressivement plus contraignants. Au niveau national, les objectifs de la souveraineté alimentaire mondiale et de la primauté de la sécurité alimentaire (principe « Food First ») devraient être concrétisés dans le plan de mise en œuvre de la stratégie nationale de bioéconomie. En outre, dans le cadre de la coopération allemande et européenne au développement, la promotion de formes de gestion écologique telles que l'agroécologie devrait être étendue et les chaînes de produits (par exemple l'huile de palme, le soja, la canne à sucre) devraient être rendues plus durables.
- ▶ **Connecter la bioéconomie avec la gestion durable des terres et des zones:** Il est nécessaire de faire face aux effets de l'augmentation des besoins en terres et du changement climatique par une gestion durable des terres et des zones. Cela nécessite tout d'abord la mise en œuvre ambitieuse d'objectifs climatiques et l'évaluation des impacts climatiques des politiques d'utilisation des terres. En cas d'objectifs contradictoires en matière d'utilisation des terres, la priorité doit être accordée à la conservation et à la promotion de la biodiversité ainsi qu'à l'absorption et au stockage du carbone. Au niveau de l'UE, le gouvernement devrait veiller à ce que la réforme de la politique agricole (PAC) soit axée sur la récompense des acquis écologiques et sociétales de l'agriculture. Au niveau national, il peut utiliser au maximum la marge de manœuvre des États membres au profit de la protection de l'environnement et du climat. En outre, le gouvernement peut promouvoir une plus grande compatibilité environnementale et sociale de l'agriculture et de la sylviculture par des politiques de soutien complémentaires, une politique réglementaire ou une fiscalité (par exemple en ce qui concerne la protection des tourbières, la limitation des apports d'azote, le maintien et

l'amélioration du carbone du sol, la gestion quasi naturelle, le bien-être des animaux, l'agroforesterie). Les instruments réglementaires peuvent également contribuer à garantir l'accès aux terres agricoles en Allemagne et dans l'UE pour une bioéconomie durable, afin d'éviter que les terres agricoles ne soient de plus en plus occupées par des investisseurs non agricoles. Le soutien à la biomasse dans le cadre de la RED II et de l'EEG devrait être encore réduit lors des futures révisions et refontes. Afin de réduire la pression globale sur les terres, l'utilisation des terres peut également être réduite dans des secteurs autres que l'agriculture et la sylviculture. Une approche consiste à rendre contraignant l'objectif d'économie de terres de la stratégie de durabilité et à le décliner au niveau des états fédéraux (« Länder », puis des régions et des municipalités).

- ▶ **Élaborer des « feuilles de route » sectorielles pour une bioéconomie durable:** Afin de donner la priorité à l'utilisation des ressources biogènes rares, nous recommandons d'élaborer des « feuilles de route » sectorielles pour l'agriculture, la sylviculture et la pêche, les industries chimique, textile et de l'emballage, et le secteur de l'énergie. Celles-ci s'appuient sur les initiatives de durabilité existantes dans les différents secteurs ou sont nouvellement développées à l'initiative du gouvernement fédéral, toutes les entreprises concernées devant être impliquées. Avant tout, les « feuilles de route » doivent définir des objectifs et des étapes pour l'utilisation efficace de la biomasse dans les limites de la planète. Nous proposons un processus de négociation intersectoriel pour traiter les conflits d'objectifs et d'utilisation existants.
- ▶ **Rendre les modes de consommation et d'alimentation plus durables:** Afin de sensibiliser l'opinion publique à une plus grande suffisance dans la consommation et les modes d'alimentation et de les rendre capables de gagner une majorité, le gouvernement fédéral peut lancer davantage de laboratoires réels en plus des campagnes d'information. Les ajustements de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) à long terme peuvent également être utilisés pour inciter les consommateurs à réduire de manière significative la consommation de viande et d'autres graisses et protéines animales au profit d'aliments plus végétaux. Des incitations fiscales pour les offres végétariennes et végétaliennes dans le secteur de la gastronomie pourraient également contribuer à rendre les styles nutritionnels plus durables. Enfin, la réduction supplémentaire des pertes de denrées alimentaires du côté de l'offre et de la demande est également un élément important. Une action politique est nécessaire dans ce contexte, notamment en ce qui concerne l'application cohérente de la « hiérarchie d'utilisation des denrées alimentaires » (par exemple, le retour des nutriments dans le cycle agricole avant la récupération d'énergie).
- ▶ **Utiliser la biotechnologie de manière préventive:** Afin de garantir l'application du principe de précaution lors de l'utilisation de nouvelles méthodes de génie génétique, le gouvernement allemand devrait s'efforcer de faire en sorte que la situation juridique actuelle soit maintenue au niveau de l'UE. Si ces procédés sont utilisés dans des systèmes fermés (par exemple pour de nouvelles voies de synthèse de produits chimiques), les développeurs ou fabricants respectifs doivent être tenus de clarifier les questions pertinentes concernant la durabilité et la gestion des risques à un stade précoce. En ce qui concerne la diffusion des applications de la « traction génétique », une position claire en faveur d'un moratoire au niveau international peut contribuer à réduire les risques imprévisibles pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes. Nous recommandons également d'établir des dialogues sociaux avec une analyse intégrée des risques/récompenses au niveau national et européen.
- ▶ **Aligner la politique de recherche et d'innovation sur la bioéconomie avec ses avantages sociaux et environnementaux:** Compte tenu de l'accent mis actuellement sur les

questions technologiques, nous proposons de soutenir davantage les projets qui traitent des aspects sociaux et écologiques et les intègrent dans la recherche technologique existante. En exigeant une technologie contraignante et une évaluation de la durabilité pour les projets de recherche et de développement, des systèmes de gestion peuvent être mis en place pour réduire ces risques pendant la phase de développement. En outre, la participation des acteurs de la société civile à l'élaboration des agendas de recherche au niveau national et international peut renforcer le caractère transdisciplinaire et la valeur ajoutée sociale de la recherche. De nouvelles impulsions intéressantes pourraient également découler d'un transfert accru de technologies, de connaissances et de pratiques (sociales) des pays de l'hémisphère sud vers le nord.

- **Comblent les déficits de la recherche** : Nous considérons qu'il est prioritaire de mener des recherches sur le principe « Food First » (la nourriture d'abord), en particulier sur la manière dont il peut être mis en œuvre concrètement dans le cadre de la coopération internationale et ainsi assurer la souveraineté alimentaire mondiale. En outre, nous recommandons qu'une étude empirique bien fondée soit menée pour étudier comment les structures politiques existantes et les obstacles à une transformation vers une bioéconomie plus durable peuvent être surmontés. L'expérience d'autres processus de transformation – par exemple la transformation du système énergétique – pourrait fournir des informations précieuses à cet égard. Il convient également d'examiner si et sous quelle forme un renforcement des normes de bien-être animal dans l'agriculture peut contribuer à réduire la production animale et les charges environnementales qui y sont liées, et à diminuer la souffrance des animaux. Enfin, la question de savoir quel niveau de consommation peut être couvert par les quantités disponibles de biomasse produite de manière durable nécessite également un examen détaillé. Dans ce contexte, il serait également nécessaire de clarifier les degrés de liberté qui peuvent être atteints en modifiant les modes de consommation (par exemple en matière de nutrition) dans ce contexte.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Potenzielle Wirkungen der Bioökonomie-Ziele auf die planetaren Belastungsgrenzen	80
Tabelle 2:	Überblick relevanter Wechselwirkungen der Bioökonomie-Ziele auf die UN-Nachhaltigkeitsziele (SDG)	89
Tabelle 3:	Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf nationaler / subnationaler Ebene.....	114
Tabelle 4:	Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf europäischer / internationaler Ebene.....	119
Tabelle 5:	Bestehende Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15	135
Tabelle 6:	Handlungsfelder und -empfehlungen im Überblick.....	253

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematisierte Wirkungskette	74
Abbildung 2:	Grafische Darstellung der planetaren Belastungsgrenzen	79
Abbildung 3:	Überblick der Wechselwirkungen geordnet nach Bioökonomie-Zielen	100
Abbildung 4:	Schematische Darstellung der Arbeitsabläufe	133
Abbildung 5:	Das ICSU Rahmenwerk zur Analyse von SDG Wechselwirkungen	134
Abbildung 6:	Anzahl der internationalen wissenschaftlichen Publikation zu „Bioeconomy AND Sustainability“ der Scopus Datenbank, Zeitraum 2010-2020	138
Abbildung 7:	Auswirkungen der Bioökonomie auf SDG 2	142
Abbildung 8:	Auswirkung der Bioökonomie auf SDG 15.....	142
Abbildung 9:	Synergien, potenzielle Synergien und Zielkonflikte SDG 2 mit Bioökonomie-Zielen.....	145
Abbildung 10:	Synergien, potenzielle Synergien und Zielkonflikte SDG 15 mit Bioökonomie-Zielen.....	145
Abbildung 11:	Wechselwirkungen einzelner Bioökonomie-Ziele mit SDG 2 Unterzielen	146
Abbildung 12:	Wechselwirkungen einzelner Bioökonomie-Ziele mit SDG 15 Unterzielen	147
Abbildung 13:	Die 10 Elemente der Agrarökologie und deren Zusammenhänge	153
Abbildung 14:	Zielkonflikte, bestehende Synergien und potenzielle Synergien zwischen SDG 2 und Bioökonomie-Zielen	189
Abbildung 15:	Zielkonflikte, bestehende Synergien und potenzielle Synergien zwischen SDG 15 und Bioökonomie-Zielen	189
Abbildung 16:	Organisationsstruktur für SDG Koordinierung und Implementierung in Indonesien	192

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AA	Auswärtiges Amt
ABD	Asian Development Bank
AbL	Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft e.V.
ABS	Zugang zu genetischen Ressourcen und gerechter Vorteilsausgleich (engl. access and benefit sharing)
AEBIOM	European Biomass Association
AP	Arbeitspaket
BAPPENAS	Indonesisches Ministerium für nationale Entwicklungsplanung
BAU	„Business-as-usual“
BBE	Bundesverband Bioenergie
BDP	Bund Deutscher Pflanzenzüchter
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMI	Bundesministerium des Innern
BMJV	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (heute BMU)
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich
BMWFW	Bundesministerien für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Österreich
BMW<i>i</i>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BÖ	Bioökonomie
BÖLW	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft
BÖR	Bioökonomierat
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz
BWI	Bundeswaldinventur
C	Kohlenstoff
CBD	Übereinkommen über biologische Vielfalt (engl. Convention on Biological Diversity)
CH₄	Methan

CO₂	Kohlendioxid
CRISPR/Cas	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
CSA	Klimaresiliente Landwirtschaft (engl. Climate smart agriculture)
DBFZ	Deutsche Biomasseforschungszentrum
DBV	Deutscher Bauernverband
DE	Deutschland
DECHEMA	Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie
DFWR	Deutscher Forstwirtschaftsrat
DG DEVCO	Generaldirektion Internationale Zusammenarbeit und Entwicklung
DG ENV	Generaldirektion Umwelt
DG RESE-ARCH	Generaldirektion Forschung
DG TRADE	Generaldirektion Handel
DHWR	Deutscher Holzwirtschaftsrat
DIB	Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie
DNS	Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie
DSI	Digitale Sequenz-Informationen
DUH	Deutsche Umwelthilfe
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EC	Europäische Kommission
EE	Erneuerbare Energien
EEB	Europäisches Umweltbüro
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EFSI	Europäischer Fonds für strategische Investitionen
EIP Agri	Innovationspartnerschaft „Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft“
ePURE	European renewable ethanol association
ESIF	Europäischer Struktur- und Investitionsfond
EU	Europäische Union
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FAO	Food and Agriculture Organization
FAPESP	São Paulo Research Foundation
FLR	Wiederherstellung der Waldlandschaft (engl. Forest Landscape Restoration)
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
FSS	Food Security Standard
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik

GeN	Gen-ethisches Netzwerk
GMO	Gentechnisch modifizierte Organismen
GPP	Green Public Procurement
GSAD	Indonesiens „Grand Strategy of Agricultural Development 2015-2045“
GVO	genetisch veränderte Organismen
H₂O	Wasser
ICSU	Internationaler Wissenschaftsrat
iLUC	Indirect Land Use Change
IMAG BÖ	Interministerielle Arbeitsgruppe Bioökonomie
IP	Geistiges Eigentum (engl. Intellectual Property)
IPBES	Zwischenstaatliche Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen (engl. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUCN	Internationale Naturschutzunion
KBBE	Knowledge-Based Bioeconomy
KLU	Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt
kÖL	kontrolliert Ökologischer Landbau
KUP	Kurzumtriebsplantagen
kWh	Kilowattstunden
LIPI	Indonesische Institut der Wissenschaften
MfN	Deutsche Museum für Naturkunde
Mio.	Millionen
Mm³	Millionen Kubikmeter
Mt	Megatonnen
MTSF	Südafrikas Medium Term Strategic Framework
NABU	Naturschutzbund Deutschland
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NRO	Nicht-Regierungsorganisation
NTFP	Nichtholzprodukte (engl. Non-timber forest products)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OVID	Verband der Ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland
ProgRess	Deutsches Ressourceneffizienzprogramm
PtCC	Power to Carbon Compounds
PtG	Power to Gas
PtL	Power to Liquids
PVC	Polyvinylchlorid

RAS	Recirculating Aquaculture System
RED II	Eneuerbare Energien Richtlinie II
REDD+	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
RIS	Regionale Innovationsstrategie
SAASTA	South African Agency for Science and Technology Advancement
SCAR	Standing Committee on Agricultural Research
SDG	Sustainable Development Goal
SEI	Stockholm Environment Institute
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
UN	Vereinte Nationen
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen
UNFCCC	Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen
VLOG	Verband Lebensmittel ohne Gentechnik
WBA	Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen
WTO	Welthandelsorganisation
WWF	World Wide Fund for Nature
ZIB	Loewe Zentrum für Insektenbiotechnologie und Bioressourcen

1 Einführung und Überblick

Das Konzept der „Bioökonomie“, so formuliert die Nationale Bioökonomie-Strategie, umfasst „die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen“¹⁶. Dieses Konzept wurde in den vergangenen Jahren als Möglichkeit präsentiert, die Ära fossiler Ressourcen abzulösen, den Klimaschutz zu stärken und Rohstoffabhängigkeiten von Industrieländern zu mindern, eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren, Innovation und Wachstum anzuregen und dabei Einkommenschancen in ländlichen Regionen der Industriestaaten wie auch in biomasseproduzierenden Ländern des Globalen Südens zu schaffen.

Mit der Bioökonomie (BÖ) verknüpfen sich jedoch auch eine Reihe von Kritikpunkten und ethischen Herausforderungen. Sie reichen von den Nachhaltigkeitswirkungen industrieller, inputintensiver Landwirtschaft und Gentechnik, deren Nutzung sich im Rahmen der Bioökonomie ausweiten, über steigenden Nutzungsdruck auf intakte Ökosysteme und sich verschärfende Nutzungskonkurrenzen um Flächen, (hochwertige) Böden und Wasser, bis hin zur Frage, ob es angemessen ist, komplexe Probleme wie Klimawandel und Ernährungssicherung mit überwiegend technischen Ansätzen („technical fix“) lösen zu wollen.

Im Forschungsvorhaben „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030 / SDG-Umsetzung“ (FKZ 3717 31 103 0) wurden Chancen herausgearbeitet und Risiken abgeschätzt, die sich aus der Umsetzung staatlicher Bioökonomie-Strategien für die Erreichung der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) ergeben können.

Der folgende Bericht stellt die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zusammen:

Kapitel 2 gibt zunächst einen Überblick über vorhandene **Bioökonomie-Konzepte** sowie deren Protagonisten und untersucht die unterschiedlichen (Teil-) Diskurse zur Bioökonomie in Deutschland. Auf Basis einer Argumentativen **Diskursanalyse** werden drei Teildiskurse und die sie stützenden Diskurskoalitionen voneinander abgegrenzt: ein affirmativer, ein pragmatischer und ein kritischer Bioökonomie-Diskurs. Analysiert werden jeweils das grundlegende Verständnis und „Framing“ von Bioökonomie, die Regelungsbedarfe und -ansätze sowie die diskursiven Strategien, mit denen die Diskurskoalition ihren Teildiskurs zu stärken sucht. Kapitel 2 befasst sich zudem mit **ethischen Aspekten** der Bioökonomie. Dabei werden insbesondere das Mensch-Natur-Verhältnis sowie Gerechtigkeitsfragen im Kontext einer Bioökonomie adressiert.

Im Rahmen von **Kapitel 3** werden relevante **Technologiepfade und Anwendungsbereiche** der Bioökonomie vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Ressourcennutzung analysiert und diskutiert. Dafür wird die aktuelle Ressourcennutzung in Deutschland für die Einordnung des Biomassebedarfs der Bioökonomie dargestellt, zukünftig relevante Bioökonomie-Pfade auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene herausgearbeitet und ausgewählte Pfade im Hinblick auf ökologische und sozio-ökonomische Umweltbe- bzw. -entlastungen bewertet. Im Zuge eines systematischen Trendscans werden hierfür auch Informationen über aufkommende und relevante Entwicklungen und **Megatrends** in der Bioökonomie zusammengetragen. Vor dem Hintergrund der begrenzten Rohstoffverfügbarkeit aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus Abfall- und Reststoffströmen werden schließlich Leitlinien für eine politische Priorisierung des Einsatzes von Biomasse herausgearbeitet.

Kapitel 4 widmet sich **der Einordnung der Bioökonomie in den umweltpolitischen Kontext**. Mittels einer **Kohärenzanalyse** werden die inhaltlichen Anforderungen verschiedener Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden mit den Zielen und Merkmalen der bestehenden Bioökonomie-Konzepte systematisch abgeglichen. Dabei werden mit dem Konzept der Planetaren Grenzen und den SDGs der Agenda 2030 zwei zentral wichtige Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden mit globalem Bezug für die Analyse herangezogen, wobei insbesondere mögliche Synergiepotenziale und Zielkonflikte herausgearbeitet und diskutiert werden. Weiterhin werden im Rahmen der Kohärenzanalyse vorhandene Wechselwirkungen zwischen den Bioökonomie-Konzepten sowie ausgewählten nationalen umweltpolitischen Agenden und Programmen untersucht. Dabei sind u.a. die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, das Integrierte Umweltprogramm, der Klimaschutzplan 2050, ProgRes II und die Waldstrategie 2020 Gegenstand der Betrachtung.

Im Rahmen von **Kapitel 5** werden bereits bestehende bzw. potentielle Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Bioökonomie zu besonders **landnutzungsrelevanten SDGs** im Sinne der Agenda 2030 beitragen kann. Dabei werden **SDG 2 „Kein Hunger“** und **SDG 15 „Leben an Land“** vertieft betrachtet und Anforderungen an eine nachhaltige, ressourcenschonende Ausgestaltung der Bioökonomie abgeleitet. In diesem Zusammenhang werden aktuelle Debatten zur Steigerung der Biomasseproduktion (nachhaltige Intensivierung), zum Erhalt von Biodiversität sowie zur Verteilungsgerechtigkeit beim Zugang zu biogenen Rohstoffen aufgegriffen und genauer analysiert. Ferner wird betrachtet, ob und ggf. inwieweit Bioökonomie trotz eines vermehrten Zugriffs auf Landökosysteme zum Bodenschutz sowie einer nachhaltigen Bewirtschaftung aller Waldarten beitragen kann.

Abschließend werden in **Kapitel 6**, auf der Grundlage und in der Gesamtschau der vorliegenden Analyseergebnisse, konkrete **Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie im Sinne der Agenda 2030** vorgestellt. Die richten sich in erster Linie an politische Akteure und sollen zur Weiterentwicklung der nationalen, europäischen und internationalen Bioökonomie-Politiken beitragen. Aktuelle politische Prozesse und Gelegenheitsfenster werden dabei besonders beachtet.

2 Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse

Wie lässt sich der hohe Stellenwert des Bioökonomie-Konzepts erklären? Welche Ziele werden mit Bioökonomie-Politiken verfolgt? Welche Akteure verfolgen im Politikfeld welche Interessen und auf Grundlage welcher Machtstellungen? Mit welchen Argumenten wird Werbung für die Bioökonomie gemacht, welche Positionen werden dagegeengehalten? Lässt sich die augenscheinliche Polarisierung in der politisch-gesellschaftlichen Debatte überwinden? Welche ethischen Implikationen hat eine Förderung der Bioökonomie?

Antworten auf diese grundlegenden Fragen sind wichtig, um die Transformation zu einer biomassebasierten Wirtschaft kritisch begleiten und gestalten zu können. Vor diesem Hintergrund wurden die staatlichen und zwischenstaatlichen Bioökonomie-Strategien und die sie prägenden Akteure analysiert, die unterschiedlichen (Teil-)Diskurse zur Bioökonomie in Deutschland auf Grundlage einer Argumentativen Diskursanalyse untersucht und die ethischen Aspekte der Bioökonomie herausgearbeitet.

Die vollständigen Ergebnisse dieser Analysen wurden bereits in einem eigenständigen Teilbericht¹⁷ veröffentlicht. Daher beschränkt sich das vorliegende Kapitel auf eine Wiedergabe der Zusammenfassung aus diesem Teilbericht.

Politische Bioökonomie-Strategien und Akteure

Die Bioökonomie-Strategien der EU-Mitgliedstaaten, mancher Nicht-EU-Staaten sowie die EU-Bioökonomie-Strategie wurden im Detail analysiert, wobei ein besonderer Fokus auf die an der Strategieentwicklung beteiligten Akteure gelegt wurde. Neben den offiziellen politischen Bioökonomie-Strategien wurden in vier ausgewählten Ländern Strategien analysiert, bei denen es sich nicht um offizielle Bioökonomie-Strategien handelt, die aber durch ihren speziellen Fokus (z.B. auf bestimmte Sektoren) besonderen Einfluss auf die Entwicklung der nationalen / regionalen Bioökonomien ausüben. Österreich und Irland sind hier gute Beispiele, da sich beide Länder im Prozess der Entwicklung einer dezidierten politischen Bioökonomie-Strategie befinden, die auf bestehenden Forschungs- oder Sektor-Strategien aufbaut. Als weitere Beispiele eignen sich Schweden und die Niederlande, da dort bereits seit einigen Jahren eine Bioökonomie-Forschungsstrategie (Schweden) bzw. eine Strategie zur Nutzung von Biomasse (Niederlande) vorliegt. Anschließend erfolgt eine Akteursanalyse. Dabei liegt der Fokus auf Initiativen, Netzwerken und Schlüsselakteuren in Italien, Brasilien und Indonesien.

Methodische Vorgehensweise

Die vorliegende Analyse von politischen Bioökonomie-Strategien und Akteuren wurde mittels einer Desktoprecherche und Interviews mit ausgesuchten Akteuren durchgeführt. Für die Akteursanalyse wurden die Ergebnisse verschiedener Umfragen und zusätzlicher Expertinnen- und Experteninterviews ausgewertet. Bei dieser Analyse handelt es sich also um eine systematische Durchsicht der Akteure, die in die Entwicklung und Umsetzung der Bioökonomie-Strategien einbezogen werden. Auch ihre Interessen und ihr Einfluss auf die politische Entscheidungsfindung werden abgebildet. Weiterhin werden relevante (zivilgesellschaftliche) Initiativen, Netzwerke und Schlüsselakteure in Brasilien, Indonesien und Italien und aktuelle Entwicklungen im Bereich der Bioökonomie näher betrachtet. Die Akteursanalyse erhebt keinen Anspruch auf Repräsentativität und Vollständigkeit.

¹⁷ Vgl. UBA-Texte 78/2019 „Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse“, online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>

EU-Bioökonomie-Strategie

Die Politikprozesse in Bezug auf die EU-Bioökonomie-Strategie sind sehr dynamisch und zeichnen sich durch ein signifikantes Interesse verschiedener Akteure aus. Begründen lässt sich dieses Interesse vor allem mit den unterschiedlichen Erwartungen an die Strategie, die eine Steigerung der volkswirtschaftlichen Produktivität bei gleichzeitiger Entlastung der Umwelt erreichen soll. Die Produktionssteigerung soll nicht zuletzt zu mehr Arbeitsplätzen und dem Erhalt der europäischen Wettbewerbsfähigkeit führen. Woher allerdings die notwendige Biomasse für einen stark gewachsenen Bioökonomie-Sektor kommen soll, wird in der EU-Bioökonomie-Strategie nicht weiter spezifiziert. Die Dynamik der EU-Bioökonomie-Strategie kann auch mit den zahlreichen Überlappungen dieser Strategie mit den Prioritäten der Europäischen Kommission für 2015-2019, bekannt auch als die „Juncker-Agenda“, erklärt werden. Von den zehn „Juncker-Prioritäten“ werden die folgenden vier durch die EU-Bioökonomie-Strategie adressiert: Beschäftigung, Wachstum und Investitionen (Priorität 1), Energieunion und Klimaschutz (Priorität 3), Binnenmarkt (Priorität 4), Mehr Gewicht auf der internationalen Bühne (Priorität 9).

Bioökonomie-Strategien in Deutschland

Im internationalen Vergleich spielt die Bioökonomie in Deutschland eine wichtige Rolle – auch aufgrund der ausgeprägten Forschungslandschaft. Als zentrale Strategien gelten die 2010 verabschiedete Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 und die vier Jahre später verabschiedete Nationale Politikstrategie Bioökonomie, welche beide derzeit fortgeschrieben werden. Die beiden Strategien betreffen Politikfelder, welche durch weitere Strategien, wie z. B. die High-tech-Strategie der Bundesregierung, gestaltet werden. Auch verschiedene Bundesländer wie Sachsen-Anhalt oder Baden-Württemberg befassen sich mit Bioökonomie.

Bioökonomie-Strategien einzelner EU-Mitgliedsstaaten sowie weiterer Nicht-EU-Staaten – Motivation

Die herausragende Motivation, Bioökonomie-Strategien zu entwickeln, ist sozio-ökonomischer Natur. Namentlich geht es vor allem um die Stärkung der Wirtschaft mittels Forschungsförderung und um das Besetzen von Zukunftsmärkten. Auch die Internationalisierung der Wirtschaft spielt in verschiedenen Ländern eine Rolle. Die effiziente Nutzung von Ressourcen und Energie wird dagegen häufig nur an zweiter Stelle genannt und oftmals nicht weiter spezifiziert. Gleiches gilt für den Aspekt des Klimaschutzes.

Bioökonomie-Strategien einzelner EU-Mitgliedsstaaten sowie weiterer Nicht-EU-Staaten – Sektoren

Die primäre Motivation der Politik, Bioökonomie-Strategien zu entwickeln, nämlich die Erreichung sozio-ökonomischer Ziele, spiegelt sich auch in der Auswahl der primär adressierten Sektoren wider. Einbezogen werden in der Regel Akteure aus den Biomasse-produzierenden Sektoren wie Landwirtschaft und Forstwirtschaft (seltener auch Aquakultur und Fischerei). Adressiert werden weiterhin Sektoren, welche die Biomasse verarbeiten oder an neuen Verwendungsmöglichkeiten forschen.

Bioökonomie-Strategien einzelner EU-Mitgliedsstaaten sowie weiterer Nicht-EU-Staaten – Finanzielle Mittel

In zahlreichen Ländern fließt viel Geld in die Bioökonomie-Forschung, wobei die sozioökonomische Forschung im Vergleich zur technologieorientierten Forschung eine geringere Rolle spielt. Das deckt sich mit den Zielen vieler Bioökonomie-Strategien, durch neue Technologien mehr Wachstum und Arbeitsplätze zu schaffen und neue Geschäftsfelder zu erschließen.

Bioökonomie-Strategien einzelner EU-Mitgliedsstaaten sowie weiterer Nicht-EU –Staaten Nachhaltigkeitsaspekte

Werden Nachhaltigkeitsaspekte oder Zielkonflikte genannt, so werden keine Wege aufgezeigt,

wie sich Kompromisse zwischen den einzelnen Zielen identifizieren lassen. In manchen Strategiepapieren bekennen sich die beteiligten Akteure etwa zu einer „nachhaltigen Bioökonomie“ (bspw. in Südafrika, Frankreich, Italien) oder einer „nachhaltigen Landwirtschaft, Fischerei und Aquakultur“ (EU und Spanien). Welche Kriterien jedoch angewandt werden, um der Beschreibung „nachhaltig“ zu entsprechen, wird nicht dargelegt.

Einige wenige Länder beschreiben etwas genauer, was innerhalb der Bioökonomie-Strategie unter ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit verstanden wird. Die Definition von Nachhaltigkeit folgt dabei eher klassischen Ansätzen wie dem der „Triple-Bottom-Line“. Belgien etwa stützt die Vision der flämischen Bioökonomie auf das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit, nennt die Reduzierung von Treibhausgasen als Ziel und „food first“ als Ansatz. Auch die USA und Japan sehen in der Bioökonomie eine Möglichkeit, die Ursachen und Folgen des Klimawandels abzuschwächen – jedoch werden die Umweltbelange hier insgesamt eher nachgeordnet adressiert. Klimawandel wird in diesem Zusammenhang ausschließlich als Folge eines Wirtschaftssystems gesehen, welches auf dem massiven Verbrauch fossiler Rohstoffe beruht. Negative Klimafolgen durch Landwirtschaft, welche potenziell durch die Bioökonomie verstärkt werden, werden in den Strategien nicht eingehend betrachtet. Andere Länder wiederum nutzen zwar den Begriff „Nachhaltigkeit“, jedoch nur in Bezug auf wirtschaftliche Nachhaltigkeit (bspw. Spanien, Finnland und Malaysia).

Bioökonomie-Strategien einzelner EU-Mitgliedsstaaten sowie weiterer Nicht-EU Staaten – Partizipation

In der Regel sind in den Strategien partizipative Ansätze vorgesehen. Jedoch finden Beteiligungsprozesse häufig zu einem späten Zeitpunkt statt, sodass Ergebnisse nur noch kommentiert und nicht mitentwickelt werden können. Auch werden Akteure, die eingeladen werden, sich zu beteiligen, häufig stark selektiert. Gerade Umwelt- und Sozialverbände nehmen daher solche Partizipationsprozesse als ambitionslos war.

Analyse von Akteuren der Bioökonomie: Wer vertritt welche Interessen mit welchen Ressourcen und welchem Einfluss?

Die Bioökonomie ist ein sektorübergreifendes und politisch komplexes Thema, das in die Zuständigkeitsbereiche verschiedener Ministerien fällt und Akteursgruppen mit unterschiedlichen Interessen, Zielen und Nutzungsansprüchen betrifft. In vielen Politik-Strategien wird ein demokratischer Dialog für die Transformation zu einer nachhaltigen, bio-basierten Wirtschaftsweise für notwendig befunden. Jedoch werden zivilgesellschaftliche Akteure in die politischen Aushandlungsprozesse zur Gestaltung der Bioökonomie kaum einbezogen. Die Analyse der Bioökonomie-Strategien hat ergeben, dass an der Entwicklung der nationalen Politik-Strategien mit wenigen Ausnahmen folgende Akteure aus der so genannten Triple-Helix beteiligt sind:

- ▶ Politik (Wirtschafts-, Landwirtschafts- oder Forschungsministerien sind oft federführend, wobei sie in Kooperation mit anderen Ministerien arbeiten);
- ▶ Wissenschaftliche Institutionen (Universitäten, von Bund und Ländern geförderten Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, Forschungsinstitute);
- ▶ Industrie (Interessenvertretungen – Bauernverbände, Verbände der Chemischen Industrie, Landwirtschaft u. a., große Unternehmen, selten KMUs, Cluster-Vertreterinnen und -Vertreter).

Der Grad der Beteiligung und die Rolle der einzelnen Akteure variieren von Land zu Land sehr stark. Generell lässt sich feststellen, dass die Bioökonomie durch eine stark fragmentierte Akteurslandschaft geprägt ist. Die verschiedenen Akteursgruppen favorisieren dabei in der Regel den jeweiligen Entwicklungspfad, der ihren Interessen am ehesten entspricht.

Technologiefokussierte Bioökonomie-Visionen kontrastieren dabei besonders stark mit den ökologisch motivierten Strategien (Biodiversitätsschutz, Nachhaltigkeitsstrategien etc.).

Dementsprechend ergeben sich Zielkonflikte – etwa Nutzungskonkurrenzen um Land und Biomasse („Teller vs. Tank“), steigende Biomassennachfrage (Ausweitung & Intensivierung landwirtschaftlicher Nutzung) und Naturschutz oder Biotechnologie und Naturschutz. Insbesondere sind die Auswirkungen einer steigenden Biomassennachfrage nur schwerlich mit Ansprüchen an eine nachhaltigere Landwirtschaft in Einklang zu bringen. Diese Zielkonflikte werden in den Strategiepapieren mit unterschiedlicher Gewichtung adressiert, jedoch kaum gelöst.

Der deutsche Bioökonomie-Diskurs

Die Analyse des Diskurses zur Bioökonomie in Deutschland wurde mittels einer Argumentativen Diskursanalyse untersucht. Dabei handelt es sich um einen Zweig der diskursanalytischen Politikforschung, der die argumentative Struktur von Diskursen fokussiert (Hajer 1995, 2006). Dieser Ansatz wird um Elemente der Frame-Analyse ergänzt, wobei „Frames“ als Deutungsrahmen verstanden werden, die Wissen strukturieren, Informationen Sinn zuordnen und zugleich normativ und emotional besetzt sind (Lakoff und Wehling 2008¹⁸; Lakoff 2010¹⁹; Snow und Benford 1988²⁰).

Insgesamt wurden 148 (fast ausschließlich deutsche) Texte staatlicher, wirtschaftlicher und zivilgesellschaftlicher Akteure und eine Reihe von Medienbeiträgen untersucht. Nicht betrachtet wurde die Diskursarena der Wissenschaft (mit Ausnahme von Positionspapieren wissenschaftlicher Beiräte der Regierung). Grundsätzlich wurden Texte berücksichtigt, die sich auf Bioökonomie in unterschiedlichen Sektoren und Wertschöpfungsstufen beziehen. Die Analyse umspannt den Zeitraum von 2007 bis Ende 2018. Zur Identifizierung der argumentativen Strukturen im Diskursfeld „Bioökonomie“ wurde das grundlegende Verständnis und „Framing“ von Bioökonomie im jeweiligen Teildiskurs, die identifizierten Regelungsbedarfe und Regelungsansätze sowie die diskursiven Strategien, mit denen die jeweilige Diskurskoalition ihren Diskurs zu stärken sucht herausgearbeitet.

Auf Basis der Untersuchung werden drei Teildiskurse und die sie stützenden Diskurskoalitionen voneinander abgegrenzt:

- ▶ Ein „*affirmativer*“ Bioökonomie-Diskurs, der Chancen der Bioökonomie betont. Ihn stützt eine Reihe staatlicher und wirtschaftlicher Akteure: „konventionelle“ Biomasseproduzenten und -verarbeiter sowie Nutzer biobasierter (Zwischen-) Produkte, inklusive des Biotechnologiesektors sowie der chemischen Industrie und weiterer Industriebranchen. Wie später erläutert wird, handelt es sich hierbei um den „dominanten“ Teildiskurs.
- ▶ Ein „*pragmatischer*“ Bioökonomie-Diskurs, der Chancen und Risiken von Bioökonomie gegeneinander abwägt und nach stringenten Nachhaltigkeitsstandards ruft. Trägerinnen und Träger des Teildiskurses sind umweltorientierte staatliche Akteure (inklusive wissenschaftlicher Beiräte), kaum zivilgesellschaftliche Akteure und einige wenige Unternehmen bzw. Wirtschaftsverbände, die außerhalb der Bioökonomie-Sektoren stehen (z.B. Wasserwirtschaft).

¹⁸ Vgl. Lakoff, G.; Wehling, E. (2008): Auf leisen Sohlen ins Gehirn. Heidelberg: Carl-Auer Verlag.

¹⁹ Vgl. Lakoff, G. (2010): Why it matters how we frame the environment. In: Environmental Communication 4 (1), S. 70–81.

²⁰ Vgl. Snow, D. A.; Benford, R. D. (1988): Ideology, frame resonance, and participant mobilization. In: International Social Movement Research; 1 (1), S. 197–217.

- Ein „kritischer“ Bioökonomie-Diskurs, der mit dem „dominanten“ (vom affirmativen Teildiskurs geprägten) Konzept der Bioökonomie mehr ökologische und soziale Risiken als Chancen verbindet und einen grundsätzlicheren Wandel fordert. Die Protagonistinnen und Protagonisten des kritischen Bioökonomie-Diskurses sind Umwelt- und Naturschutzverbände, entwicklungspolitische Gruppen, die kritische Wald- und Agrarszene sowie gentechnikkritische Verbände der Land- und Lebensmittelwirtschaft.

Diese Einteilung ist nicht immer trennscharf und vor allem als eine Heuristik zu verstehen – als Hilfsmittel, um die Daten zu strukturieren. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse detaillierter aufbereitet:

Der *affirmative Bioökonomie-Diskurs* betont die Chancen der Bioökonomie. Er wird getragen von staatlichen Akteuren (insbesondere den Bundesministerien für Bildung und Forschung sowie für Ernährung und Landwirtschaft), ‚konventionellen‘ Akteuren aus Land- und Forstwirtschaft sowie industriellen Verarbeitern und Nutzern biogener Ressourcen, einschließlich des Biotechnologiesektors. Im affirmativen Bioökonomie-Diskurs wird die Bioökonomie als globales Nachhaltigkeitsprojekt mit ökologischem Nutzen gerahmt. Sie wird zugleich als Innovations- und Technologieprojekt verfolgt, das sektoral und national (bzw. EU-, OECD-) Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit stärken kann. Das zentrale Risiko im Kontext der Bioökonomie wird in den physischen Grenzen der Ressourcenverfügbarkeit gesehen. Gerechtigkeitsbezüge finden sich in den Dokumenten wirtschaftlicher Akteure selten explizit, wohingegen staatliche Träger des Diskurses zumindest die Problematik von Flächenkonkurrenz und Ernährungssicherung (Hunger) in Produktionsländern und auch das Nord-Süd-Wohlstandsgefälle erwähnen. Als „relevante“ Akteure der Bioökonomie wird ein breites Spektrum von Primärproduktion, Industrie und Wissenschaft benannt, wobei dem Biotechnologiesektor und den Lebenswissenschaften eine Schlüssel-funktion zugesprochen wird. Das Mensch-Natur-Verhältnis im affirmativen Bioökonomie-Diskurs ist stark anthropozentrisch mit utilitaristischer Prägung; eine intensive Nutzung biologischer Ressourcen, auch ihre biotechnologische Veränder- und Patentierbarkeit sind darin eingeschlossen. Was politische Strategien zur Förderung der Bioökonomie betrifft, so schwankt der affirmative Teildiskurs zwischen Zurückhaltung des Staates oder industriepolitischem Engagement, fokussiert auf Sicherung und Ausweitung der Biomasseverfügbarkeit sowie Effizienzsteigerung in der Biomasseerzeugung und -nutzung. Darüber hinaus werden in unterschiedlichem Umfang und in unterschiedlicher Konkretion Anforderungen an die ökologische und soziale Nachhaltigkeit gestellt. Sprachlich-rhetorisch versucht der affirmative Bioökonomie-Diskurs u.a. durch eine Win-Win-Win-Argumentation zu überzeugen; durch Aufgreifen bestimmter Zielkonflikte (v.a. Flächenkonkurrenzen, Ernährungssicherheit), aber weitgehendes Ausblenden anderer Zielkonflikte (u.a. Naturschutz, Gerechtigkeitsfragen). Der Diskurs schließt an Begriffe und Argumente bewährter umweltbezogener Diskurse und Narrative, insbesondere des Nachhaltigkeits- und Planetare Grenzen-Diskurses an. Er formuliert einige starke Claims („große Herausforderungen, große Chancen“) in starker Sprache und nutzt gelegentlich auch polarisierende Formulierungen und Zuschreibungen für mögliche Skeptiker der Bioökonomie. Zu den Widersprüchlichkeiten des affirmativen Bioökonomie-Diskurses gehört, dass er sich wenig mit den Ursachen der Nachhaltigkeitsprobleme befasst, die die Bioökonomie „lösen“ soll und daher die Bioökonomie nicht gegen alternative oder komplementäre Lösungsansätze abwägt. Auch erscheint ungewiss, ob sich der prognostizierte ökologische, ökonomische und soziale Nutzen der Bioökonomie angesichts der sich intensivierenden Flächenkonkurrenzen, neuen Importabhängigkeiten und einer globalen Ausweitung intensiven Biomasseanbaus realisieren lässt. Widersprüchlich scheint auch das Wechselspiel industrieller Bioökonomie-Protagonisten zwischen dem bereitwilligen Empfangen von Milliarden-subsidien, der Forderung nach

Akzeptanzschaffung und der gleichzeitigen Mahnung zu regulatorischer Zurückhaltung. In Sachen Partizipation und gesellschaftlicher Dialog hinkt die Umsetzung den Ankündigungen hinterher.

Der *pragmatische Bioökonomie-Diskurs* wägt die Chancen und Risiken der Bioökonomie gegeneinander ab und schlägt stringente Nachhaltigkeitsstandards vor. Träger des Teildiskurses sind umweltorientierte staatliche Akteure (v.a. Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt) und politikberatende Beiräte (v.a. Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, Sachverständigenrat für Umweltfragen, teils auch Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik) sowie wenige zivilgesellschaftliche Akteure (z.B. Deutsche Umwelthilfe) und Unternehmensverbände, die außerhalb der Bioökonomie-Sektoren stehen (z.B. Wasserwirtschaft). Ähnlich wie im affirmativen Diskurs wird Bioökonomie im pragmatischen Bioökonomie-Diskurs als Chance für Nachhaltigkeit im Globalen Norden und Süden gesehen. Allerdings werden die Risiken der Bioökonomie stärker gewichtet und mögliche Folgen für die Länder des Globalen Südens mehr in den Blick genommen. Der Nutzen der Bioökonomie als Innovations- und Technologieprojekt nimmt eine deutlich schwächere Stellung ein, die Erwartungen bezüglich Wachstums- und Beschäftigungseffekten im Kontext Biomasse und Bioenergie sind gegenüber denen im affirmativen Diskurs eher gedämpft. Der pragmatische Bioökonomie-Diskurs thematisiert Verteilungsgerechtigkeit im Hinblick auf ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen der Bioökonomie sowohl im Globalen Süden als auch in Deutschland, wobei auf nationaler Ebene soziale Auswirkungen weniger betrachtet werden. Im Hinblick auf „relevante“ Akteure nehmen Landwirte (insbesondere im Globalen Süden) eine wichtigere Stellung, der Forschungs- und Biotechnologiesektor eine weniger zentrale Stellung als im affirmativen Diskurs ein. Im pragmatischen Bioökonomie-Diskurs ist das Mensch-Natur-Verhältnis im Wesentlichen anthropozentrisch, allerdings mit einer protektionistischen Prägung. Die biotechnologische Veränder- und Designbarkeit von Lebendigem und die Patentierbarkeit biologischer „Innovation“ werden zurückhaltend-skeptisch bewertet. Was politische Strategien betrifft, müsse der politische Rahmen starke umweltfachliche Grenzen berücksichtigen, um sicherzustellen, dass der Ausbau der Biomassenutzung einen Beitrag zum Klimaschutz leiste, die Ernährungssicherung nicht einschränke und die biologische Vielfalt nicht degradiere. Grundsätzlich sei der Biomasseeinsatz gegenüber der Nutzung anderer erneuerbarer Energieträger, die weniger in Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stünden, aber auch gegenüber der Nutzung alternativer Technologien (wie Elektromobilität) oder Strategien (z.B. Energieeffizienz) im Hinblick auf das größte Klimaschutzpotenzial abzuwägen. Neben alternativen Förderpolitiken und neuen ordnungsrechtlichen Standards für mehr Nachhaltigkeit werden auch solche Ansätze vorgeschlagen, mit denen bestehende Politiken zurückgeführt oder beendet („Politikterminierung“) oder bestimmte nicht-nachhaltige Technologien, Nutzungspfade oder Praktiken ausgeschleust („Exnovation“) werden sollen. Schließlich wird ein internationaler Regulierungsrahmen für die Bioökonomie auf Grundlage bestehender internationaler Regelungsregime (u.a. UNFCCC, CBD, CCD, FAO) gefordert. Auf sprachlich-rhetorischer Ebene sucht der pragmatische Diskurs Unterstützung zu gewinnen, indem er die Debatte um eine offene Diskussion von Zielkonflikten weitet, Anschlussfähigkeit an den breiteren umwelt- und wirtschaftspolitischen Diskurs der „Ökologischen Modernisierung“ sucht und argumentativ wie sprachlich ausgewogen bleibt.

Der *kritische Bioökonomie-Diskurs* verbindet mit dem „dominanten“ (vom affirmativen Teildiskurs geprägten) Konzept der Bioökonomie mehr ökologische und soziale Risiken als Chancen und fordert einen grundsätzlicheren Wandel. Die Protagonisten des kritischen Bioökonomie-Diskurses sind zivilgesellschaftliche Organisationen aus Umwelt- und Naturschutz, Entwicklungspolitik, der kritischen Wald- und Agrarszenen, aber auch Vertreter von Bündnis 90/Die Grünen und der grünennahen Böll- Stiftung sowie gentechnikkritische Verbände der Land- und Lebensmittelwirtschaft. Der Teildiskurs wertet den Begriff der Bioökonomie als „große

Erzählung“ und wirft zugleich die Frage auf, inwieweit es sich um ein Marketingkonzept handelt, um die Legitimität wenig nachhaltiger (teils explizit strittiger) Industrien zu erhöhen. Der Fokus des kritischen Bioökonomie-Diskurses liegt nicht auf den Chancen, sondern den (ökologischen, ökonomischen und sozialen) Risiken der Bioökonomie im Globalen Süden wie auch im Norden. Das dominante Bioökonomie-Verständnis wird als industriegetrieben, undemokratisch und machtblind kritisiert. Statt einer technologiezentrierten Substitution fossiler Energien und Rohstoffe müsse Bioökonomie umfassender die sozioökonomischen und sozioökologischen Herausforderungen von Klima-, Ressourcenschutz und Ernährungssicherung lösen. Im kritischen Bioökonomie-Diskurs werden Fragen der Verfahrensgerechtigkeit und der Verteilungsgerechtigkeit (im Hinblick auf die ökologischen, sozialen, ökonomischen) Auswirkungen der Bioökonomie für Deutschland wie auch für Biomasseexportländer aufgegriffen. In höherem Maße als in den anderen Teildiskursen werden Gerechtigkeitsbezüge auch zu künftigen Generationen gespannt. Das Mensch-Natur-Verhältnis des Teildiskurses ist teils anthropozentrisch (protektionistischer Prägung), teils biozentrisch. Einzelne Diskursbeiträge weisen religiöse Bezüge auf. Im Hinblick auf politische Regelungsbedarfe und Strategien werden die Einbettung der Bioökonomie in eine sozialökologische Transformation, ihre Demokratisierung (mithilfe von zivil-/gesellschaftlicher Partizipation) und starke Leitplanken für ihre Nachhaltigkeit hier und in Erzeugerländern gefordert. Den kritischen Diskurs kennzeichnet diesbezüglich ein rechtebasierter Ansatz, ein über das Primat der Ernährungssicherheit hinausgehendes Leitbild der Ernährungssouveränität und ein klares Bekenntnis zu agrarökologischen, gentechnikfreien und (klein-)bäuerlichen Ansätzen der Biomasseerzeugung. Sprachlich-rhetorisch sucht er Unterstützung durch Aufdeckung der materiellen Interessen und rhetorischen Strategien des affirmativen Bioökonomie-Diskurses durch Benennung von Zielkonflikten, starke ethische bzw. Gerechtigkeitsbezüge, Verweis auf politisch gesetzte Nachhaltigkeitsziele (v.a. SDGs), „Naming“ problematischer Akteure und „Shaming“ schädlicher Praktiken auf lokaler Ebene (Bsp. Landraub, Vermaisung) sowie den Einsatz von Ironie und den Ausdruck von Sorge und Empörung.

Die Teildiskurse haben sich im Zeitablauf geändert: So hat sich der affirmative Bioökonomie-Diskurs nach den Anfangsjahren für ökologische und soziale Ziele geöffnet und der kritische Diskurs, der zunächst stärker auf Teilaspekte wie energetische Biomassenutzung, industrielle Landwirtschaft und Gentechnik fokussiert war, hat sich verstärkt dem übergreifenden Konzept der Bioökonomie zugewendet.

Obwohl alle drei Teildiskurse zur Bioökonomie auf einer Nachhaltigkeitsargumentation basieren, lässt sich eine Polarisierung zwischen ihnen beobachten. Sie findet sich insbesondere im Hinblick auf die mit der Bioökonomie übergreifend verfolgten Ziele, das implizite Mensch-Natur-Verhältnis und Fragen der Verteilungsgerechtigkeit. Die in den untersuchten Dokumenten verwendete Sprache verstärkt die Polarisierung teilweise. Weil die Polarisierung Ziel- und Wertkonflikte reflektiert und nicht „nur“ Interessens- oder Mittelkonflikte, ist die reine Aushandlung einer Kompromissposition zwischen den Antagonisten wenig aussichtsreich. Zwei Möglichkeiten, damit umzugehen, wären folgende: Einerseits könnten die unterschiedlichen Ziele und Werthaltungen transparent gemacht und zwischen den Trägerinnen und Trägern der Teildiskurse diskutiert werden. Andererseits könnte eine offene, gesellschaftspolitische Debatte um die Bioökonomie geführt werden. Eine glaubwürdig starke Rolle zivilgesellschaftlicher Organisationen und / oder der Bürgerschaft bei der Definition, Weiterentwicklung und Umsetzung der Bioökonomie-Strategie der Regierung und bei ihrer Begleitung durch den Bioökonomie-Rat wäre Voraussetzung beider Herangehensweisen.

Ethische Aspekte des Bioökonomie-Diskurses

Ausgehend von der Diskursanalyse lassen sich aus ethischer Perspektive zwei zentrale Konfliktfelder ableiten²¹: Das *Mensch-Natur-Verhältnis* in der Bioökonomie und *Gerechtigkeitsaspekte der Bioökonomie*.

Die Reflektion der Argumentationslinien in den einzelnen Diskursen der Diskursanalyse führt bezogen auf das Mensch-Natur-Verhältnis zu der Arbeitshypothese: Je stärker „biozentrisch“ der Eigenwert der Natur betont wird, desto deutlicher wird eine kommerzielle Ausbeutung der Natur abgelehnt und desto besser kann der Schutz der Natur gegen kommerzielle Ausbeutung begründet werden. Die Diskursanalyse liefe demnach auf die „implizite These“ heraus: Mehr Biozentrismus bedeutet mehr Schutz für die Natur.

Aus einer kritischen Auseinandersetzung mit den wichtigsten ethischen Ansätzen für das Mensch-Natur-Verhältnis lässt sich allerdings zeigen, dass der *Pathozentrismus* die plausibelste Position ist, d.h. das Wohlergehen aller schmerzempfindlichen Lebewesen sollte die oberste Maxime ethischen Handelns bilden. Im Vergleich dazu sind andere Ansatzpunkte wie Anthropozentrismus, Biozentrismus und Ökozentrismus als rationale Grundprinzipien für das Mensch-Natur-Verhältnis nicht haltbar.

Aus diesen Erkenntnissen heraus lassen sich für die eingangs aufgestellte Arbeitshypothese keine stichhaltigen Belege ableiten. Stattdessen wird die folgende Gegenthese formuliert: Starke Naturschutz und geringere Nutzbarkeit der Natur korrelieren nicht automatisch mit einem Eigenwert der Natur.

Anders als beim Mensch-Natur-Verhältnis lässt sich aus der Diskursanalyse in Hinblick auf Gerechtigkeitsaspekte keine durchgängige qualitative Entwicklung bzw. These ableiten, die auf ihre Berechtigung hin überprüft werden könnte. Die Diskurse unterscheiden sich primär quantitativ hinsichtlich der Gerechtigkeitsbezüge: Im affirmativen Diskurs werden das globale Nord-Süd-Gefälle und die Flächennutzungskonflikte im Prinzip benannt, fließen aber eher implizit in staatliche Darstellungen ein. Diese Probleme sollen technisch gelöst werden können. Im pragmatischen Diskurs wird Gerechtigkeit expliziter gemacht und soziale Auswirkungen werden etwas stärker betont. Im kritischen Diskurs wird die Debatte weiter ausgedehnt und Begriffe wie Verfahrensgerechtigkeit und Generationengerechtigkeit nehmen einen breiteren Raum ein. Damit stellt der kritische Bioökonomie-Diskurs die meisten bzw. vielfältigsten Bezüge zu Gerechtigkeitsfragen her.

Daraufhin werden die drei zentralen Begriffe der ethischen Gerechtigkeitsdebatte erläutert, die auch in der Diskursanalyse aufgeworfen werden: *Verfahrens-, Verteilungs- und Generationengerechtigkeit*. Die Analyse verschiedener ethischer Ansätze der Verteilungsgerechtigkeit kommt zu dem Ergebnis: De facto ist es am besten zu rechtfertigen, wenn möglichst viele Menschen über eine Suffizienzschwelle gebracht werden, also mit dem versorgt werden, was sie für ein gutes Leben brauchen. Insgesamt betrachtet scheint daher der Ansatz des *Suffizientarismus* die beste Arbeitsgrundlage bzgl. des Verständnisses von Verteilungsgerechtigkeit zu bieten. In Hinblick auf Generationengerechtigkeit wird das Prinzip einer *universellen Gerechtigkeit* als geeigneter Ansatz identifiziert: Demnach sollte Gerechtigkeit zwischen allen Wesen herrschen, die jetzt und in Zukunft unter Gerechtigkeitsdefiziten leiden können. Dies schließt zukünftige Generationen im Sinne einer intergenerationellen Gerechtigkeit explizit mit ein. Die bekannteste Gerechtigkeitstheorie, von J. Rawls entwickelt, hat hier ein Defizit. Aus dem universellen Gerechtigkeitsprinzip lassen sich Forderungen ableiten, gerade auch zukünftige Generationen und die globale

²¹ Vgl. hierzu auch die vollständigen Ergebnisse der Analyse unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>

Bevölkerung an den Vorteilen der Bioökonomie teilhaben zu lassen. Diese universelle Gerechtigkeit liegt schließlich auch dem „Zielprinzip“ zugrunde, welches als normative Orientierung für ethische Prinzipien vorgeschlagen wird:

Das Ziel der Ethik ist es, vorrangig die Menschenrechte von ärmeren Menschen (in Gegenwart und Zukunft), nachrangig die Interessen aller Menschen zu wahren. Darüberhinausgehend ist auch das Wohlergehen aller schmerzempfindlichen Lebewesen zu beachten.

Aus der Diskursanalyse lassen sich auf diese Weise wichtige Bausteine für eine Antwort auf die Frage ableiten, welcher Umgang mit Bioökonomie ethisch gerechtfertigt ist. Als Startpunkt hierfür wird von der Prämisse ausgegangen, dass angesichts gegenwärtiger Produktions- bzw. Konsumweisen Flächennutzungskonkurrenzen zwischen Ernährung und Klimaschutz bestehen und voraussichtlich weiterwachsen werden.

Daraus ergibt sich ein Interessenkonflikt, der als der Hauptkonflikt beim Ausbau der Bioökonomie gelten kann, da er zwei durch das „Zielprinzip“ legitimierte Größen in Konflikt setzt: Demnach geht ein intensiver Ausbau von Bioökonomie zulasten der *Ernährungssicherheit* und widerspricht dem *Suffizientarismus* insbesondere bei armen Menschen in der Gegenwart. Ein Ausbleiben des Ausbaus kann – derzeitige Produktions- und Konsummuster vorausgesetzt – zukünftige Generationen in Form eines gesteigerten Klimawandels schädigen. Aus der Perspektive der *Postwachstumsökonomie* wäre hier eine Veränderung der Konsumgewohnheiten einzufordern; Vertreterinnen und Vertreter eines „*Green New Deals*“ werden, eher skeptisch bezüglich der Umsetzbarkeit dieser Forderung, auf einen durchdachten Ausbau der Bioökonomie setzen. Um Gegenwart und Zukunft an dieser zentralen Stelle, an der sich höchstrangige Werte und zwei immense Risiken gegenüberstehen, nicht gegeneinander auszuspielen, werden folgende allgemeinen Anforderungen an der Bioökonomie aus ethischer Sicht formuliert:

- ▶ *Suffizienzanforderungen aus Postwachstumsökonomie und „Green New Deal“ verwirklichen:* Die Postwachstumsökonomie und der „Green New Deal“ haben gemeinsame, suffizienzbaasierte Schnittpunkte, deren Umsetzung gefordert ist. Man sollte z.B. die Futtermittelproduktion und die Lebensmittelverschwendung reduzieren.
- ▶ *Profitinteressen sollten bei Bioökonomie-Projekten eine untergeordnete Rolle spielen:* Stattdessen sollte das Primat des Zielprinzips betont werden, wenn ökonomische Argumentationen auf die generell gemeinnützige Wirkung von Wirtschaftswachstum in Industrieländern verweisen, um jedweden profitablen Ausbau der Bioökonomie zu rechtfertigen.

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen lassen sich aus dem „Zielprinzip“ die folgenden konkreten Forderungen an der Bioökonomie aus ethischer Sicht ableiten:

- ▶ *Kein Recht auf Fleisch:* Ein „Recht auf Fleisch“ für wohlhabende wie für finanziell schlechter gestellte Menschen in Industriegesellschaften lässt sich nur mit verfehlten nationalen Gerechtigkeitsprinzipien begründen. Um den Fleischkonsum zu verringern, wird gefordert, die Tierschutzstandards zu erhöhen und die externen Kosten der Tierproduktion zu internalisieren. Das verteuert Fleisch, hilft zugleich Tieren und ist ein Weg, öffentliche Akzeptanz zu vergrößern.
- ▶ *Gleicher Zugang zu politischer Macht:* Für die Partizipation von Stakeholdern an den Diskurs- und Entscheidungsprozessen bei der Gestaltung der Bioökonomie lässt sich die Forderung ableiten, dass bei der Besetzung von Gremien bzw. bei der Regelung der Entscheidungen alle Anspruchsgruppen gleichberechtigt zu beteiligen sind.

- ▶ *Landnutzung für Arme garantieren:* Bei Bioökonomie-Projekten, die Landvertreibung beinhalten, sind Lösungen gefordert, welche dies vermeiden oder die bisherigen Landnutzerinnen und Landnutzer zumindest gerecht entschädigen bzw. mit adäquater, neuer Arbeit versorgen. Solche Lösungen sollten im Konsens mit den Betroffenen gesucht werden.

3 Entwicklungslinien und Potenziale der Bioökonomie

Das vorliegende Kapitel widmet sich der Frage, in welche konkreten Technologiepfade und Anwendungsbereiche das Vorantreiben der Bioökonomie-Strategien mündet und welche Chancen bzw. Risiken damit jeweils verbunden sind. Dabei wird auch erörtert, welchen Beitrag die Bioökonomie für eine treibhausgasneutrale, ressourcenschonende Gesellschaft bzw. zur Umsetzung der SDGs leisten kann.

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellung wurden Informationen über aufkommende und relevante Entwicklungen in der Bioökonomie zusammengetragen. Daraus wurde eine Übersicht von 58 künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden erstellt. Die thematische Suche wurde sowohl auf nationaler als auch europäischer und globaler Ebene durchgeführt, um künftige Anwendungsbereiche von biogenen Rohstoffen und technologische Entwicklungen zu identifizieren. Diese Übersicht repräsentiert die im Suchzeitraum veröffentlichten Anwendungsbereiche, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Analyse dieser künftig möglichen Bioökonomie-Pfade zeigt, dass zukünftige Entwicklungen der Bioökonomie nicht *per se* nachhaltig sind und dass eine reine Substitution von fossilen Rohstoffen durch biogene Rohstoffe auch zur Verschärfung von ökologischen und sozialen Belastungen führen kann. Bioökonomische Anwendungsbereiche sollten daher bei der Auswahl und Ausgestaltung von Bioökonomie-Pfaden Nachhaltigkeitsanforderungen berücksichtigen. Nicht zuletzt auch, um die Akzeptanz der Verbraucherinnen und Verbraucher für biobasierte Prozesse und Produkte zu gewinnen und um gesellschaftlichen und ökologischen Nutzen zu generieren.

Die „wissensbasierte Bioökonomie“ ist nach BMEL (2014) an natürlichen Stoffkreisläufen orientiert und treibt den Strukturwandel von einer auf fossilen Rohstoffen basierten Wirtschaft zu einer stärker auf nachwachsenden Ressourcen basierten Wirtschaft voran. Die Folgen der Umstellung auf eine nachhaltige Rohstoffbasis sind allerdings weitreichend, denn die Bereitstellung der biogenen Rohstoffe ist ausschlaggebend für die Umweltfolgen, insbesondere die Inanspruchnahme von globalen Landflächen. Landnutzung ist seit jeher die wichtigste Existenzgrundlage des Menschen. Dies schließt die Versorgung mit Nahrungsmitteln, Süßwasser und einer Vielzahl anderer Ökosystemdienstleistungen sowie Biodiversität ein. Die Ergebnisse des IPCC (2019) und des IPBES (2019) verdeutlichen die Dringlichkeit, Maßnahmen zur Eindämmung und Umkehrung der Übernutzung der Landressourcen zu ergreifen, um den Verlust der Biodiversität abzumildern (IPCC 2019, IPBES 2019). Monbiot (2019) zeigt, dass der Fleischkonsum der Industrie- und Schwellenländer ein wesentlicher Treiber für die Degradation von Böden ist und fordert daher, dass die bestehende landwirtschaftliche Landnutzung minimiert und die landwirtschaftliche Nutzung extensiviert wird. Im IPCC-Bericht zu Land (IPCC 2019) wird dargelegt, dass eine nachhaltige Flächennutzung zur Klimaanpassung beitragen kann. Allerdings ist damit die Herausforderung verbunden, auch die Nutzung von biogenen Ressourcen, die für die Inanspruchnahme verantwortlich sind, zu verringern. Eine Zunahme der Biomassenutzung bedingt hingegen weitere Umweltbelastungen durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen und durch Nutzungsintensivierung.

Im Folgenden werden auf der Basis der durchgeführten Analyse künftig möglicher Bioökonomie-Pfade die nachfolgenden grundlegenden Forschungsfragen zu den Entwicklungslinien und Potenzialen der Bioökonomie beantwortet (vgl. Kapitel 3.1 bis 3.12). Die vollständigen

Ergebnisse dieser Analyse sind zusammen mit den zugehörigen Annahmen und der methodischen Vorgehensweise in einem separaten Teilbericht²² verfügbar.

3.1 Wie stellt sich die heutige Nutzung biogener und nicht-biogener Rohstoffe dar?

Eine im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführte Analyse der biogenen und nicht-biogenen Ressourcennutzung in Deutschland zeigt, dass aktuell 23 Prozent der Rohstoffentnahme der Bioökonomie zuzuordnen sind. Der größte Teil der biogenen Rohstoffe (20,6 Prozent) stammt aus der Landwirtschaft und nur ein kleiner Anteil (2,2 Prozent) aus der Forstwirtschaft. Die häufigste Nutzung der landwirtschaftlichen Rohstoffe ist auf die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln zurückzuführen (15,2 Prozent). Der kleinere Teil der Anbaubiomasse wird energetisch (5 Prozent) oder stofflich (0,3 Prozent) genutzt.

Fossile Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle nehmen 30 Prozent der Rohstoffnutzung in Deutschland ein. 42 Prozent der Rohstoffnutzung entfallen auf mineralische Rohstoffe inklusive Erze. Damit zeigt die bestehende Rohstoffnutzung, dass bereits heute die Bioökonomie einen deutlichen Beitrag innerhalb der Wirtschaft in Deutschland leistet. Dieser bestehende Beitrag ist bei einer erwarteten verstärkten Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen sowie der Bewertung von Auswirkungen in Bezug auf ökologische und soziale Aspekte in die Potenzialanalyse einzubeziehen.

3.2 Welche Substitutionsoptionen von nicht-biogenen durch biogene Rohstoffe bestehen?

Nicht-biogene Rohstoffe können in vielen Anwendungsbereichen durch biogene Rohstoffe ersetzt werden. Sehr große Substitutionsoptionen bestehen im Bereich der energetischen Nutzung fossiler Rohstoffe, die derzeit einen Anteil von ca. 28 Prozent an der Rohstoffnutzung haben. Bei der Biomassennutzung liegt daher häufig ein Fokus auf der Substitution fossiler Energieträger und insbesondere mit der damit verbundenen Minderung von Treibhausgasemissionen.

Um den Nutzungsdruck auf begrenzte biogene Ressourcen zu senken, sollten in der Energieversorgung bestehende alternative Substitutionsoptionen mit einem geringeren Flächenbedarf wie z.B. der Einsatz von Wind- und Solarenergie vorrangig genutzt werden. Wichtig ist es zudem, die Effizienz der Rohstoffnutzung durch technologische Entwicklungen zu steigern, um den Substitutionsbedarf insgesamt zu verringern (z.B. Repenning et al. 2015).

Der Einsatz von Erzen und sonstigen mineralischen Rohstoffen kann zu einem gewissen Anteil z.B. durch Holzprodukte substituiert werden, wie Hafner et al. (2017) für Wohngebäude aufzeigen. Am Beispiel des Bioökonomie-Pfades „Herstellung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen“ wird deutlich, dass ein verstärkter Einsatz biogener Rohstoffe beim Neubau sowie bei der Modernisierung möglich ist. Dabei ist die Mengenrelevanz in Bezug auf biogene Rohstoffe hoch, da verhältnismäßig große Mengen an Rohstoffen im Gebäudebau selbst (statische Elemente sowie Innenausbau) und bei der Gebäudesanierung (Dämmmaterial) nachgefragt werden.

Im Bereich der stofflichen Nutzung fossiler Rohstoffe (1,3 Prozent der Rohstoffnutzung, zum Großteil in der chemischen Industrie) besteht zwar ein geringerer Substitutionsbedarf, aber da es – bis auf strombasierte Kohlenstoffverbindungen (PtCC) – keine alternativen

²² Dieser Teilbericht ist unter folgendem Link erhältlich: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

Substitutionsoptionen gibt, kann und sollte die Biomasse hier eine wichtige Rolle spielen. So besitzt beispielsweise der Bioökonomie-Pfad „Einsatz von biobasierten Grundchemikalien“ ein hohes Potenzial, fossile Rohstoffe in der chemischen Industrie zu substituieren.

Die Analyse der Biomassenutzung in künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden zeigt, dass nur ein kleiner Teil des aktuellen nicht-biogenen Rohstoffbedarfs in Deutschland durch heimische Biomasse substituiert werden kann. Ein zusätzlicher Bedarf an biogenen Ressourcen, der mit der Substitution nicht-biogener Rohstoffe zu erwarten ist, ist untrennbar mit Importen bzw. Landnutzung außerhalb von Deutschland verbunden (Thrän et al. 2019, Fritsche et al. 2015). Mit der Ausweitung der Biomasseproduktion im (inter-) nationalen Rahmen gehen zusätzlich erhebliche Risiken einer ökologisch und sozial nicht nachhaltigen Nutzung von Naturgütern in Erzeugerländern einher. Beispiele hierfür sind die Bioökonomie-Pfade zu biobasierten Grundchemikalien und zu fortschrittlichen Biokraftstoffen.

3.3 Welche künftig möglichen Bioökonomie-Pfade können in der Literatur im nationalen, europäischen und internationalen Raum identifiziert werden?

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsvorhabens wurden 58 künftig mögliche Bioökonomie-Pfade identifiziert, die ein breites Spektrum an biogenen Rohstoffen, Nutzungen und Technologien abdecken. Besonders hervorzuheben sind die Sektoren Energieversorgung und die Ernährungswirtschaft, denen die meisten Pfade zugeordnet wurden, gefolgt von den Wirtschaftssektoren Verkehr und Transport, verarbeitendes Gewerbe und Landwirtschaft. Alle identifizierten Pfade sind im Anhang des o.g. Teilberichts²³ aufgeführt.

Bei der Rechercharbeit wurden nationale, europäische und internationale Quellen genutzt. Dabei zeigte sich, dass die meisten künftig möglichen Bioökonomie-Pfade grundsätzlich global Anwendung finden können. Eine entsprechende Anwendung ist aber vor allem durch den rechtlichen Rahmen, die gesellschaftliche Akzeptanz, die Rohstoffverfügbarkeit und die benötigte Infrastruktur eingeschränkt. So sind z.B. der Anbau und die Nutzung von gentechnisch veränderten Organismen in Deutschland technisch möglich, aber weder politisch noch gesellschaftlich gewollt. Hinzu kommt, dass bei den neuen gentechnischen Verfahren Risiken bzgl. der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anwendungen bestehen. Daneben sprechen andere Aspekte wie eine Belastung der biologischen Vielfalt gegen die Nutzung von gentechnisch veränderten Organismen (siehe z.B. beim Pfad „Genome Editing in der Tier- und Pflanzenzüchtung“). Auch der Pfad In-Vitro-Fleischherstellung kann – obwohl ökologisch und ethisch zu befürworten – aufgrund von mangelnder Akzeptanz nicht plausibilisiert werden.

Die lokale Verfügbarkeit der benötigten Rohstoffe und eine gut ausgebaute Infrastruktur begünstigt Bioökonomie-Pfade. Beispielsweise wird eine Anlage zur Produktion von fortschrittlichen Biokraftstoffen vorrangig in räumlicher Nähe zu Reststoffen wie Stroh errichtet, insbesondere wenn ein Transport der biogenen Rohstoffe ökonomisch nicht attraktiv ist, wie es z.B. für wasserhaltige Anbaubiomasse und Reststoffe oder für Wirtschaftsdünger der Fall ist. Durch den ausgeprägten internationalen Handel mit Rohstoffen, Halbprodukten und Produkten ist aber eine räumliche Entkopplung entlang von bioökonomischen Wertschöpfungsketten zu erwarten bzw. bereits gegeben (z.B. Produktionsanlage in einem Drittland, Import nach Deutschland).

²³ Dieser Teilbericht ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

3.4 Welchen Wirtschaftsbereichen sind künftig mögliche Bioökonomie-Pfade zuzuordnen?

Den einzelnen Bioökonomie-Pfaden wurden Wirtschaftsbereiche zugeordnet. Die Analyse zeigt, dass die identifizierten Pfade vorrangig in den Sektoren Energieversorgung, Ernährungsindustrie, Verkehr und Transport, verarbeitendes Gewerbe sowie Landwirtschaft liegen. Hier wird künftig mit Innovationen bei der Nutzung biogener Rohstoffe gerechnet. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass fossile Rohstoffe relativ einfach durch biogene Rohstoffe substituiert oder auch dass bereits vorhandene biogene Nutzungen optimiert werden können. So ist die aktuelle Rohstoffnutzung in Deutschland zu großen Anteilen mit diesen Sektoren verbunden: Fossile Energieträger haben einen Anteil von etwa 30 Prozent und Anbaubiomasse in der Landwirtschaft hat einen Anteil von ca. 20 Prozent an der Rohstoffnutzung in Deutschland. Die Sektoren Land- und Forstwirtschaft sind zudem als Rohstoffproduzent für Pfade in anderen Sektoren von Bedeutung, da zu erwarten ist, dass in künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden zu hohen Anteilen land- und forstwirtschaftliche Anbaubiomasse und Reststoffe mit Flächenbezug eingesetzt wird.

3.5 Welche Wirkungen haben globale Megatrends auf die Bioökonomie?

EEA (2015) definiert elf globale Megatrends, die sich jeweils untereinander bedingen und daher auch in Abhängigkeit zueinanderstehen. Aus Sicht der Bioökonomie wurden die Megatrends Bevölkerungswachstum, Urbanisierung, Klimawandel, technologischer Fortschritt und Wirtschaftswachstum näher betrachtet, da diese Megatrends einen starken Einfluss auf bestehende und künftig mögliche Bioökonomie-Pfade haben. Sie sind starke Treiber für die künftige Entwicklung und sie tragen dazu bei, dass die Nachfrage nach biogenen Rohstoffen bzw. Produkten steigt.

Eine Analyse der Wirkung von Megatrends auf die bioökonomischen Pfade (zeigt, dass ihre Wirkung diametral unterschiedlich sein kann:

- ▶ Zunahme des Nutzungsdrucks auf biogene Rohstoffe und/oder Zunahme negativer Umweltauswirkungen (Megatrends Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum und Klimawandel, in geringem Umfang durch technologischen Fortschritt/Digitalisierung)
- ▶ Verringerung des Nutzungsdrucks auf biogene Rohstoffe und/oder eine Entlastung von negativen Umweltauswirkungen (Megatrend technologischer Fortschritt/Digitalisierung, in geringem Umfang durch Nutzungskonkurrenz und Urbanisierung)

Insbesondere der Megatrend technologischer Fortschritt/Digitalisierung hat das Potenzial, z.B. durch Effizienzsteigerungen den Nutzungsdruck auf biogene Rohstoffe zu verringern und dadurch sowie durch verbesserte technologische Verfahren die Umwelt zu entlasten. Beispiele dafür sind Pfade wie verbesserte landwirtschaftliche Anbauverfahren, Nutzung von terrestrischer Aquakultur oder Technologieverbesserungen in der lebensmittelverarbeitenden Industrie, zur Reduktion von Lebensmittelverlusten (vgl. Tabelle 8 des zugehörigen Teilberichts²⁴). Aber neue Technologien wie gentechnische Verfahren können auch zu negativen Umweltwirkungen führen. Der Megatrend Nutzungskonkurrenz führt zu steigenden Preisen biogener Rohstoffe und dadurch zu einer Verringerung ihrer Nutzung oder zu Anreizen im Sinne weiterer technologischer Optimierung.

²⁴ Dieser Teilbericht ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

Bereits eine Ausweitung von Bioökonomie-Pfaden im Rahmen der Bioökonomie führt voraussichtlich zu einer Zunahme der Nutzung biogener Rohstoffe. Die Megatrends Bevölkerungswachstum und Wirtschaftswachstum verstärken diesen Nutzungsdruck und der Megatrend Klimawandel birgt das Risiko, durch den Rückgang von Erträgen und Ertragsverlusten biogene Rohstoffe zu verknappen und den Nutzungsdruck zusätzlich zu erhöhen.

3.6 Welche Biomasse wird in künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden eingesetzt?

In Bezug auf die Biomassenutzung zeigte sich, dass in künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden häufig unterschiedliche Typen von Anbaubiomasse in der Land- und Forstwirtschaft bis hin zu Abfällen und Reststoffen ohne Flächenbezug eingesetzt werden. Dies ist z.B. für fortschrittliche Biokraftstoffe, biobasierte Grundchemikalien und Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen der Fall. Andere Pfade beziehen sich aber auch gezielt auf einzelne Biomassetypen (z.B. Stromerzeugung aus Siedlungsabfällen, biologische Vorbehandlung von Strohpellets, Anbaubiomasse in vertikale Landwirtschaft; siehe Tabelle 9 des zugehörigen Teilberichts²⁵). Welche der biogenen Rohstoffe künftig zum Einsatz kommen, ist mit großen Unsicherheiten behaftet, allerdings zeigt sich deutlich, dass bei künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden landwirtschaftliche Anbaubiomasse (z.B. Feldfrüchte, Energiegräser, KUP) gegenüber anderen Biomassetypen häufiger eingesetzt wird.

Für die künftig möglichen Bioökonomie-Pfade wurde für die genutzten biogenen Rohstoffe eine qualitative Einschätzung der Mengenrelevanz vorgenommen. Hier zeigt sich, dass knapp die Hälfte der Pfade eine mittlere bis hohe Mengenrelevanz aufweist. Ob ein Pfad zukünftig umgesetzt wird, ist für die meisten Pfade mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet (z.B. Herstellung von biobasiertem Bitumen, Herstellung von Biokerosin aus Algenbiomasse, Insekten als Protein- und Vitaminquelle; vgl. Tabelle 8 des o.g. Teilberichts). Einige künftig mögliche Bioökonomie-Pfade werden aber mit einer deutlich höheren Wahrscheinlichkeit an Bedeutung gewinnen. Dazu zählen der Pfad zur Nutzung von fortschrittlichen Biokraftstoffen (angereizt durch eine feste Quote in der Erneuerbaren Energien Richtlinie), der Pfad Digitalisierung der Landwirtschaft (hohe Effizienzsteigerungen beim Pflanzenanbau zu erwarten) und der Pfad zur Verbesserung der Lebensmittelverarbeitung (Ziel im Klimaschutzpaket der Bundesregierung).

3.7 In wieweit führen die künftig möglichen Bioökonomie-Pfade zu einer Be- und Entlastung der Biomassenutzung?

Die Analyse der identifizierten bioökonomischen Pfade zeigt, dass für einen großen Anteil der künftig möglichen Bioökonomie-Pfade neue, zusätzliche biogene Rohstoffe nachgefragt werden. Dies betrifft z.B. die Nutzung von fortschrittlichen Biokraftstoffen im Verkehrsbereich oder die energetische Nutzung von Biomasse z.B. durch den Einsatz von Miscanthus, Holz oder Strohpellets (vgl. Tabelle 9 des zugehörigen Teilberichts²⁶). Für einen kleinen Teil der Pfade ist zu sehen, dass zusätzliche Biomassebedarfe durch Effizienzmaßnahmen abgemildert werden können, was vor allem auf technologische Verbesserungen zurückzuführen ist (z.B. im Bereich der Lebensmittelherstellung, der Reduktion von Lebensmittelabfällen sowie der Nutzung von Abfall- und Reststoffen zur energetischen Nutzung; vgl. Tabelle 9 des o.g. Teilberichts). Bei den zusätzlich genutzten biogenen Rohstoffen ist zu erwarten, dass ein erheblicher Anteil von land- und

²⁵ Dieser Teilbericht ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

²⁶ Dieser Teilbericht ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

forstwirtschaftlichen Flächen stammen wird. Das bedeutet, dass ein steigender Druck auf die Flächennutzung in Deutschland und insbesondere in Importländern zu erwarten ist.

Die Analyse zeigt auch, dass durch einige Pfade eine Entlastung der Biomassenutzung stattfinden kann (z.B. bei der Anwendung von PtX, bei der Optimierung von Erntetechnologien zur Nutzung von Schnittabfällen oder beim Einsatz von Aquaponik; vgl. Tabelle 9 des o.g. Teilberichts). Dies geschieht allerdings in einem deutlich geringeren Umfang als die erwartete künftige Belastung durch die Pfade, die mit einem zusätzlichen Bedarf an biogenen Rohstoffen einhergeht. Diese Entlastung ist überwiegend auf eine Effizienzsteigerung bzw. Optimierung bestehender Biomassenutzungen zurückzuführen. Eine Reduktion der Biomassenutzung durch Suffizienzmaßnahmen spielte in den betrachteten Pfaden keine Rolle. Petschow (2018) stellt heraus, dass die Verringerung des Bedarfs an biogenen Rohstoffen durch Suffizienzmaßnahmen kein Ziel der Bioökonomie ist, eine zukunftsfähige Bioökonomie den Fokus viel stärker auf Suffizienzansätze legen sollte, um eine weitgehende Entkopplung von Ressourcenverbräuchen von gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen zu erreichen.

In Summe ist für die analysierten Pfade die Belastung durch die Biomassenutzung deutlich höher, als die Entlastung. Somit ist künftig damit zu rechnen, dass – ohne eine politische Steuerung – sich Bioökonomie-Pfade, die zu einer steigenden Nachfrage nach Anbaubiomasse führen in einem höheren Maße ausbreiten, als Pfade, die einen Fokus auf Effizienzsteigerungen vorhandener Biomassenutzungen oder auf die Erschließung von ungenutzten Abfällen und Reststoffen setzen.

3.8 Welche Chancen sind mit künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden verbunden?

Die Bewertungen, die für die sechs ausgewählten Pfade durchgeführt wurden, erlauben keine umfassende Bewertung des tatsächlichen Mengenbedarfs an Biomasse im Hinblick auf eine künftige Ausgestaltung der Bioökonomie. Die Detailanalysen ermöglichen aber, Chancen und Risiken qualitativ aufzuzeigen, was für die vollständige Liste der identifizierten Pfade (vgl. Tabelle 8 des zugehörigen Teilberichts²⁷) im Projektrahmen nicht möglich war. Da für diese sechs Pfade eine mittlere bis hohe Mengenrelevanz erwartet wird und wichtige Wirtschaftssektoren durch die Pfade abgedeckt werden, können die gewonnenen Ergebnisse die politischen Entscheidungen zu Weichenstellungen im bioökonomischen Transformationsprozess unterstützen.

Als Chancen wurden bei den betrachteten Pfaden folgende Punkte identifiziert, die den intendierten Wirkungen der deutschen Bioökonomie-Strategie entsprechen:

- ▶ Substitution von fossilen Energieträgern durch ökologisch und/oder sozial vorteilhafte biogene Rohstoffe (z.B. durch den Einsatz fortschrittlicher Biokraftstoffe und biobasierter Grundchemikalien).
- ▶ Substitution von mineralischen Rohstoffen und Erzen (z.B. Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen)
- ▶ Steigerung der Ressourceneffizienz durch Optimierung von Produktionsprozessen, um den Einsatz von biogenen und nicht-biogenen Rohstoffen je Produkteinheit und/oder negative Auswirkungen auf Umwelt- und soziale Aspekte zu reduzieren (z.B. Aquakultur in Kreislaufanlagen)

²⁷ Dieser Teilbericht ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

Neben diesen Aspekten wurden z.T. pfadspezifische Chancen identifiziert. Hierzu zählen die Reduzierung von Umweltbelastungen (alle Pfade), die Reduzierung ethischer Konflikte wie Tierleid (z.B. bei der In-Vitro-Fleischherstellung) und die Verbesserung der Ernährung (z.B. beim Einsatz von Aquakultur). Aspekte wie Beschäftigung und fairer Handel können ebenfalls – abhängig vom betrachteten Pfad – Chancen ermöglichen.

3.9 Welche Risiken und nicht-intendierten Wirkungen einer Bioökonomie-Strategie sind möglich?

Die analysierten Pfade sollen in Bezug auf die in Kapitel 3.8 genannten intendierten Wirkungen der Bioökonomie-Strategie stets die Substitution von fossilen Quellen durch biogene Quellen und/oder eine Steigerung der Ressourceneffizienz bewirken. Nachhaltigkeitsanforderungen stehen weniger im Fokus der Pfade und werden mehr als Rahmen als diese Zielsetzungen genannt. Die Analyse auf Basis der Longlist zeigt, dass ein großer Anteil der Bioökonomie-Pfade zu einer Belastung der Umwelt beitragen würde, da zusätzliche biogene Rohstoffe notwendig sind, um den Bedarf der Pfade zu decken. Die Belastung ist vor allem durch die Bereitstellung von Anbaubiomasse aus der Land- und Forstwirtschaft zu erwarten. Ein kleinerer Anteil der Bioökonomie-Pfade führt jedoch auch zu einer Entlastung der Umwelt, insbesondere dann, wenn Biomasse durch technologische Innovationen effizienter eingesetzt wird. Die detaillierte Analyse ausgewählter Bioökonomie-Pfade zeigt, dass eine Reduktion der fossilen Rohstoffe eng mit einem Anstieg biogener Rohstoffe verbunden ist (z.B. Grundchemikalien in der chemischen Industrie, fortschrittliche Biokraftstoffe). Mit künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden ist in Summe ein deutliches Risiko verbunden, dass es zu einem Anstieg der Nutzung von biogenen Ressourcen kommt, die zu Risiken für die chemische und biologische Umwelt und der Ressourceninanspruchnahme führen. Diese Beobachtung wird durch eine detaillierte Auswertung der in- und ausländischen Flächenbelegung für die Biomassenutzung in Deutschland gestützt, die zeigt, dass bereits im Jahr 2015 mehr als 14 Mio. ha an Anbaufläche im Ausland für nach Deutschland importierte Biomasse belegt wird (Destatis 2018). Die Umsetzung künftig möglicher Bioökonomie-Pfade, die landwirtschaftliche Anbaubiomasse einsetzen, führt mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu, dass dies mit einer Flächenbelegung im Ausland verbunden sein wird, da keine zusätzliche Fläche in Deutschland verfügbar ist bzw. Ertragssteigerungen begrenzt sind. Die zu erwartende Zunahme der Flächennutzung ist laut IPCC (2019) ein bedeutender Treiber für negative ökologische und ggf. auch soziale Auswirkungen zu sehen. Diese Risiken der zunehmenden Biomassenutzung, insbesondere im Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse, wurde auch bereits in UBA (2019) betont und hieraus die Forderung abgeleitet, den Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung zu reduzieren.

Auch in der detaillierten Bewertung ausgewählter Bioökonomie-Pfade bestätigt sich die generelle Tendenz, dass das Risiko für eine Belastung der chemischen und biologischen Umwelt, die auch z.T. bereits heute besteht, stark mit der Inanspruchnahme zusätzlicher Anbaubiomasse einhergeht. Entsprechend sind Entlastungen nur in Bioökonomie-Pfaden zu erwarten, die eine Reduktion von Anbaubiomasse erreichen. Als ein weiteres Risiko ist hervorzuheben, dass für etwa die Hälfte der detailliert betrachteten künftig möglichen Bioökonomie-Pfade eine Minderung der Treibhausgasemissionen nicht sichergestellt ist. Mit der zusätzlichen Inanspruchnahme von Anbaubiomasse, aber auch von Abfall- und Reststoffen, ist zudem immer ein Anstieg der Nutzungskonkurrenz zwischen unterschiedlichen Bereichen der Bioökonomie zu erwarten (z.B. Stroh als Rohstoff für fortschrittliche Biokraftstoffe oder als Baustoff).

Die gesellschaftliche Akzeptanz kann für die meisten analysierten Bioökonomie-Pfade als hoch eingeschätzt werden. Ausnahmen bilden die Pfade Genom Editing und In-Vitro-Fleischherstellung, die aufgrund kritischer Meinungen bzw. Ängsten von der Bevölkerung in Deutschland abgelehnt werden.

3.10 Welche nicht-intendierten Wirkungen lassen sich verhindern oder eindämmen?

Bestehende Prognosen deuten darauf hin, dass die steigende Produktivität der aktuellen landwirtschaftlichen Flächen (über Ertragssteigerungen, bessere Technologien, ein besserer Zugang zur Produktion und die Ressourcen) nicht ausreichen wird, um die Anforderungen der steigende Nachfrage nach verschiedenen Arten von Biomasse zu decken (Fritsche et al. 2015). Dies wird auch durch historische Trends unterstrichen (IPCC 2019, Fritsche et al. 2015). Eine unerlässliche grundsätzliche Voraussetzung, um nicht-intendierten Wirkungen zu verhindern oder eindämmen, sind Informationen über die räumliche Verteilung und die zeitliche Verfügbarkeit nachhaltiger Biomassepotenziale, die für die Ausgestaltung der Bioökonomie zur Verfügung stehen können. Als weitestgehend positiv werden Bioökonomie-Pfade angesehen, die auf eine Effizienzsteigerung von bestehenden Biomassenutzungen abzielen, da diese Pfade nicht-intendierte Wirkungen eindämmen können (z.B. Aquakulturanbau in Kreislaufanlagen). Allein eine Fokussierung auf z.B. Abfall- und Reststoffe kann dagegen nicht-intendierte Wirkungen nicht *per se* vermeiden, insbesondere wenn aufgrund einer bereits bestehenden Nutzung eines Abfall- und Reststoffs Konkurrenz- und Verdrängungseffekte entstehen.

Neben der effizienteren Nutzung von Biomasse sollte Nutzungseinschränkung bzw. -verzicht (Suffizienz) ein wichtiger Baustein einer Bioökonomie-Strategie sein, um negative Auswirkungen zu verringern bzw. von vornherein zu vermeiden. Die Umsetzung einer nachhaltigen Bioökonomie hängt nach Priefer et al. (2017) nicht nur davon ab, die Ressourceneffizienz zu steigern oder technologische Verbesserungen vorzunehmen. Um die Bedürfnisse aller Menschen decken zu können, sind auch umweltbewusste Konsummuster (z.B. Vermeidung von Lebensmittelabfällen) und Suffizienzansätze (z.B. reduzierter Fleischkonsum) nötig, um die Nachfrage nach Biomasse zu reduzieren und den Druck auf die Flächen als limitierenden Faktor zu verringern (vgl. Petschow 2018). Die Realisierung nachhaltiger Konsummuster erfordert nicht nur ein größeres Bewusstsein der Menschen, sondern auch ein verantwortungsbewusstes Verhalten der Produzierenden. Aspekte wie längere Haltbarkeit von materiellen Gütern, die Möglichkeit der Reparatur, des Austauschs von Komponenten und der Wiederverwendung von Rohstoffen müssen zwingend mitgedacht werden.

Um nicht-intendierte Wirkungen durch künftig mögliche Bioökonomie-Pfade zu verhindern oder einzudämmen, sind die folgenden Ansätze besonders hervorzuheben:

- ▶ Reduzierung des Nutzungsdruck auf biogene Rohstoffe, um einen zentralen Faktor für das Auftreten nicht-intendierter Wirkungen zu verringern, insbesondere durch:
 - Vermeiden zusätzlicher Biomassenutzungen,
 - Erschließen ungenutzter Biomassepotenziale,
 - Effizienzsteigerung der Biomassenutzung.
- ▶ Zertifizierung von biogenen Produkten nach ambitionierten Nachhaltigkeitskriterien. Für Umweltbelastungskategorien wie Boden und Gewässer oder soziale Aspekte wie Gesundheit kann eine Zertifizierung nicht-intendierte Wirkungen ausschließen. Bei Umweltbelastungskategorien wie Emissionen von Treibhausgasen, biologischer Vielfalt und Flächennutzung ist

dies aufgrund möglicher bzw. wahrscheinlich auftretender Verdrängungseffekte bzw. indirekter Effekte nicht gesichert.

3.11 Welche nicht-intendierten Wirkungen müssen als nicht oder kaum vermeidbar gelten?

Alle betrachteten Bioökonomie-Pfade weisen für einzelne oder mehrere der bewerteten Umweltbelastungskategorien und sozialen sowie ethischen Aspekte geringe bis hohe Belastungen auf. Ein Teil der zu erwartenden nicht-intendierten Wirkungen kann durch die in Kapitel 3.10 hervorgehobenen Ansätze adressiert werden. Ob dies möglich ist, kann nicht pauschal, sondern muss für einzelne Pfade beantwortet werden. Im Folgenden wird dies beispielhaft für detailliert analysierte Pfade diskutiert:

- ▶ **Aquakultur in landbasierten Kreislaufanlagen): *Entlastung bis mittlere Belastung für Treibhausgase***
Die THG-Emissionen dieses Pfads hängt stark von den THG-Emissionen des eingesetzten Stroms ab. Sind die THG-Emissionen des Strommix in einem Land zu hoch, um Treibhausgasneutralität zu erreichen, kann eine Verbesserung nur über den Umbau der Stromversorgung (mittel- bis langfristig) und nicht innerhalb des Pfads erreicht werden.
- ▶ **Einsatz von biobasierten Grundchemikalien (Plattform-Chemikalien): *Entlastung bis hohe Belastung von Böden***
Die Wahl des biogenen Rohstoffs sowie die Anbauweise in einer Anbauregion sind entscheidend dafür, ob Böden belastet werden oder nicht. Eine Fokussierung auf ungenutzte Rest- und Abfallstoffe ohne Flächenbezug kann Belastungen ausschließen. Beim Anbau können die Einhaltung von bodenschonenden Anbaumethoden durch Zertifizierungssysteme sichergestellt werden.
- ▶ **Nutzung von fortschrittlichen Biokraftstoffen im Verkehrssektor: *Entlastung bis hohe Belastung der biologischen Vielfalt***
Die Nutzung von fortschrittlichen Biokraftstoffen ist in der Erneuerbaren Energien-Richtlinie (RED II) definiert. In dem dort festgelegten Rahmen können Risiken für eine Belastung der biologischen Vielfalt (z.B. Waldholznutzung) nicht ausgeschlossen werden (Hennenberg et al. 2018). Diese nicht-intendierte Wirkung kann letztlich nur durch Änderungen in der RED II selbst erreicht werden.
- ▶ **In-Vitro-Fleischherstellung (cultured meat): *geringe bis mittlere Belastung der nicht biogenen Ressourceninanspruchnahme***
Die Produktion des In-Vitro-Fleischs erfolgt in Bioreaktoren, für die höhere Aufwendungen z.B. für Energie und Baumaterialien im Vergleich zur Tierproduktion nötig sind. Dies kann z.T. durch Effizienzsteigerungen im Produktionsprozess verbessert werden.
- ▶ **Herstellung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz im Gebäudesektor, u.a. Bauen mit Stroh oder Holz: *hohe Belastung der biogenen Ressourceninanspruchnahme***
In diesem Pfad werden nicht-biogene durch biogene Rohstoffe substituiert, was zu einer beabsichtigten Belastungen biogenen Ressourceninanspruchnahme führt. Dies ist auch für die Pfade zu biobasierten Grundchemikalien und fortschrittlichen Biokraftstoffen der Fall, anders als bei den Pfaden zu In-Vitro-Fleischherstellung und Aquakultur in landbasierten Kreislaufanlagen, die durch Optimierung die Belastung der biogenen Ressourceninanspruchnahme reduzieren.

- ▶ Genome Editing in der Tier- und Pflanzenzüchtung sowie in der Biotechnologie: *geringe bis mittlere Belastung der Agrobiodiversität*
Es ist zu erwarten, dass bei der Zulassung von genomeditierten Nutzpflanzen andere Sorten verdrängt werden.

3.12 Welchen Beitrag kann die Bioökonomie für eine treibhausgasneutrale, ressourcenschonende Gesellschaft bzw. zur Umsetzung der SDG leisten?

Auf europäischer Ebene zielen Bioökonomie-Konzepte auf „Investition in Forschung, Innovation und Qualifikation“, „Politikkohärenz“ sowie „Stärkung der Märkte und der Wettbewerbsfähigkeit in der Bioökonomie“ (vgl. Kiresiewa et al. 2019). Die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 hat u.a. für Deutschland zum Ziel, den Wirtschaftsstandort Deutschland bezüglich innovativer biobasierter Produkte zu stärken. Die Herkunft der Ressourcen wird dabei offengelassen, jedoch Importe implizit ausgeschlossen (Kiresiewa et al. 2019). Grundsätzlich zeigte sich, dass die sehr technologieorientierte Forschung, mit einem Fokus auf wirtschaftlichem Wachstum, Steigerung der Wertschöpfung und der Beschäftigung einhergeht. Auch das Screening der künftig möglichen Bioökonomie-Pfade macht diese Technologieorientierung deutlich. Deutlich wurde zudem, dass künftig ein Mehrbedarf an biogenen Ressourcen besteht, wenn die bioökonomischen Pfade umfassend umgesetzt werden. Dieser Mehrbedarf ist bereits heute schon nicht mehr allein mit heimischen Ressourcen abzudecken.

Zudem zeigt die Analyse, dass bei der Erschließung zusätzlicher biogener Rohstoffe ökologische und soziale Risiken nicht vollständig vermeidbar sind. Dies gilt auch für bereits bestehende Bioökonomie-Pfade, die im Bereich der Nahrungs- und Futtermittelherstellung und der energetischen und stofflichen Nutzung einen deutlichen Anteil an der deutschen Wirtschaft einnehmen. Dabei sind aber die nachhaltige Produktion und der nachhaltige Einsatz von Biomasse unerlässlich, um die grundlegenden menschlichen Bedürfnisse zu befriedigen und den Schutz der Umwelt zu gewährleisten.

Im Hinblick auf die Umsetzung der Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen wird insbesondere für die folgenden SDGs eine Einflussnahme durch die in dieser Studie betrachteten bioökonomischen Pfade erwartet:

- ▶ SDG 15 (Leben an Land): Es besteht eine sehr direkte Beziehung zur Bioökonomie, da mit einer Ausweitung der landwirtschaftlichen Fläche durch künftig mögliche Bioökonomie-Pfade hohe ökologische Risiken für Leben an Land einhergehen. Effizienzsteigerungen bestehender Biomassennutzungen und die Erschließung von noch ungenutzten Abfällen und Reststoffen kann hingegen den Nutzungsdruck auf biogene Rohstoffe reduzieren und damit den Schutz von Landökosystemen unterstützen.
- ▶ SDG 2 (Kein Hunger): Steigende Biomassenachfragen können zu einem Anstieg der landwirtschaftlichen Produktion in Regionen mit einer unsicheren Ernährungssituation führen. Diese kann – je nach Ausgestaltung – regionale Entwicklung und Ernährungssicherheit fördern oder durch Nutzungskonkurrenz zu einer erhöhten Ernährungsunsicherheit führen.
- ▶ SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie) und SDG 12 (Nachhaltige/r Konsum und Produktion): Die stoffliche und energetischen Biomassennutzung kann je nach Art des biogenen Rohstoffs bezahlbare und saubere Energie und nachhaltigen Konsum als Entwicklungsziel stützen (z.B. durch die Nutzung unkritischer Abfälle und Reststoffe) oder schwächen (z.B. bei der Nutzung von Holz aus Primärwäldern).

- ▶ SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz): Hier besteht über die Produktions- und Nutzungsseite biogener Rohstoffe ein Zusammenhang. Die Analyse und Bewertung ausgewählter Bioökonomie-Pfaden zeigt, dass die Ausgestaltung eines Pfads Treibhausgasemissionen mindern oder auch erhöhen kann.
- ▶ SDG 14 (Leben unter Wasser): Innovative, landbasierte Produktionsverfahren für aquatische Biomasse kann die Nutzung von natürlichen Tier- und Pflanzenbeständen im Meer entlasten.

Diese Zusammenstellung macht deutlich, dass eine Nutzung biogener Rohstoffe im Rahmen der Bioökonomie sich sowohl positiv als auch negativ auf die Zielsetzungen von SDGs auswirken kann. Vielfach ist die Wirkungsrichtung davon abhängig, ob die Ausgestaltung des Pfads zu einer erhöhten oder verringerten Nachfrage nach Biomasse führt.

Vor dem Hintergrund der begrenzten Rohstoffverfügbarkeit aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus Abfall- und Reststoffströmen erscheint eine politische Priorisierung des Einsatzes von Biomasse als dringend notwendig. Die hier angewendete Methode ermöglicht eine qualitative Einschätzung bzgl. der Einsatzprioritäten. Anhand der Bewertung der künftig möglichen bioökonomischen Pfade lassen sich die folgenden Leitlinien ableiten. Es wird empfohlen, diese Leitlinien bei einer Einsatzpriorisierung (z.B. durch finanzielle Förderung) von Bioökonomie-Pfaden heranzuziehen:

- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten eine deutliche Treibhausgasminderung gegenüber einer fossilen Referenz sicherstellen.
- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten keine bis geringe negative Auswirkungen auf die Umwelt (Biodiversität, Boden, Wasser, Luft) und soziale Aspekte haben.
- ▶ Wo möglich, sollten biogene Rohstoffe vorrangig stofflich genutzt werden, um die stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen zu substituieren.
- ▶ Fossile Energieträger sollten vorrangig durch nicht-biogene erneuerbare Energien substituiert werden. Die energetische Nutzung von biogenen Rohstoffen sollte sich auf Energiebedarfe beschränken, für die andere Optionen technisch schwierig sind (z.B. Biokraftstoffe aus Algen und biogenen Rest- und Abfallstoffen im Flugverkehr, effizienter und emissionsarmer Einsatz von Holzbrennstoffen für Hochtemperaturanwendungen in Wärmekaskaden und schlecht dämmbarem, unvernetzt stehendem Gebäudebestand).
- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten keine neue, zusätzliche Nutzung von land- oder forstwirtschaftlicher Anbaubiomasse bzw. bereits genutzten Abfall- und Reststoffen mit sich bringen, um den Nutzungsdruck auf diese Rohstoffe nicht weiter zu erhöhen.
- ▶ Bioökonomie-Pfade sollten die Effizienz bestehender Biomassennutzungen verbessern.

Bioökonomie-Pfade sind nicht *per se* „nachhaltig“, da häufig mit nicht-intendierten Wirkungen zu rechnen ist. Eine Bewertung von Bioökonomie-Pfaden sollte anhand klar definierter Umweltbelastungskategorien sowie sozialer und ethischer Aspekte erfolgen. Die Ausrichtung aktueller bioökonomischer Strategien (siehe Kiresiewa et al. 2019) wird den vorgeschlagenen Leitlinien nicht hinreichend gerecht. Ohne eine Ausrichtung an diese oder vergleichbare Leitlinien werden bioökonomische Anwendungsbereiche angestrebte Nachhaltigkeitsanforderungen jedoch nicht verlässlich erfüllen und den Beitrag der Bioökonomie in Richtung einer treibhausgasneutralen, ressourcenschonenden Gesellschaft mindern.

Historische Trends und bestehende Prognosen deuten darauf hin, dass die steigende Produktivität der aktuellen landwirtschaftliche Flächen nicht ausreichen wird, um die Anforderungen der

steigende Nachfrage nach verschiedenen Arten von Biomasse zu decken. Ein fundiertes Wissen darüber, welche Biomasse­mengen zur Verfügung stehen, ist für eine Substitution fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe eine wichtige Voraussetzung. Die begrenzten Biomassepotenziale sollten zukünftig so verwendet werden, dass Risiken für Umwelt und Gesellschaft weitestgehend minimiert werden, damit die gesellschaftliche Perspektive einer nachhaltigen Transformation der Wirtschaft im Sinne der Bioökonomie gesichert ist.

3.13 Literaturverzeichnis

- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Nachhaltige Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. BMEL, Berlin.
- Destatis (2018): Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Ein- und Ausfuhr und Flächenbelegung von Erzeugnissen pflanzlichen und tierischen Ursprungs (Tabellen). Berichtszeitraum 2008 – 2015. Statistisches Bundesamt.
- EEA (2015): European environment — state and outlook 2015: Assessment of global megatrends,
- Fritsche, U. et al. (2015): Ressourceneffiziente Landnutzung - Wege zu einem Global Sustainable Land Use Standard (GLOBALANDS). Kurzfassung. Um Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 82/2015
- Hafner A.; et al. (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau). 148 S. Forschungs-projekt: 28W-B-3-054-01 Waldklimafonds. BMEL/BMUB. ISBN: 978-3-00-055101-7
- IPBES (2019): Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Im Internet: <https://ipbes.net/global-assessment-report-biodiversity-ecosystem-services>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2019): Climate change and land. Full Report. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>
- Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M.; Wolff, F. et al (2019): Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse, Teilbericht (AP1) des Projekts „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung“, UBA-Texte 78/2019. Online verfügbar unter <https://cms.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>
- Monbiot, G. (2019): We can't keep eating as we are – why isn't the IPCC shouting this from the rooftops? In: The Guardian v. 08.08.2019. Im Internet: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/aug/08/ipcc-land-climate-report-carbon-cost-meat-dairy>. Download v. 22.09.2019
- Petschow, U. (2018): Wieder das Wachstum der Grenzen. In: Ökologisches Wirtschaften 1/2018 (33)
- Priefer, C. et al. (2017): Pathways to Shape the Bioeconomy. In: Resources 06/01
- Repenning, J. et al. (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf>
- Thrän, D. et al. (2019): Technoökonomische Analyse und Transformationspfade des energetischen Biomassepotentials (TAT-BIO). Endbericht. Im Auftrag des BMWI. Im Internet: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Studien/technoekonomische-analyse-und-transformationspfade-des-energetischen-biomassepotentials.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- UBA (2019): Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten. 2. Auflage. UBA, Dessau-Roßlau. Im Internet: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/190215_uba_fachbrosch_rtd_bf.pdf

4 Einordnung der Bioökonomie in den umweltpolitischen Kontext

Im Rahmen des vorliegenden Kapitels werden mittels einer Wirkungskettenanalyse (vgl. Kap. 4.1) die inhaltlichen Anforderungen verschiedener Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden mit den Zielen und Merkmalen der Bioökonomie-Konzepte (vgl. Kap. 4.2) systematisch abgeglichen. Dabei werden mit dem Konzept der Planetaren Grenzen (vgl. Kap. 4.3) und den UN-Nachhaltigkeitszielen (engl. „sustainable development goals“, SDGs) der Agenda 2030 (vgl. Kap. 4.4) zwei zentral wichtige Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden mit globalem Bezug für die Analyse herangezogen, wobei insbesondere mögliche Zielkonflikte und Synergiepotenziale herausgearbeitet werden sollen.

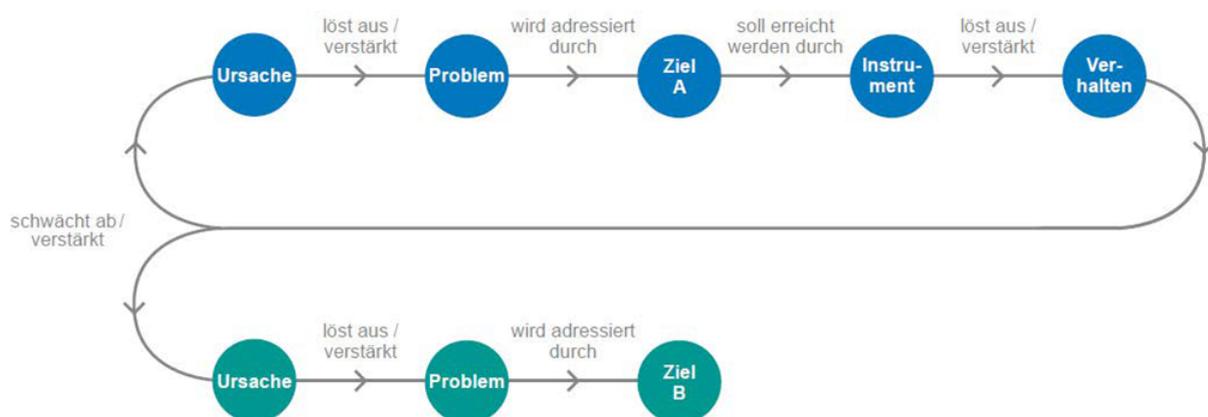
Weiterhin werden vorhandene Wechselwirkungen zwischen den Bioökonomie-Konzepten und ausgewählten nationalen umweltpolitischen Agenden und Programmen untersucht, wobei die aktualisierte Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, das Integrierte Umweltprogramm, der Klimaschutzplan 2050, die Waldstrategie 2020, das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum, ProgRess II, die Naturschutz-Offensive 2020 für biologische Vielfalt und das Agrarpolitische Leitbild Gegenstand der Betrachtung sind (vgl. Kap. 4.5).

Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse der Querbezüge zu den Umwelt- und Nachhaltigkeitsagenden werden schließlich Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie formuliert (vgl. Kap. 4.6). Dabei geben die europäische und nationale Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik den normativen Rahmen für die Anpassung und Weiterentwicklung der Bioökonomie-Konzepte vor.

4.1 Methodische Vorgehensweise

Für den systematischen Abgleich der Merkmale der Bioökonomie-Konzepte mit den umweltpolitischen Agenden und Programmen wird die **Methodik der Wirkungskettenanalyse** zugrunde gelegt (vgl. folgende Abbildung 1).

Abbildung 1: Schematisierte Wirkungskette



Quelle: Wolff et al. (2016)

Mittels der Wirkungskettenanalyse können Pfade und Wirkungen der Umsetzung eines politischen Ziels konzipiert und analysiert werden. Damit können Hinweise auf politische Kohärenz gewonnen werden. Ob und wie kohärent (Umwelt-)Politik ist, entscheidet sich dabei nicht primär auf der Ebene politischer Ziele (Wolff et al. 2016): Widersprüche oder Synergien ergeben

sich vielmehr durch die Art, wie ein Ziel (A) *umgesetzt* wird und dadurch Wirkung entfaltet. Die Umsetzungsmaßnahmen führen zu Verhaltensänderungen, die die Ursachen eines anderen (Umwelt-)Problems verschärfen (oder auch mindern) können, welches durch Ziel (B) adressiert wird. So sind z.B. die Ziele „Klimaschutz“ und „Stopp des Verlusts von Biodiversität“ nicht grundsätzlich inkohärent. Es sind jedoch Umsetzungsmaßnahmen denkbar, in denen Klimaschutz zu Lasten von Biodiversitätserhalt geht (z.B. Ausweitung der Biomasseerzeugung zur Ersetzung fossiler Energien, mit der Folge von Grünlandumbruch). Andere Maßnahmen können weitgehend kohärent (z.B. Ausbau Photovoltaik) oder sogar synergetisch sein (z.B. ökosystembasierter Klimaschutz).

Die Wirkungskettenanalyse arbeitet mit abstrakten Beziehungen. Empirische Wirkungsketten sind wesentlich komplexer und stellen ein ganzes ‚Netzwerk‘ von Effekten dar. Bei der hier angewandten methodischen Vorgehensweise mussten daher aus Praktikabilitätsgründen Vereinfachungen vorgenommen werden. Erstens konnten im Rahmen der vorliegenden Analyse nur ausgewählte Interaktionen bzw. Wechselwirkungen betrachtet werden. Um die Kohärenz zwischen den Zielen der Bioökonomie (siehe folgendes Kapitel) und den UN-Nachhaltigkeitszielen zu analysieren, haben wir diejenigen Ziele identifiziert, bei denen relevante Interaktionen zu erwarten sind. Diese Beurteilung basiert auf Experteneinschätzungen im (interdisziplinären) Projektteam, die mit Erkenntnissen, Daten und Analysen aus der bestehenden wissenschaftlichen Literatur geprüft, abgeglichen und angepasst wurden. Zweitens konzentrieren wir uns auf direkte Interaktionen („erster Ordnung“) zwischen den politischen Zielkatalogen. Dabei werden auch Effekte außerhalb von Deutschland bzw. Europa mitberücksichtigt, die sich aus der Verfolgung der Bioökonomie-Ziele ergeben können. Drittens können wir angesichts zahlreicher Unsicherheiten (z.B. hinsichtlich der Art und Weise, wie die Ziele umgesetzt werden) die Wechselwirkungen nur auf qualitativer Ebene beschreiben. Wenn wir auf Umsetzungsmaßnahmen Bezug nehmen, wird nicht bewertet, ob diese Maßnahmen ökologisch wirksam oder kostenwirksam sind und zu den jeweiligen Zielen beitragen. Wir betrachten lediglich ihre (In-)Kohärenz.

4.2 Ermittlung der wesentlichen Merkmale und Ziele von Bioökonomie-Konzepten

Die Ermittlung der für die Wirkungskettenanalyse relevanten Ziele der Bioökonomie greift unmittelbar die bereits vorliegenden Ergebnisse aus der Analyse der politischen Bioökonomie-Strategien und -Konzepte auf (siehe Kiresiewa et al. 2019, Kap. 2). Dort werden für die untersuchten Bioökonomie-Strategien und -Konzepte auf deutscher, europäischer und internationaler Ebene Merkmale und Ziele herausgearbeitet, welche sich entsprechend der Kategorien der „Triple-Bottom-Line“ (ökologische, ökonomische und sozio-ökonomische Ziele) kategorisieren lassen. Diese einzelnen Ziele können einander bedingen, sich widersprechen oder unabhängig voneinander verfolgt werden.

Ökologische Ziele (z.B. Klimaschutz, nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen) und sozio-ökonomische Ziele (z.B. Ernährungssicherheit, Wiederbelebung des ländlichen Raums) werden sowohl in der deutschen als auch in der EU-Strategie genannt. Die Analyse der bestehenden politischen Bioökonomie-Konzepte zeigt auch, dass diese durch ökonomische Ziele dominiert werden. So wird die Verfügbarkeit der biologischen Ressourcen beispielsweise als sehr wichtig erachtet für die wirtschaftliche Entwicklung und die Schaffung von Arbeitsplätzen. Sozio-ökonomische Ziele (wie etwa Steigerung der Forschung, Innovation und Qualifikation) und auch ökologische Ziele (z.B. CO₂-Minderung durch Substitution von fossilen Rohstoffen) sollen nicht zuletzt auch ökonomischen Zielen dienen.

Gleichzeitig wird eine effiziente Nutzung der biogenen Ressourcen als ein zentral wichtiger Schlüssel für deren nachhaltige Nutzung betrachtet. Diese Effizienz soll erreicht werden, indem durch den Ansatz „mehr aus weniger produzieren“ (engl. „produce more from less“) sowie dem Konzept der Kaskadennutzung mehr Produkt-Output durch einen geringeren Rohstoff-Input erzielt wird oder neue Verfahren (v.a. aus dem Sektor der Biotechnologie) angewendet werden.

Die Interdependenzen der mit der Bioökonomie auf EU-Ebene beabsichtigten Ziele werden in den drei Hauptzielen der aktualisierten EU-Bioökonomie-Strategie deutlich:

- a) Ausbau und Stärkung der verschiedenen Bioökonomie-Sektoren (engl. „Scaling up and strengthening the bio-based sectors“).
- b) Schnelle Einführung von Bioökonomie-Ansätzen in ganz Europa (engl. „Rapidly deploying bioeconomies across Europe“). Unter anderem sollen die EU-Mitgliedsstaaten dabei unterstützt werden, nationale und regionale Bioökonomie-Strategien auszuarbeiten. Außerdem besteht ein wichtiger Zusammenhang zwischen der neuen GAP (Gemeinsame Agrarpolitik) und der Bioökonomie-Strategie. Beispielsweise sollen die Mitgliedsstaaten in ihrem strategischen Plan für die GAP Maßnahmen die Förderung der Bioökonomie festlegen; andernfalls erhalten sie von der EU-Kommission keine Genehmigung („Approval“)²⁸ (Hogan 2018).
- c) Schutz der Ökosysteme und Verständnis der ökologischen Grenzen der Bioökonomie (engl. „Protecting the ecosystem and understanding the ecological limitations of the bioeconomy“).

Vor diesem Hintergrund wurden folgende zentral wichtigen, in den bestehenden Bioökonomie-Konzepten artikulierten Ziele identifiziert, die als Bezugsbasis für die Wirkungskettenanalyse herangezogen werden sollen:

Ökonomische Ziele

10. Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und **wirtschaftlichen Wachstums** in Deutschland / Europa
11. **Schaffung von Arbeitsplätzen** in Deutschland / Europa (insbesondere im ländlichen Raum)
12. **Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft** sowie Fischerei und Aquakultur

Sozio-ökonomische und technische Ziele

13. **Intensivierung von Forschung**, Innovation und Qualifikation („wissensbasierte Bioökonomie“)
14. **Weiterentwicklung** und Nutzung **biotechnologischer** / gentechnischer **Verfahren** (z.B. „weiße“ Biotechnologie, „Genome Editing“)
15. Gewährleistung der globalen **Ernährungssicherheit**

Ökologische Ziele

16. Reduzierung von fossilen Rohstoffen für die stoffliche Nutzung (**Wechsel der Rohstoffbasis** und Substitution fossiler durch nachhaltige biogene Rohstoffe)
17. **Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe** („produce more from less“, Konzept der Kaskadennutzung, etc.)
18. **Klimaschutz**

²⁸ Information von Phil Hogan, EU-Kommissar für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung.

In Hinblick auf die Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen diesen Zielen ist zu beachten, dass die einzelnen Ziele nicht komplett unabhängig voneinander sind. Beispielsweise könnte man die im Rahmen einer „wissensbasierten Bioökonomie“ angestrebte Intensivierung von Forschung, Innovation und Qualifikation sowie die Weiterentwicklung biotechnologischer Verfahren auch als nachgeordnete, umsetzungsbezogene Maßnahmen verstehen, um andere Ziele der Bioökonomie (z.B. wirtschaftliches Wachstum, Schaffung von Arbeitsplätzen) zu erreichen. Allerdings hat hier die Analyse der politischen Bioökonomie-Strategien und -Konzepte gezeigt, dass alle hier aufgeführten Bioökonomie-Ziele in den politischen Agenden einen eigenständigen Charakter haben und sich auf der politischen Ebene im Rahmen der Ausgestaltung der Bioökonomie z.T. sogar verselbständigen haben. Beispiele hierfür sind eigenständige Bioökonomie-Forschungsstrategien in Deutschland auf Bundes- und Landesebene²⁹ sowie die z.T. stattfindende hierarchische Gleichstellung von Bioökonomie und Biotechnologie:

„Die Bioökonomie verfolgt den Ansatz, erneuerbare Ressourcen einschließlich Reststoffe effizient und nachhaltig zu nutzen. Beim Übergang von einer erdöl- zu einer biobasierten Wirtschaft ist die Biotechnologie von prioritärer Bedeutung.“ (BMWi 2018)

4.3 Abgleich zwischen Bioökonomie und dem Konzept der Planetaren Grenzen

4.3.1 Eckpunkte des Konzepts der planetaren Grenzen

Das Konzept der planetaren Belastungsgrenzen geht auf Rockstrom et al. (2009) zurück und wurde insbesondere durch Steffen et al. (2015) aktualisiert und erweitert. Im Kern identifiziert das Konzept globale biophysikalische Prozesse, deren maßgebliche Veränderung dazu führen kann, dass die Bedingungen auf der Erde nicht mehr den als für die menschliche Entwicklung zuträglichen Bedingungen des Holozäns entsprechen. Im Speziellen werden neun Prozesse beschrieben, zu denen jeweils Belastungsgrenzen postuliert und nach Möglichkeit charakterisiert wurden. Diese Prozesse sind:

- ▶ Klimawandel
- ▶ Veränderung der Intaktheit der Biosphäre
- ▶ Ozonverlust in der Stratosphäre
- ▶ Versauerung der Meere
- ▶ Biogeochemische Flüsse, namentlich Stickstoff und Phosphor (kann in Zukunft um weitere Flüsse erweitert werden)
- ▶ Süßwassernutzung
- ▶ Landnutzungswandel
- ▶ Aerosolgehalt der Atmosphäre
- ▶ Neue Substanzen und modifizierte Lebensformen

Zu jedem Prozess werden – soweit möglich – geeignete Kontrollvariablen identifiziert und Ausprägungen dieser Kontrollvariablen definiert, deren Überschreiten mit systemischen und

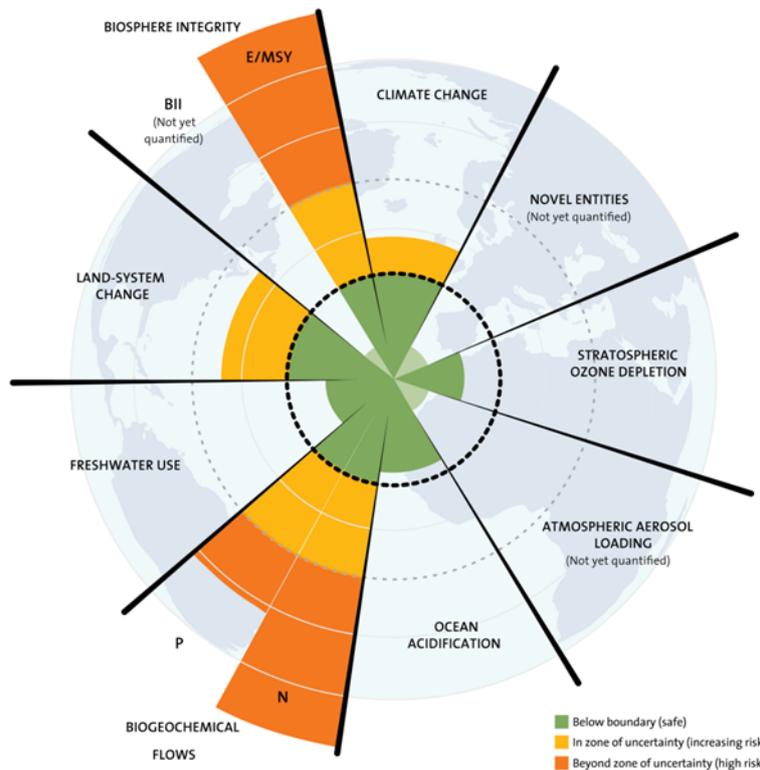
²⁹ Eine Forschungsstrategie auf Landesebene liegt beispielsweise in Baden-Württemberg bereits seit 2013 vor (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst 2013).

potenziell kritischen Veränderungen im Erdsystem einhergehen. Diese so definierten Ausprägungen stellen damit im Sinne des Modells „planetare Belastungsgrenzen“ dar, deren Berücksichtigung den sogenannten „sicheren Handlungsrahmen“ für die Menschheit darstellt. Nicht für alle Prozesse konnten bereits Grenzen oder sogar Kontrollvariablen definiert werden. Auch sind genaue Grenzen bei den betrachteten Prozessen nicht bekannt und so arbeitet das Modell mit Unsicherheitsbereichen. Die Ausprägungen der Kontrollvariablen, wie von Steffen et al. (2015) festgestellt, haben sich seit deren Veröffentlichung weiter verändert. So liegt die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre inzwischen über 405 ppm³⁰.

Abbildung 2 stellt die planetaren Belastungsgrenzen nach Steffen et al. (2015) grafisch dar. Es wird deutlich, dass mehrere Prozesse sich bereits jenseits eines Unsicherheitsbereiches befinden, mit einem hohen Risiko für gefährliche Veränderungen im planetaren Maßstab. Hierzu gehören die Intaktheit der Biosphäre (ausgedrückt als genetische Vielfalt bzw. Artenverlust) und biogeochemische Stoffflüsse in Bezug auf Stickstoff und Phosphor. Weitere (Klimawandel, Landnutzungswandel) befinden sich in einem Bereich hoher Unsicherheit mit einem zunehmenden Risiko gefährlicher Veränderungen. Nicht alle so identifizierten Prozesse finden unmittelbar im globalen Maßstab statt (beispielsweise Intaktheit der Ökosysteme oder biogeochemische Stoffflüsse haben vor allem eine Bedeutung auf regionaler Ebene), können jedoch die Funktionalität des Erdsystems insgesamt beeinflussen. Steffen et al. (2015) identifizieren Klimawandel und Intaktheit der Biosphäre als Kerngrenzen, deren Überschreiten alleine zu einem erdschichtlich neuen Zustand führen kann.

³⁰ vgl. <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>

Abbildung 2: Grafische Darstellung der planetaren Belastungsgrenzen



Rot = jenseits Unsicherheitsbereich (hohes Risiko), Gelb = Im Unsicherheitsbereich (zunehmendes Risiko), Grün = Unterhalb Belastungsgrenze (sicher), Grau = Belastungsgrenze noch nicht quantifiziert
Quelle: Grafik von J. Lokrantz/Azotenach, basierend auf Steffen et al. (2015)

4.3.2 Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen den Bioökonomie-Zielen und den planetaren Belastungsgrenzen

Die planetaren Belastungsgrenzen können auf vielfältige Weise mit identifizierten Bioökonomie-Zielen in Zusammenhang stehen. Relevante Zusammenhänge werden im Folgenden identifiziert und diskutiert. Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, beschränkt sich die Analyse dabei auf direkte Zusammenhänge (Interaktionen „erster Ordnung“). Vermutlich vielfältig vorhandene indirekte Effekte werden nicht betrachtet.

Besonders grundlegend sind hierbei Wirkungsketten, die direkt auf die Prozesse im Konzept der planetaren Grenzen bzw. auf deren Kontrollvariablen wirken (siehe folgende Tabelle 1, in der potenzielle Zielkonflikte mit „Z“ und potenzielle Synergien mit „S“ gekennzeichnet sind). Für viele der planetaren Prozesse und Grenzen sind vor allem Eingriffe in Ökosysteme und Landnutzung von besonderer Bedeutung, z.B. durch den Ausbau biogener/nachwachsender Rohstoffe oder die Entwicklung neuer biotechnologischer Verfahren. In Bezug auf Klimawandel sind weiterhin durch die Verfolgung der Bioökonomie-Ziele verursachte Veränderungen entscheidend, die auf den Ausstoß von THG- bzw. CO₂-Emissionen wirken. Für Letztere hat es eine besondere Bedeutung, ob ein Ersatz von herkömmlichen und mit hohen Treibhausgasemissionen einhergehenden Rohstoffen und Prozessen durch neue biogene Rohstoffe so gelingen kann, dass nicht gleichermaßen neue Emissionsquellen einen möglichen positiven Effekt konterkarieren oder sogar überkompensieren.

Tabelle 1: Potenzielle Wirkungen der Bioökonomie-Ziele auf die planetaren Belastungsgrenzen

Bioökonomie-Ziel	1 Wirtschaftswachstum in D/EU		2 Schaffung von Arbeitsplätzen in D/EU		3 Produktionssteigerung Agrar- / Forstwirtschaft		4 Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation		5 Weiterentwicklung Biotechnologie		6 Ernährungs-sicherheit		7 Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen		8 Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe		9 Klimaschutz	
	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z
1 Klimawandel		X				X			X		X		X	X	X		X	
2 Intaktheit Biosphäre						X				?	X	X		X	X	X	X	
3 Versauerung Meere						X							X				X	
4 Ozonverlust in Stratosphäre					?	?												
5a Stickstoffkreislauf						X			?		X			X	X	X		
5b Phosphorkreislauf						X					X			X	X	X		
6 Süßwassernutzung						X					X			X	X	X	X	
7 Landnutzungswandel						X					X			X	X	X		
8 Aerosolgehalt in Atmosphäre					?	?							?	?				
9 Neue Substanzen & modifiz. Lebensformen						X				X	X			X		X		

Legende:

X: es besteht eine relevante Wechselwirkungen³¹ in Form einer Synergie: S oder eines Zielkonflikts: Z; Farbliche Hervorhebung: Grün hervorgehoben werden erwartete Synergien, rot hervorgehoben werden erwartete Zielkonflikte, ?: Synergie bzw. Zielkonflikt denkbar, jedoch sind Wirkzusammenhänge unklar

Planetary Boundaries – Planetare Grenzen

1. Klimawandel
2. Intaktheit der Biosphäre (genetische und funktionale Vielfalt) (Rockström et al. (2009): Biodiversitätsverluste)
3. Versauerung der Meere
4. Ozonverlust in der Stratosphäre
- 5a. Stickstoffkreislauf
- 5b. Phosphorkreislauf
6. Süßwassernutzung
7. Landnutzungswandel
8. Aerosolgehalt der Atmosphäre
9. Neue Substanzen und modifizierte Lebensformen (Rockström et al. (2009): Chemikalienverschmutzung)

Ziele der Bioökonomie-(BÖ)

1. Wirtschaftliches Wachstum in D/EU
2. Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa (insbesondere im ländlichen Raum)
3. Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur
4. Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation („wissensbasierte Bioökonomie“)
5. Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (z.B. „weiße“ Biotechnologie, „Genome Editing“)
6. Gewährleistung der globalen Ernährungssicherheit
7. Reduzierung von fossilen Rohstoffen für die stoffliche Nutzung (Wechsel Rohstoffbasis und Substitution fossiler durch nachhaltige biogene Rohstoffe)
8. Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe („produce more from less“, Konzept der Kaskadennutzung, etc.)
9. Klimaschutz

³¹ Die Wechselwirkungen werden im Detail in Anlage A eines separaten Arbeitspapiers erläutert, welches unter folgendem Link verfügbar ist: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

4.3.3 Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse für die in Tabelle 1 identifizierten Wechselwirkungen dargestellt. Eine ausführlichere Darstellung findet sich in einem separaten Arbeitspapier³² in Anlage A.

4.3.3.1 Bioökonomie-Ziel 1 „Wirtschaftswachstum in D/EU“

Wirtschaftswachstum geht in aller Regel mit gesteigerter wirtschaftlicher Aktivität, gesteigertem Konsum und damit höheren Treibhausgasemissionen und Energie-/Ressourcenverbräuchen einher. Eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltauswirkungen gelingt allenfalls temporär oder in sehr spezifischen Domänen und kann nicht ohne sehr konkrete Strategien postuliert werden. So kann beispielsweise eine absolute Senkung des pro-Kopf Materialeinsatzes in europäischen OECD-Ländern nach der Finanzkrise 2008 beschrieben werden (absolute Entkopplung); allerdings nur, wenn hierbei der Verbrauch fossiler Energieträger und vor allem der (über die Zeit ausgelagerte) Ressourceneinsatz für Importprodukte unberücksichtigt bleibt (Hickel 2019). Bioökonomie-Strategien, die auf Wirtschaftswachstum zielen, haben, unabhängig der spezifischen Wirkungen durch veränderte Prozesse, eine Steigerung von Treibhausgasemissionen und damit den Auswirkungen des Klimawandels zur Folge³³.

4.3.3.2 Bioökonomie-Ziel 2 „Schaffung von Arbeitsplätzen in D/EU“

Die Schaffung von Arbeitsplätzen als Ziel der Bioökonomie ist weitgehend unabhängig von den verschiedenen planetaren Belastungsgrenzen, das heißt eine Zunahme an Arbeitsplätzen hat keine unmittelbaren positiven wie negativen Auswirkungen auf diese. Eine mittelbare negative Auswirkung ist jedoch das mit diesen Arbeitsplätzen einhergehende Einkommen und der damit steigende Konsum umweltschädlicher Waren und Dienstleistungen. Siehe hierzu auch den vorhergehenden Abschnitt 4.3.3.1.

4.3.3.3 Bioökonomie-Ziel 3 „Produktionssteigerung Agrar-/Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur“

Produktionssteigerungen in der Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur wirken vielfältig auf die biophysikalischen Prozesse, die den planetaren Belastungsgrenzen zu Grunde liegen. Produktionssteigerungen gehen mit zusätzlichem Ressourcenverbrauch und mit zusätzlichen Emissionen einher. Daher dürften die Auswirkungen auf die planetaren Belastungsgrenzen in aller Regel negativ sein. Durch gezielte Gegenmaßnahmen ist eine Abschwächung jedoch keine Aufhebung solcher negativen Effekte und somit sind Zielkonflikte erwartbar.

Produktionssteigerungen werden üblicherweise durch Ausweitung bewirtschafteter Flächen oder durch eine Intensivierung der Bewirtschaftung erreicht. Bewirtschaftung und Intensivierung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen gehen mit einer Veränderung der Bodenbeschaffenheit und gebundener Kohlenstoff- und Biomasse einher. Das IPCC geht in seinem Special Report „Climate Change and Land“ davon aus, dass die Bodenerosion auf nicht gepflügten Feldern 10 bis 20 und auf gepflügten Feldern mehr als 100-mal größer ist als die Bodenbildungsrate (IPCC 2019). Eine Intensivierung der Produktion kann daher zur Freisetzung von gebundenem Kohlenstoff führen und damit zu den **Klimawandel** verstärkenden THG-Emissionen. Eine Intensivierung bedingt in der Regel auch einen verstärkten Einsatz von Agrochemikalien, insbesondere Düngemitteln, deren Produktion und Nutzung mit zusätzlichen THG-Emissionen einhergehen.

³² Dieses Arbeitspapier ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

³³ Zum Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und THG-Emissionen siehe beispielsweise Edenhofer, O. (2014), S. 355.

Damit besteht ein Zielkonflikt zwischen einer Produktionssteigerung land- und forstwirtschaftlicher Prozesse und der Verminderung von THG-Emissionen. Die netto-Wirkung ist maßgeblich davon abhängig, ob eine etwaige Emissionssteigerung von einer Minderung fossiler Brenn- und Rohstoffe überkompensiert werden kann. Spezifische Anbaumethoden („nachhaltige“ Land- und Forstwirtschaft, ...) können helfen, das Ausmaß der THG-Emissionen zu verringern. Ob und wie in großem Maßstab eine Bewirtschaftung land- und forstwirtschaftlicher Flächen tatsächlich so gelingen kann, dass im Vergleich zu alternativer (Nicht-)Nutzung eine netto THG-Minderung erreicht wird, ist zu klären und wäre in jedem Fall nur unter sehr spezifischen Bedingungen möglich. Ungesteuert bedeutet eine Zunahme land- und forstwirtschaftlicher Produktion eine Zunahme von THG-Emissionen und damit eine weitere Zuspitzung des bestehenden Zielkonflikts mit der planetaren Belastungsgrenze „Klimawandel“.

In dem Maße, wie eine Ausweitung agrar- und forstwirtschaftlicher Produktion zu einem Anstieg von CO₂-Emissionen führt, ist auch ein zusätzlicher CO₂-Eintrag in die Meere zu erwarten, mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf die planetare Grenze „**Versauerung der Meere**“.

In Bezug auf PB 2 „**Intaktheit der Biosphäre**“ ist festzustellen, dass die Ausweitung land- und forstwirtschaftlicher sowie maritimer Produktion bedeutende Eingriffe in Ökosysteme darstellt, mit entsprechenden Auswirkungen auf die genetische und funktionelle Diversität, die der planetaren Belastungsgrenze „Intaktheit der Biosphäre“ zu Grunde liegen. Eingriffe durch zusätzliche Landnutzung oder durch deren Intensivierung bestehen auf vielfältige Weise. Durch Düngemittel und damit einhergehende Stickstoffeinträge, Pflanzenschutz, Umwidmung natürlicher Landschaftselemente, die für sich und ihrer Verbindung wichtige Räume für Tiere und Pflanzen darstellen oder durch Umbruch von Grünland zu Ackerland. Grünland zeichnet sich in Mitteleuropa durch großen Artenreichtum aus.

Damit wirkt sich das Bioökonomie-Ziel Produktionssteigerung ohne Gegenmaßnahmen negativ auf die planetare Belastungsgrenze „Intaktheit der Biosphäre“ aus.

In Bezug auf die planetare Grenze „**Ozonkonzentration der Stratosphäre**“, sind von einer Produktionssteigerung für biogene Rohstoffe keine unmittelbaren Auswirkungen zu erwarten.

Die in den planetaren Grenzen „**Stickstoffkreislauf**“ und „**Phosphorkreislauf**“ betrachteten N- und P-Einträge stammen maßgeblich aus Düngemitteln für die landwirtschaftliche Produktion. Eine Produktionssteigerung biogener Rohstoffe mit entsprechendem Einsatz von Düngemitteln wie auch deren Import wirkt damit auch unmittelbar negativ auf diese planetaren Belastungsgrenzen.

Intensive Landwirtschaft erfordert den Einsatz von bedeutenden Süßwassermengen, die in Fällen ohnehin eingeschränkter Süßwasserversorgung eine zusätzliche Belastung für Wasserressourcen darstellt. Eine Ausweitung der Agrarwirtschaft für biogene Rohstoffe wirkt sich damit potenziell negativ auf die planetare Belastungsgrenze „**Süßwassernutzung**“ aus.

Eine Ausweitung agrar- und forstwirtschaftlicher Produktion für biogene Rohstoffe erfolgt vor dem Hintergrund starker Flächenkonkurrenz und führt vielfach zu einer Verschiebung und Veränderung bestehender land- und forstwirtschaftlicher Flächen und damit zu direkten wie indirekten **Landnutzungsänderungen**, mit einer damit verbundenen zusätzlichen Freisetzung von in Böden und Biomasse gebundenem Kohlenstoff. Besonders drastische und bekannte Beispiele sind die Rodung des Amazonas für Soja (neben Rinderzucht) oder Rodungen in Indonesien für Palmöl (Piotrowski 2019, Schleicher 2019). Landnutzungsänderungen finden jedoch auch in Deutschland statt, z.B. durch die Umwandlung von Grünland in Ackerland (UBA 2019a).

Der **Aerosolgehalt der Atmosphäre** wird durch vielfältige Prozesse bedingt, die wiederum mit menschlichen Aktivitäten, wie Ackerbau sowie Verbrennung von fossilen und biogenen Rohstoffen in Zusammenhang stehen. Eine Ausweitung der Produktion nachwachsender Rohstoffe für die Bioökonomie kann hierauf negativ Einfluss nehmen. Insgesamt dürften die indirekten Effekte jedoch bedeutsamer sein (wie die Effekte einer Bioökonomie auf die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Effekte von Fleischersatzprodukten auf das Ausmaß tatsächlicher Tierhaltung) und können positiv wie negativ ausfallen.

Eine Ausweitung und Intensivierung von land- und forstwirtschaftlichen Produktionsflächen wird ohne entsprechende Steuerung zu einer Ausweitung des Pestizideinsatzes und auch zur Anwendung von gentechnisch veränderten Pflanzen führen. Produktionssteigerungen in der Land- und Forstwirtschaft wirken damit unmittelbar negativ auf die planetare Belastungsgrenze zum **Eintrag neuer Chemikalien und Organismen** in die Biosphäre.

4.3.3.4 Bioökonomie-Ziel 4 „Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation“

Investitionen in Forschung, Innovation und Qualifikation können grundsätzlich neue Zusammenhänge zwischen Technologien und Prozessen für die Bioökonomie und damit einhergehenden Auswirkungen auf planetare geochemische Prozesse und Belastungsgrenzen zur Folge haben.

Die konkrete Wirkung in Bezug auf planetare Grenzen hängt maßgeblich von der Art der konkreten Zielsetzung und den definierten Anforderungen ab.

Werden Investitionen mit dem expliziten Ziel getätigt, die ökologischen Auswirkungen der Bioökonomie zu mindern (inkl. potenzieller Rebound-Effekte und Nebenwirkungen), kann davon ausgegangen werden, dass Synergien realisiert werden können.

Wird Forschungs- und Innovationsförderung *ohne Spezifizierung* konkreter Verfahren und Bedingungen stimuliert, sind die möglichen Auswirkungen für die planetaren Belastungsgrenzen ohne detaillierte Analyse kaum zu bewerten. Dies liegt darin begründet, dass Bioökonomie nicht per se ökologisch vorteilhaft ist und damit auch Verfahren mit potenziellen negativen Auswirkungen impliziert. Negative Auswirkungen könnten daher bei einer allgemeinen Förderung bioökonomischer Innovationen, ohne sehr gezielte Steuerung, ebenfalls verstärkt auftreten.

4.3.3.5 Bioökonomie-Ziel 5 „Weiterentwicklung Biotechnologie“

Die Wirkungskettenanalyse für die das Bioökonomie-Ziel „Weiterentwicklung Biotechnologie“ zeigt Potenziale für Synergien, jedoch auch Zielkonflikte und Unsicherheiten.

Die Weiterentwicklung biotechnologischer Verfahren kann unterschiedlich auf die planetaren Grenzen wirken. Die Wirkung hängt maßgeblich von der jeweils spezifisch verfolgten Zielsetzung und den im Ergebnis etablierten neuen Verfahren ab.

In-vitro Fleischkultivierung ist ein Beispiel für ein biotechnologisches Verfahren mit potenziell positiven Beiträgen zu verschiedenen planetaren Belastungsgrenzen. Es hat das Potenzial, die mit starken ökologischen Auswirkungen (insb. **Treibhausgasemissionen, Stickstoffeinträgen**) einhergehende Rinderhaltung durch eine weniger intensive Form der Fleischkultivierung zu ersetzen. Ähnlich positive Synergien sind durch Anwendungen der „weißen Biotechnologie“ möglich. Jedoch benötigen auch diese Verfahren Energie und Rohstoffe, so dass die tatsächlichen Auswirkungen für den Einzelfall zu untersuchen sind.

Synergien könnten sich ergeben, falls es im Zuge der Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (v.a. im Bereich „Genome Editing“) gelingt, hitzeresistente Arten für den Ackerbau zu entwickeln (siehe Shi et al. 2017), die einen geringeren

Bewässerungsaufwand ermöglichen. Dies kann sich positiv auf die Effizienz der Wassernutzung im Landwirtschaftssektor auswirken. Gleichzeitig bestehen hier auch Risiken und Zielkonflikte. So kann die Anwendung von CRISPR/Cas-9 in der Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung, z.B. bei der Einführung von krankheits- und trockenresistenten Organismen, ungeplante und langfristige negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben, vor allem durch zufällige und ungewollte Verbreitung (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung, 2018).

Ein wesentliches Risiko für die **Intaktheit der Biosphäre** stellt die Einbringung **neuer Substanzen und insbesondere neuer Organismen** in die Umwelt dar. Es ist davon auszugehen, dass die Weiterentwicklung und Anwendung von Genome Editing (z.B. CRISPR/Cas), insbesondere für die Pflanzen- und Tierzüchtung, ohne entsprechende Steuerung eher zu einer Zunahme des Risikos und damit einem Zielkonflikt führen wird.

4.3.3.6 Bioökonomie-Ziel 6 „Ernährungssicherheit“

Potenziale einer Bioökonomie für die Ernährungssicherheit im Globalen Süden bestehen vor allem in Folge des Ersatzes von herkömmlichem tierischem Protein, insbesondere durch die Verarbeitung von Insekten und durch die Nutzung pflanzlicher Fleischersatzprodukte. Die notwendige Reduzierung des Fleischkonsums, insbesondere in industrialisierten Ländern, kann zu einer verbesserten Ernährungslage im Globalen Süden beitragen.

Wenn dadurch in der Summe die Tier- und insbesondere die Rinderbestände abgestockt würden, sind Reduzierungen der **Treibhausgasemissionen** der Landwirtschaft, des **Süßwasserverbrauchs**, bei **Landnutzungsänderungen** sowie bei **Phosphor- und Stickstoffeinträgen** zu erwarten. Jedoch können im Einzelfall auch höhere oder vergleichbare Belastungen auftreten. Denn die „in-vitro“ Fleischherstellung hat derzeit noch einen sehr hohen Energiebedarf, so dass eine positive THG-Bilanz dieses Fleischherstellungsverfahrens langfristig nur beim Einsatz erneuerbarer Energien zu erwarten ist. Auch sind die Umweltauswirkungen industrieller „in-vitro“-Fleischproduktionsanlagen insgesamt noch wenig erforscht (Lynch 2019). Die Zucht und Verarbeitung von Insekten zu Fleischersatzproteinen kann, z.B. bei unerwarteter Freisetzung, zu einer Veränderung und einem Eingriff in Ökosysteme führen, die mit entsprechend negativen Umweltwirkungen einhergehen können, insbesondere in Bezug zur **Intaktheit der Biosphäre / Biodiversität**.

Die Nutzung pflanzlicher Fleischersatzprodukte und damit pflanzlicher Proteinquellen, hat gegenüber herkömmlicher Tier- und insbesondere Rinderhaltung in der Regel einen Vorteil hinsichtlich der Umweltauswirkungen. Allerdings gibt es auch innerhalb der pflanzlichen Proteinquellen große Unterschiede, insbesondere wenn die Bioverfügbarkeit und damit der Nutzen der Proteine berücksichtigt wird (vgl. z.B. Berardy 2019).

4.3.3.7 Bioökonomie-Ziel 7 „Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen“

Grundsätzlich ist beim erstrebten Ersatz fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe zu berücksichtigen, dass über Preis- und andere Markteffekte letztlich eine Nutzung von *sowohl* fossilen wie biogenen Rohstoffen eintreten kann, wenn nicht dafür Sorge getragen wird, dass tatsächlich weniger fossile Rohstoffe zum Einsatz kommen. Die Förderung des Absatzes biogener Rohstoffe alleine führt daher nicht zu einer entsprechenden Minderung des Absatzes fossiler Rohstoffe. Da auch die Produktion biogener Rohstoffe mit Auswirkungen auf die planetaren Belastungsgrenzen einhergeht (siehe Abschnitt 4.3.3.3) hat eine solche Zusätzlichkeit negative Effekte auf fast alle planetaren Belastungsgrenzen.

Der Ersatz fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe kann (nur) unter sehr spezifischen Umständen (zuträglicher Standort, Vornutzung, Art des Anbaus, Verarbeitung, ...) zu einer **Vermin- derung von THG-Emissionen** führen. Ein verlässlicher Nachweis dieser Vorteile in der Praxis

ist derzeit kaum verfügbar. Der zusätzliche Anbau nachwachsender Rohstoffe kann im Gegenteil mit **erheblichen zusätzlichen Emissionen** einhergehen, die die Effekte des Ersatzes fossiler Rohstoffe zu Nichte machen, z.B. durch Boden- und Ökosystemveränderungen, den Einsatz von Düngemitteln, zusätzlichen Verarbeitungs- und Transportschritten. Der tatsächliche Effekt hängt von der konkreten Ausgestaltung und der Berücksichtigung auch komplexer indirekter Effekte ab. So ist in Bezug auf die planetaren Belastungsgrenzen **Klimawandel** und damit auch **Versauerung der Meere** eher von einer Verschlechterung der Belastungslage auszugehen, wenn mögliche positive Effekte nicht durch eine sehr gezielte Bewertung und Steuerung der Effekte abgesichert werden.

In Bezug auf die planetare Belastungsgrenzen **Intaktheit der Biosphäre** führt der Ersatz fossiler Rohstoffe durch biogene/nachwachsende Rohstoffe zwar einerseits zu einer Entlastung von Ökosystemen durch die verminderte Förderung fossiler Ressourcen (deren indirekten Effekte außer Acht gelassen), jedoch werden durch Anbau von nachwachsenden Rohstoffen andererseits zusätzliche Eingriffe in Ökosysteme vorgenommen, die überwiegen dürften. Für die planetare Grenze **Intaktheit der Biosphäre** dürfte der Wechsel der Rohstoffbasis von fossil zu biogen daher mit einer zusätzlichen Belastung einhergehen.

Der Ersatz fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe führt ceteris paribus zu einem vermehrten Verbrauch und **Eintrag von Stickstoff und Phosphor**.

Ein positiver Effekt und damit eine synergistische Entwicklung in Bezug auf **Stickstoffeinträge** ist in den Fällen denkbar, in denen bioökonomische Verfahren zu einem deutlich verminderten Konsum von herkömmlichen Fleischprodukten führen. Die intensive Viehhaltung trägt maßgeblich zur regional verteilten Stickstoffbelastung bei.

Der Ersatz fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe führt zu einer Ausweitung landwirtschaftlicher Produktion, die in vielen Regionen der Welt die Süßwassersysteme bereits heute stark strapazieren. Eine massive Ausweitung der Bioökonomie wird den **Süßwasserverbrauch** daher weiter erhöhen.

Zwar geht der Abbau fossiler Rohstoffe auch mit Landnutzungsänderungen einher, dennoch dürfte die Ausweitung einer Bioökonomie mit dem entsprechenden Anbau nachwachsender Rohstoffe zu einem enorm steigenden Flächenbedarf und damit einhergehenden **Landnutzungsänderungen** führen (siehe Abschnitt 4.3.3.3).

Der Ersatz von Produkten auf Basis fossiler Rohstoffe durch Produkte biogenen Ursprungs kann zu einer Minderung der **Einträge problematischer Substanzen** in die Umwelt (z.B. Schwermetalle) führen, jedoch werden andererseits neue Verfahren umgesetzt und Organismen eingesetzt, die negativ auf diese planetare Belastungsgrenze wirken können.

4.3.3.8 Bioökonomie-Ziel 8 „effiziente Nutzung biogener Rohstoffe“

Der effizientere Einsatz biogener Rohstoffe ist einerseits betriebswirtschaftliches Gebot und damit inhärenter Bestandteil von kommerziellen Bioökonomie-Strategien. Er ist jedoch auch eine begleitende Strategie, um mögliche Begrenzungen und negative Auswirkungen der Bioökonomie abzumildern. Letzteres setzt voraus, dass nicht die ökonomische Effizienz, sondern eine ökologische Effizienz als Maßstab zu Grunde gelegt wird.

Eine Effizienzstrategie, die kurzfristig vor allem auf Kosteneffizienz setzt, kann beispielsweise den zusätzlichen Einsatz von Düngemitteln und eine verstärkte Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft bedeuten, mit den damit einhergehenden negativen Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen, Biodiversität, Süßwasserverbrauch, Stickstoff- und Phosphorumsatz, Landnutzungsänderungen, Einsatz von Chemikalien und gentechnisch veränderten Organismen, etc.

Eine Effizienzstrategie mit dem Ziel von Umweltentlastungen und Entlastung planetarer Grenzen, die also den Output dem Umweltverbrauch gegenüberstellt und optimiert und absolute Minderungen des Einsatzes von Rohstoffen und von Umweltauswirkungen erreicht, kann hingegen positiv auf die verschiedenen planetaren Grenzen wirken (Beispiel: Precision Farming).

4.3.3.9 Bioökonomie-Ziel 9 „Klimaschutz“

Eine Bioökonomie, die sich konsequent an der Treibhausgasminderung und damit am Klimaschutz orientiert und hieran auch kontinuierlich gemessen wird, kann sich positiv auf verschiedene planetare Belastungsgrenzen, wie die Intaktheit der Biosphäre, Versauerung und den Süßwasserhaushalt auswirken. Maßnahmen, die zur Verringerung von Treibhausgasemissionen beitragen, können damit auch positive oder zumindest weniger negative Auswirkungen auf die Umweltdimension Klimaschutz erreichen. Voraussetzung ist, dass dieser Beitrag zum Klimaschutz durch Bioökonomie-Implementierung konsequent und vor allem absolut sichergestellt wird. Spezifische Bioökonomie-Maßnahmen dürfen hierfür nicht nur für sich weniger klimaschädlich sein als herkömmliche Prozesse, sondern diese herkömmlichen Prozesse müssen auch tatsächlich ersetzt und nicht nur ergänzt werden.

4.3.4 Diskussion der Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse

Die Bioökonomie und die ihr zu Grunde liegenden Verfahren führen nicht per se zu einer ökologischen Verbesserung in den ökologischen Wirkungsdimensionen. Im Gegenteil: eine Ausweitung der Bioökonomie geht mit bedeutenden Risiken in Bezug auf zentrale ökologische Problemlagen und planetare Belastungsgrenzen einher. Zu nennen ist hier insbesondere die angestrebte Steigerung der Produktion in der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur, die relevante Zielkonflikte zu fast allen planetaren Belastungsgrenzen aufweist (vgl. Tabelle 1, Kap. 4.3.2). Produktionssteigerungen gehen mit zusätzlicher Flächennutzung, Ressourcenverbräuchen und Emissionen einher, die unmittelbar negativ auf die planetaren Belastungsgrenzen **Klimawandel, Intaktheit der Biosphäre, Landnutzungsänderungen** sowie **Stickstoff- und Phosphorflüsse** wirken. Auch in Bezug auf die weiteren planetaren Belastungsgrenzen sind eher Zielkonflikte als Synergien zu erwarten.

Um tatsächlich Synergien mit den planetaren Belastungsgrenzen oder zumindest reduzierte negative Auswirkungen zu erreichen, sollten neue bioökonomische Produkte und Verfahren daher konsequent an dem positiven ökologischen Beitrag in den verschiedenen Wirkungsdimensionen gemessen werden. Derartige positive Auswirkungen sollten keinesfalls lediglich postuliert werden, sondern überprüft und bewertet werden.

Bioökonomische Verfahren, die herkömmliche land- und forstwirtschaftliche sowie maritime Produktion ersetzen können, ohne selbst maßgeblich auf nachwachsende Rohstoffe angewiesen zu sein, sind potenziell vorteilhaft gegenüber Bioökonomie-Verfahren, die vor allem auf eine Produktionsausweitung nachwachsender Rohstoffe setzen.

Der effizienten Nutzung von Rohstoffen und Ressourcen kommt eine besondere Bedeutung für die Begrenzung ökologischer Auswirkungen eines Ausbaus der Bioökonomie zu. Hierbei sollte konsequent die *ökologische Effizienz* zu Grunde gelegt werden. Die Betonung der ökonomischen Effizienz, z.B. durch eine Intensivierung landwirtschaftlicher Produktion, kann zwar zu einer höheren Kosteneffizienz führen, würde jedoch letztlich mit einer höheren Umweltbelastung einhergehen.

Grundsätzlich ist bei der Annahme (oder der Förderung) des Ersatzes fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe zu berücksichtigen, dass über Preis- und andere Markteffekte letztlich eine Nutzung *sowohl* fossiler wie biogener Rohstoffe eintreten kann. Die Förderung des Absatzes

biogener Rohstoffe alleine führt vermutlich in aller Regel nicht zu einer entsprechenden Minderung des Absatzes fossiler Rohstoffe. Dieser Marktdynamik sollte bei der Begleitung der Bioökonomie-Implementierung besondere Beachtung geschenkt werden.

Vor dem Hintergrund der vielfältigen potenziell negativen Auswirkungen auf planetare Belastungsgrenzen, werden ungesteuerte Forschung und Investitionen in Bioökonomie in der Regel mit eher negativen ökologischen Auswirkungen einhergehen.

4.4 Abgleich zwischen Bioökonomie und den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDGs)

4.4.1 Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen den Bioökonomie-Zielen und den UN-Nachhaltigkeitszielen

Aufgrund der integrativen Ausrichtung der Agenda 2030, der zufolge soziale, ökologische und ökonomische Ziele zusammengedacht und gemeinsam erreicht werden sollen, bestehen zahlreiche Wechselwirkungen zwischen den UN-Nachhaltigkeitszielen und der in den Bioökonomie-Konzepten formulierten Ziele. Relevante Querbezüge / Zusammenhänge werden im Folgenden herausgearbeitet und diskutiert. Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, muss sich die Analyse dabei auf direkte Zusammenhänge (Wechselwirkungen „erster Ordnung“) beschränken. Vermutlich vielfältig vorhandene indirekte Effekte können im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht betrachtet werden. Chancen bzw. Risiken, die sich durch eine Verfolgung der Bioökonomie-Ziele von Deutschland bzw. Europa aus auf andere Regionen bzw. Kontinente der Erde ergeben können, werden aufgrund der globalen Ausrichtung der UN-Nachhaltigkeitsziele systematisch mitberücksichtigt.

Die überblicksartige Zusammenstellung der Wechselwirkungen zwischen Bioökonomie-Ziele und SDGs in der folgenden Tabelle zeigt, dass sich aus den Bioökonomie-Zielen Querbezüge zu allen SDGs ergeben, die sich sowohl in Form von Synergien (S), als auch in Form von Zielkonflikten (Z) äußern können.

Tabelle 2: Überblick relevanter Wechselwirkungen der Bioökonomie-Ziele auf die UN-Nachhaltigkeitsziele (SDG)

Bioökonomie-Ziel	1 Wirtschaftliches Wachstum in D/EU		2 Schaffung von Arbeitsplätzen in D/EU		3 Produktionssteigerung Agrar- / Forstwirtschaft		4 Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation		5 Weiterentwicklung Biotechnologie		6 Ernährungs-sicherheit		7 Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen		8 Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe		9 Klimaschutz		
	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	
1 Keine Armut	X	X	X	X														X	
2 Kein Hunger						X			X	X	X				X			X	
3 Gesundheit & Wohlergehen						X	X		X		X								
4 Hochwertige Bildung			X				X												
5 Geschlechtergleichheit						X													
6 Sauberes Wasser & Sanitär						X			X				X	X	X			X	
7 Bezahlbare & saubere Energie					X		X					X		X					
8 Menschenwürdige Arbeit & Wirtschaftswachstum	X		X				X		X			X		X					
9 Industrie, Innovation & Infrastruktur						X	X	X				X		X					
10 Weniger Ungleichheiten			X	X															
11 Nachhaltige Städte & Gemeinden					X	X						X						X	

Bioökonomie-Ziel	1 Wirtschaftliches Wachstum in D/EU		2 Schaffung von Arbeitsplätzen in D/EU		3 Produktionssteigerung Agrar- / Forstwirtschaft		4 Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation		5 Weiterentwicklung Biotechnologie		6 Ernährungs-sicherheit		7 Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen		8 Effiziente Nutzung bio-gener Rohstoffe		9 Klimaschutz		
	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z	
SDG																			
12 Nachhaltige/r Konsum & Produktion		X				X	X								X				
13 Maßnahmen zum Klimaschutz						X	X						X					X	
14 Leben unter Wasser					X	X						X							
15 Leben an Land					X	X				X				X					
16 Frieden, Gerechtigkeit, starke Institutionen						X				X									
17 Partnerschaften zur Erreichung der Ziele	X	X					X	X	X	X			X						

Legende:

X: es besteht eine relevante Wechselwirkungen³⁴ in Form einer Synergie: S oder eines Zielkonflikts: Z; farbliche Hervorhebung: grün hervorgehoben werden erwartete Synergien, rot hervorgehoben werden erwartete Zielkonflikte

Sustainable Development Goals (SDG) – Ziele für nachhaltige Entwicklung

1. Armut in jeder Form und überall beenden
2. Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern
3. Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern

Ziele der Bioökonomie (BÖ)

1. Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum in Deutschland / Europa
2. Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa (insbesondere im ländlichen Raum)

³⁴ Die Wechselwirkungen werden im Detail in Anlage B eines separaten Arbeitspapiers erläutert, welches unter folgendem Link verfügbar ist: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

Sustainable Development Goals (SDG) – Ziele für nachhaltige Entwicklung

4. Inklusive, gerechte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle fördern
5. Geschlechtergerechtigkeit und Selbstbestimmung für alle Frauen und Mädchen erreichen
6. Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten
7. Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und zeitgemäßer Energie für alle sichern
8. Dauerhaftes, inklusives und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern
9. Eine belastbare Infrastruktur aufbauen, inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen
10. Ungleichheit innerhalb von und zwischen Staaten verringern
11. Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig machen
12. Für nachhaltige Konsum und Produktionsmuster sorgen
13. Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen
14. Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen
15. Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodenverschlechterung stoppen und umkehren und den Biodiversitätsverlust stoppen
16. Friedliche und inklusive Gesellschaften im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und effektive, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen
17. Umsetzungsmittel stärken und die globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung wiederbeleben

Ziele der Bioökonomie (BÖ)

3. Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur
4. Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation („wissensbasierte Bioökonomie“)
5. Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (z.B. „weiße“ Biotechnologie, „Genome Editing“)
6. Gewährleistung der globalen Ernährungssicherheit
7. Reduzierung von fossilen Rohstoffen für die stoffliche Nutzung (Wechsel Rohstoffbasis und Substitution fossiler durch nachhaltige biogene Rohstoffe)
8. Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe („produce more from less“, Konzept der Kaskaden-nutzung, etc.)
9. Klimaschutz

4.4.2 Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse

Die vollständigen Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse für die in Tabelle 2 identifizierten Wechselwirkungen sind in tabellarischer Form in Anlage B eines separaten Arbeitspapiers³⁵ enthalten. In dem vorliegenden Kapitel werden für alle UN-Nachhaltigkeitsziele die wesentlichen Erkenntnisse zusammengefasst.

4.4.2.1 SDG 1 „Keine Armut“

Die Wirkungskettenanalyse für SDG 1 ist geprägt von ambivalenten Wirkungen, die insbesondere die wirtschaftlichen Bioökonomie-Ziele entfalten können.

So könnte es bei einem mittels Bioökonomie induzierten wirtschaftlichen Wachstum und einer dadurch bedingten Schaffung von Arbeitsplätzen zu einer Reduzierung des Anteils von Menschen kommen, die (nach der jeweiligen nationalen Definition) in Armut leben (SDG 1.2). Dies setzt jedoch eine ausreichende **Verteilungsgerechtigkeit** des generierten Wachstums sowie ein ausreichend **hohes Lohnniveau** der geschaffenen Arbeitsplätze voraus. Diese beiden Prämissen sind jedoch in der gegenwärtig bestehenden Weltwirtschaft weder selbstverständlich noch im globalen Maßstab leicht realisierbar.

Angesichts der Exportstärke der Wirtschaft Deutschlands / Europas, basierend auf strukturellen Wettbewerbsvorteilen, ist folglich eher davon auszugehen, dass das erzielte Wirtschaftswachstum zu Lasten der jeweiligen Volkswirtschaften in Ländern des Globalen Südens geht. Ein Beispiel hierfür sind die nach wie vor steigenden Exporte von deutschem / europäischen Geflügelfleisch nach Afrika, das auf den dortigen Märkten deutlich preiswerter als einheimisches Geflügelfleisch angeboten wird und bei den afrikanischen Geflügelproduzenten zu erheblichen Einkommensverlusten und Konkursen führt (Brot für die Welt 2017). Vor diesem Hintergrund wäre folglich eine Bekämpfung der weltweiten Armut (SDG 1.1) eher erschwert und ökonomisch bislang benachteiligte Menschen blieben insbesondere im weltweiten Maßstab weiterhin die gleichen Rechte auf wirtschaftliche Ressourcen (SDG 1.4) vorenthalten.

4.4.2.2 SDG 2 „Kein Hunger“

Für die Wirkungskettenanalyse für SDG 2 spielen solche Bioökonomie-Ziele eine wichtige Rolle, die auf die Steigerung der Produktion in Land- und Forstwirtschaft sowie eine verstärkte Nutzung der Biotechnologie abzielen.

Bei der Steigerung der Produktion von Agrar- und Forstwirtschaft ist davon auszugehen, dass diese im globalen Maßstab mit der gegenwärtig vorherrschenden **input-intensiven und stark exportorientierten Bewirtschaftungsform** erfolgen wird (Guereña 2014). Zu diesem Paradigma wird im weltweiten Maßstab voraussichtlich auch ein **verstärkter Einsatz von Biotechnologie** gehören (NABU 2018; Fatheuer 2018; Oxfam Deutschland 2016; NABU und WWF 2018; Steinbrecher 2018). Eine solche Entwicklung birgt das Risiko, dass diese zu Lasten der Lebensgrundlagen von kleinen Nahrungsmittelproduzenten im In- und Ausland (SDG 2.3) geht. Zudem ist davon auszugehen, dass die Fortschreibung einer auf **Monokulturen** basierten, industriellen Landwirtschaft weder die Nachhaltigkeit der Agrarökosysteme und resiliente landwirtschaftliche Methoden fördert, sondern vielmehr das Risiko für extreme Wetterereignisse wie Dürren, Überschwemmungen und andere Katastrophen erhöht und die Flächen- und Bodenqualität weiter degradiert (SDG 2.4). Zudem ist zu befürchten, dass auch die genetische Vielfalt von Saatgut und Kulturpflanzen sowie Nutz- und Haustieren weiter reduziert wird (SDG 2.5).

³⁵ Dieses Arbeitspapier ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

4.4.2.3 SDG 3 „Gesundheit & Wohlergehen“

Die Wirkungskettenanalyse für SDG 3 zeigt mehrheitlich Synergien, die sich aus der Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation sowie der Weiterentwicklung und Nutzung der Biotechnologie ergeben können.

So beinhalten die Forschung und Entwicklung von biopharmazeutischen Produkten und biotherapeutische Behandlungen sowie Ausbildung von Fachkräften im biopharmazeutischen Bereich Potentiale zur Verbesserung des allgemeinen Gesundheitswesens. Dies könnte sich positiv auf die **Bekämpfung von Krankheiten** wie Aids-, Tuberkulose und Malaria, weiteren Tropenkrankheiten sowie Hepatitis, durch Wasser übertragene Krankheiten und andere übertragbare Krankheiten auswirken (SDG 3.3). Auf diese Weise wäre mittelbar auch ein positiver Beitrag in Hinblick auf die **Senkung der Müttersterblichkeit** (SDG 3.1), der Säuglingssterblichkeit (SDG 3.2) sowie der **Frühsterblichkeit** aufgrund von nichtübertragbaren Krankheiten (SDG 3.4) möglich.

Andererseits birgt eine Steigerung einer input-intensiven und stark exportorientierten Land- und Forstwirtschaft das Risiko, dass die dabei verwendeten **Chemikalien (z.B. Dünger, Pestizide)** die menschliche Gesundheit und die Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden (SDG 3.9) negativ beeinflussen. Dies würde einen Zielkonflikt generieren.

4.4.2.4 SDG 4 „Hochwertige Bildung“

Synergien ergeben sich auch bei der Wirkungskettenanalyse für SDG 4: Die im Rahmen der Bioökonomie-Strategien angestrebte Schaffung von Arbeitsplätzen sowie die damit einhergehende berufliche Bildung können sich positiv auf die Zahl der Jugendlichen und Erwachsenen auswirken, die über die entsprechenden Qualifikationen für eine hochwertige Beschäftigung verfügen (SDG 4.4). Auch die durch eine wissensbasierte Bioökonomie intendierte Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation kann sich positiv auf dieses SDG-Unterziel auswirken. Darüber hinaus können diese Investitionen auch die Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung verbessern (SDG 4.7).

4.4.2.5 SDG 5 „Geschlechtergerechtigkeit“

Die Wirkungskettenanalyse für SDG 5 offenbart einen wesentlichen Zielkonflikt: Aufgrund eines fehlenden Zugangs zu privatem Land sind finanziell schlechter gestellte Frauen in den Ländern des Globalen Südens deutlich stärker als Männer von Allmendeland und Wäldern abhängig. Falls im Rahmen einer Ausweitung der Agrar- und Forstwirtschaft diese Flächen verstärkt für den Anbau von (Export-)Biomasse genutzt werden, können Frauen den Zugang zu diesen Ressourcen verlieren (vgl. UN Women 2018). Dies kann sich schließlich negativ auf die SDG-Ziele auswirken, die Diskriminierung von Frauen zu beenden (SDG 5.1) und Frauen die gleichen Rechte auf wirtschaftliche Ressourcen sowie Zugang zu Grundeigentum und Verfügungsgewalt über Grund und Boden zu verschaffen (SDG 5.a).

4.4.2.6 SDG 6 „Sauberes Wasser / Sanitär“

Die Wirkungskettenanalyse zu SDG 6 zeigt sowohl Potenziale für Synergien, als auch für Zielkonflikte.

Synergien können sich ergeben, falls es im Zuge der Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (v.a. im Bereich „Genome Editing“) gelingt, hitzeresistente Arten für den Ackerbau zu entwickeln (siehe Shi et al. 2017), die einen geringeren

Bewässerungsaufwand ermöglichen. Dies kann³⁶ sich positiv auf die Effizienz der Wassernutzung im Landwirtschaftssektor auswirken (SDG 6.4). Gleiches gilt für eine effiziente Nutzung biogener Rohstoffe. Ferner kann ein wirksamer Klimaschutz dazu beitragen, wasserverbundene Ökosysteme wie Berge, Wälder, Feuchtgebiete, Flüsse, Grundwasserleiter und Seen zu schützen (SDG 6.6). Beispielsweise würden die im Zuge des Klimawandels zu erwartenden, veränderten Niederschlagsmengen und die zunehmend ungleiche Verteilung des Niederschlags über die Jahreszeiten hinweg ein erhebliches Risiko für Waldökosysteme darstellen, da sie den Wasserhaushalt der Waldböden aus dem Gleichgewicht bringen können (siehe UBA 2019a).

Mögliche Zielkonflikte können sich auch bei diesem SDG aus der Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur ergeben: Angesichts des erheblichen zusätzlichen Wasserbedarfs einer solchen Produktionssteigerung ist davon auszugehen, dass im globalen Maßstab die bereits gegenwärtig bestehenden Nutzungskonkurrenzen um die knappe Ressource Trinkwasser sich noch weiter verschärfen werden. Vor allem eine Ausweitung der kommerziellen Produktion von Biokraftstoffen der „ersten Generation“ würde zu einem stark erhöhten Wasserbedarf führen (siehe Rosegrant et al. 2015). Dies erschwert die Erreichung des Ziels, einen allgemeinen und gerechten Zugang zu einwandfreiem und bezahlbarem Trinkwasser herzustellen (SDG 6.1). Darüber hinaus besteht durch die Ausweitung der Produktion einer input-intensiven und auf Chemikalieneinsatz basierenden Land- und Forstwirtschaft das Risiko, die Qualität des Trinkwassers durch die Freisetzung problematischer Chemikalien (z.B. Düngemittel und Pestizide) zu beeinträchtigen (SDG 6.3). Ferner kann der Schutz bzw. die Wiederherstellung wasserverbundener Ökosysteme wie Berge, Wälder, Feuchtgebiete, Flüsse, Grundwasserleiter und Seen (SDG 6.6) erschwert bzw. gefährdet werden.

4.4.2.7 SDG 7 „Bezahlbare & saubere Energie“

Eine Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur führt laut der Wirkungskettenanalyse für SDG 7 zu einer Ausweitung des Angebots an Biomasse, die dazu genutzt werden könnte, den **Anteil erneuerbarer Energie** am globalen Energiemix deutlich zu erhöhen. Insofern würde sich aus der Wirkungskettenanalyse in Hinblick auf SDG 7.2 rein formal eine Synergie ergeben. Allerdings wäre angesichts der ökologischen und sozialen Folgewirkungen eines gesteigerten Biomasseanbaus kritisch zu hinterfragen, ob eine auf diese Weise erzielte Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien tatsächlich als ein Beitrag zu einer Nachhaltigen Entwicklung gewertet werden kann.

Weniger ambivalent sind die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse, wenn die im Rahmen einer „wissensbasierten Bioökonomie“ angestrebten Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation und das dadurch entstehende Know-how für eine effektive und effiziente Nutzung von Bioenergie genutzt werden. Dies könnte die weltweite **Steigerungsrate für Energieeffizienz** (SDG 7.3) positiv beeinflussen. Gleichmaßen kann sich eine effiziente Nutzung biogener Rohstoffe hierauf positiv auswirken.

4.4.2.8 SDG 8 „Menschenwürdige Arbeit & Wirtschaftswachstum“

Mit Blick auf die Situation in Deutschland bzw. Europa zeigt die Wirkungskettenanalyse zu SDG 8 zunächst eine Reihe möglicher Synergien.

Der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum in Deutschland / Europa wirkt in der Regel positiv auf das **inländische Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum** (SDG 8.1) aus.

³⁶ Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass es bei hitzeresistenten Sorten zu einem langsameren Wachstum kommen kann (vgl. langsam wachsende Kiefern oder Korkeichen). Das würde schließlich zu weniger Biomasse bzw. zu einem größeren Flächenbedarf führen, wodurch der geringere spezifische Wasserbedarf als ursprünglicher Vorteil von hitzeresistentem Mais konterkariert werden kann.

Darüber hinaus kann dies eine Förderung von Politiken bewirken, die produktive Tätigkeiten, die **Schaffung menschenwürdiger Arbeitsplätze**, Unternehmertum, Kreativität und Innovation unterstützen (SDG 8.3). Darüber hinaus wirkt sich der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum in Deutschland / Europa positiv auf das Ziel einer **produktiven Vollbeschäftigung** (SDG 8.5) aus und fördert ferner Politiken, die produktive Tätigkeiten, die Schaffung menschenwürdiger Arbeitsplätze, Unternehmertum, Kreativität und Innovation unterstützen (SDG 8.6). Es ist jedoch zu erwarten, dass diese zu erwartenden positiven Effekte allenfalls in **Deutschland / Europa** realisierbar sind.

Andererseits birgt eine weitere Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und des wirtschaftlichen Wachstums in Deutschland / Europa in der globalen Perspektive das Risiko, dass dies aufgrund der **Exportstärke** von Deutschland / Europa zu Lasten der jeweiligen Volkswirtschaften in Ländern des Globalen Südens geht. Dadurch könnte das Wachstum des Bruttoinlandsprodukts in den am wenigsten entwickelten Ländern (SDG 8.1) beeinträchtigt werden. Ferner kann eine solche Entwicklung das Ziel behindern, in Ländern des Globalen Südens die Zwangs- und Kinderarbeit einzudämmen bzw. abuschaffen (SDG 8.7).

4.4.2.9 SDG 9 „Industrie, Innovation & Infrastruktur“

Die Wirkungskettenanalyse für SDG 9 birgt bei einer globalen Betrachtungsweise eine Reihe möglicher Zielkonflikte. So kann eine Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur dem Ziel entgegenstehen, den Anteil der Industrie an der Beschäftigung und am Bruttoinlandsprodukt zu erhöhen, wobei insbesondere in den am wenigsten entwickelten Ländern das Ziel gefährdet werden könnte, den **Anteil der Beschäftigung im Industriesektor** zu verdoppeln (SDG 9.2) Dies gilt insbesondere dann, wenn sich der gegenwärtige Status quo fortschreibt, dass in den Ländern des Globalen Südens v.a. der Biomasseanbau stattfindet, während die **industrielle Wertschöpfung in erster Linie in den Ländern des Globalen Nordens** erfolgt.

Ein Zielkonflikt besteht insbesondere dann, wenn der Ausbau der technologischen Kapazitäten der Industriesektoren v.a. in den Industrieländern stattfindet und aufgrund eines **fehlenden Technologietransfers** das Ziel verfehlt wird, die wissenschaftliche Forschung und die technologischen Kapazitäten der Industriesektoren insbesondere in den Ländern des Globalen Südens auszubauen (SDG 9.5). Falls es hingegen zu solchen Technologietransfers kommt und dadurch die technologischen Kapazitäten in den Ländern des Globalen Südens ausgebaut werden, kann von einer synergistischen Wirkung der Bioökonomie-Ziele auf die SDG 9 ausgegangen werden.

Weiterhin würde die Umsetzung des Bioökonomie-Ziels, die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen zu reduzieren, eine hochwertige, verlässliche, nachhaltige und **widerstandsfähige Infrastruktur** fördern (SDG 9.4). Gleichmaßen würde sich eine effiziente Nutzung biogener Rohstoffe positiv darauf auswirken, die vorhandene Industrieinfrastruktur zu modernisieren, um sie insgesamt mit einem effizienteren Ressourceneinsatz zu betreiben.

4.4.2.10 SDG 10 „Weniger Ungleichheiten“

Auch bei der Wirkungskettenanalyse für SDG 10 sind die Auswirkungen der Bioökonomie in Hinblick auf die inländische und eine globale Perspektive zu unterscheiden.

Bei einer nationalen Betrachtungsweise kann sich beispielsweise Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa positiv auf die Selbstbestimmung der Bürgerinnen und Bürger auswirken und ihre **soziale, wirtschaftliche und politische Inklusion** (SDG 10.2) fördern.

Andererseits besteht durch die Schaffung von attraktiven Arbeitsplätzen insbesondere in boomenden Ländern wie Deutschland das Risiko, dass diese Arbeitsplätze infolge des

Fachkräftemangels mit hochqualifizierte Menschen aus anderen Ländern besetzt werden und es sukzessive zu einem **intellektuellen „Ausbluten“ (brain drain)** in den Herkunftsländern kommt. Dies kann sich negativ auf das Ziel auswirken, schrittweise eine größere Gleichheit zwischen den Ländern des Globalen Nordens und des Globalen Südens herbeizuführen (SDG 10.4).

4.4.2.11 SDG 11 „Nachhaltige Städte & Gemeinden“

Die Wirkungskettenanalyse von SDG 11 zeigt überwiegend Synergien, aber auch Zielkonflikte. Wenn die Entwicklung und Etablierung regionaler Ernährungskreisläufe gelingt, z.B. durch innovative Ansätze wie Urbane Landwirtschaft, Hydrokulturen und Aquaponics, kann dadurch die Verstädterung inklusiver und nachhaltiger gestaltet werden (SDG 11.3). Darüber hinaus trägt eine solche Entwicklung dazu bei, positive wirtschaftliche, soziale und ökologische Verbindungen zwischen städtischen, stadtnahen und ländlichen Gebieten herzustellen (SDG 11.a, siehe hierzu Wolff & Mederake 2019). Eine solche Verknüpfung von Stadt und Land, die Stärkung des Urban-Rural Nexus, bietet insbesondere (aber nicht nur) Ländern des Globalen Südens die Chance, Städte als „Marktplatz“ für die biogenen Rohstoffe der angrenzenden ländlichen Gebiete (wieder) zu etablieren und dadurch die Wertschöpfung der Region insgesamt zu steigern (UN Habitat 2018).

Durch eine Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen und den Einsatz von biogenen Rohstoffen im Gebäudesektor kann darüber hinaus das Ziel befördert werden, den Bau nachhaltiger und widerstandsfähiger Gebäude unter Nutzung einheimischer Materialien zu steigern (SDG 11.c).

Unter der Annahme, dass die Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft voraussichtlich mit den Mitteln einer input-intensiven und stark exportorientierten Bewirtschaftungsform mit einem hohen Anteil an **Monokulturen** erfolgen wird, besteht allerdings das immanente Risiko, den Schutz des Weltnaturerbes (SDG 11.4) zu gefährden sowie die Zahl der durch Katastrophen, einschließlich Wasserkatastrophen, bedingten Todesfälle und der davon betroffenen Menschen zu erhöhen (SDG 11.5) sowie den Zugang zu sicheren, inklusiven und zugänglichen Grünflächen (SDG 11.7) einzuschränken.

4.4.2.12 SDG 12 „Nachhaltiger Konsum & Produktion“

Auch die Wirkungskettenanalyse von SDG 12 zeigt gravierende Zielkonflikte. So wird sich Wirtschaftswachstum in Deutschland / Europa voraussichtlich negativ auf die Etablierung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster auswirken (SDG 12.1), wenn dieses Wachstum wie bisher v.a. durch die Entwicklung und Produktion und Konsum von Gütern mit jeweils **relativ kurzen Nutzungsdauern und immer kürzeren Innovationszyklen** generiert wird. Bisher ist zumindest nicht erkennbar, dass durch den Einsatz von biogenen Rohstoffen eine Aufweichung dieses Paradigmas in die Richtung von stärker zirkulär ausgerichteten Produktionsweisen und Konsummustern geführt hat. Eine Fortschreibung dieser Entwicklung wird sich voraussichtlich negativ auf eine nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen (SDG 12.2) auswirken.

Weiterhin birgt eine Produktionssteigerung bei einer input-intensiven und stark exportorientierten Bewirtschaftungsform das Risiko, dass die gegenwärtige **Nahrungsmittelverschwendung** auf Einzelhandels- und Verbraucherebene und die entlang der Produktions- und Lieferkette entstehenden Nahrungsmittelverluste v.a. aufgrund von geplanter Überproduktion (siehe Gustavsson 2011) nicht verringert werden können (SDG 12.3). Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass diese Bewirtschaftungsform einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien (z.B. synthetische Dünger, Pflanzenschutzmittel) eher erschwert und die **Freisetzung von Chemikalien in Luft, Wasser und Boden** (SDG 12.4) tendenziell noch zunehmen wird.

Grundsätzlich verschärft sich dieser Zielkonflikt durch Ernährungsweisen mit einem hohen Konsum von Fleisch und tierischen Fetten / Eiweißen. Der Konsum von solchen Lebensmitteln verursacht weltweit gravierende Umweltbelastungen, sowohl durch den großen Flächenbedarf für den Anbau von Futtermitteln als auch durch die Nährstoffeinträge aus Wirtschaftsdüngern (Derini 2019, UBA 2019).

Synergien in Hinblick auf nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster (SDG 12.1) und eine nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen (SDG 12.2) könnten sich hingegen durch die im Rahmen einer „wissensbasierte Bioökonomie“ vorgesehenen Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation ergeben. Dies ist aber nur dann erreichbar, wenn der **Ansatz „produce more from less“** stärker betont wird und auch Elemente sozialer Bildung und ein gesteigertes Umweltbewusstsein von Konsumentinnen und Konsumenten Teil einer „wissensbasierten Bioökonomie“ sind, um deren Einbettung in eine Nachhaltige Entwicklung zu befördern. Darüber hinaus kann **Qualifikation zu bioökonomischen Themen** förderlich sein, um in der Bevölkerung das Bewusstsein für nachhaltige Entwicklung allgemein und eine Lebensweise in Einklang mit der Natur zu verbessern (SDG 12.8).

4.4.2.13 SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“

Bei der Wirkungskettenanalyse von SDG 13 zeigt sich erneut ein Zielkonflikt, der sich aus der Steigerung der Produktion einer hochtechnisierten Agrar- und Forstwirtschaft ableiten lässt. Auch in diesem Zusammenhang birgt diese Bewirtschaftungsform mit ihren Monokulturen das Risiko, dass die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen (SDG 13.1) nicht gestärkt werden kann, sondern eher noch zunehmen wird. Es bestehen insbesondere Zielkonflikte und erhöhte Treibhausgasemissionen durch **Änderung in Flächennutzung** im Falle eines großflächigen Anbaus von Biokraftstoffen der ersten und zweiten Generation. Ein solcher Anbau würde zwar den Anteil erneuerbarer Energien erhöhen (SDG 7.2), hat aber negative Auswirkungen auf den globalen Klimaschutz.

Andererseits bietet die **Reduzierung von fossilen Rohstoffen** und der Wechsel der Rohstoffbasis einen wichtigen Ansatzpunkt, um Klimaschutzmaßnahmen in die nationalen Politiken, Strategien und Planungen einzubeziehen (SDG 13.2).

4.4.2.14 SDG 14 „Leben unter Wasser“

Falls es gelingt, die im Rahmen einer Bioökonomie angestrebte Steigerung der Produktion in Fischerei und Aquakultur nachhaltig auszurichten, z.B. durch **alternative Futtermittel** und **stoffverlustminimierte Anlagen**, kann dies dazu beitragen, die Meeres- und Küstenökosysteme nachhaltig zu bewirtschaften und zu schützen (SDG 14.2) sowie die wirtschaftlichen Vorteile für die kleinen Inselländer und die am wenigsten entwickelten Länder des Globalen Südens zu erhöhen (SDG 14.7).

Andernfalls zeigt die Wirkungskettenanalyse für SDG 14 für eine Steigerung der Produktion einer Fischerei und Aquakultur, wie sie gegenwärtig dominiert, eher Zielkonflikte auf. Dazu gehören insbesondere das Risiko zur Meeresverschmutzung, insbesondere hinsichtlich **Meeresmüll** (z.B. durch Fischernetze) und **Nährstoffbelastung** (z.B. durch Nährstoffe und Antibiotika aus Aquakulturanlagen) beizutragen (SDG 14.1) sowie Überfischung und ggf. **zerstörerischen Fangpraktiken** nicht entgegenzuwirken (SDG 14.4).

4.4.2.15 SDG 15 „Leben an Land“

Die Wirkungskettenanalyse zu SDG 15 zeigt erneut, dass bei einer Steigerung der Land- und Forstwirtschaft in den gegenwärtig vorherrschenden Bewirtschaftungsformen mit Zielkonflikten und daraus resultierenden Gefährdungen gerechnet werden muss.

Dies betrifft eine nachhaltige **Nutzung der Land- und Binnensüßwasser-Ökosysteme** und ihrer Dienstleistungen, insbesondere der Wälder, der Feuchtgebiete sowie der Berge und der Trockengebiete sowie ihre Fähigkeit, positive Beiträge für eine nachhaltige Entwicklung zu erbringen (SDG 15.1, SDG 15.2, SDG 15.4). Durch die gegenwärtigen Bewirtschaftungsformen kommt es zu einer Verringerung der Vielfalt von Kulturpflanzen, wildlebenden Verwandten und domestizierten Arten. Dadurch werden Agrarökosysteme weniger widerstandsfähig gegen die Folgen des Klimawandels sowie gegenüber Schädlingen und Krankheitserregern, mit potenziell negativen Auswirkungen für den Kampf gegen den Hunger. Fortschreitender Klimawandel wiederum wird negative Auswirkungen auf genetische Vielfalt von Nutzpflanzen haben (IPBES 2019). Eine nicht-nachhaltige Produktionssteigerung wird folglich auch auf das Ziel der **Bekämpfung der Wüstenbildung** und der Sanierung von geschädigten Flächen und Böden (SDG 15.3) negativ wirken sowie den Verlust der biologischen Vielfalt (SDG 15.5) befördern. Ferner birgt eine unregelte Produktionssteigerung der Land- und Forstwirtschaft das Risiko einer nicht nachhaltigen Nutzung biogener Ressourcen. Dies kann es deutlich erschweren, in Ländern des Globalen Südens die **Wilderei und den Handel mit geschützten Pflanzen- und Tierarten** einzudämmen (SDG 15.7).

Ein weiterer Zielkonflikt ergibt sich aus der Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren. Falls es in der Folge dieser Entwicklung zu einer weitreichenden **Patentierung und Vermarktung durch multinationale Unternehmen** kommen sollte, wird sich dies voraussichtlich negativ auf eine ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile auswirken und den angemessenen Zugang zu diesen Ressourcen (SDG 15.6) erschweren.

4.4.2.16 SDG 16 „Frieden, Gerechtigkeit, starke Institutionen“

Auch bei der Wirkungskettenanalyse für SDG 16 wurden Zielkonflikte identifiziert. Wie bereits bei SDG 6 festgestellt, kann die Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur und der damit verbundene weiter zunehmende Wasserbedarf dazu führen, Konflikte um die immer knapper werdende Ressource Wasser und damit das Risiko kriegerischer Gewalt und gewaltbedingter Sterblichkeit im globalen Maßstab zu erhöhen (SDG 16.1). Das mit einer Ausweitung der Anbauflächen in den Ländern des Globalen Südens oftmals einher gehende Problem des „Landgrabblings“ (Gottwald und Budde 2016) kann zudem negative Auswirkungen auf die Förderung der Rechtsstaatlichkeit auf nationaler und internationaler Ebene (SDG 16.3) haben. Landgrabbing konterkariert damit auch den Aufbau leistungsfähiger, rechenschaftspflichtiger und transparenter Institutionen auf allen Ebenen (SDG 16.5), insbesondere in den Ländern des Globalen Südens. Leistungsfähige Institutionen könnten die internationale Zusammenarbeit beim Kapazitätsaufbau auf allen Ebenen unterstützen und zur Verhütung von Gewalt und zur Bekämpfung von Terrorismus und Kriminalität unterstützen (SDG 16.a). Zudem könnten sie nichtdiskriminierende Rechtsvorschriften und Politiken zugunsten einer nachhaltigen Entwicklung fördern und durchsetzen (SDG 16.b).

Vor diesem Hintergrund besteht jedoch ein grundsätzliches Problem darin, dass derzeitige Institutionen, z.B. die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU, diesbezüglich deutliche Defizite aufweisen. Sie sind oft stark fragmentiert, haben Defizite bei der Definition öffentlicher Güter im privaten Bodeneigentumsrecht und ungenügende Mechanismen für den Bodenschutz (Juergens und Hansjürgens, 2018).

4.4.2.17 SDG 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“

Die Wirkungskettenanalyse zu SDG 17 zeigt gleichermaßen Potenziale für Synergien und Zielkonflikte, wobei die Ausgestaltung internationaler Handelsbeziehungen sowie von Know-how-

und Wissenstransfer einen großen Einfluss darauf haben, ob sich eher Synergien oder Zielkonflikte ergeben werden.

In Hinblick auf Synergien kann die im Rahmen einer „wissensbasierten Bioökonomie“ angestrebte Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation im Falle von internationalen Kooperationen und Know-how-Transfer dazu beitragen, die Nord-Süd- und Süd-Süd-Zusammenarbeit (siehe von Braun 2018) und Dreieckskooperation im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation verbessern (SDG 17.6). Gleiches gilt für den Transfer, die Verbreitung und die Diffusion von umweltverträglichen Technologien (SDG 17.7), Mechanismen zum Kapazitätsaufbau für Wissenschaft, Technologie und Innovation für die am wenigsten entwickelten Länder (SDG 17.8) sowie internationale Unterstützung für die Durchführung eines effektiven und gezielten Kapazitätsaufbaus in den Ländern des Globalen Südens (SDG 17.9). Falls jedoch Patentierungen und proprietäre Nutzung der Ergebnisse aus den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dominieren, ist eher von einem negativen Einfluss auf die o.g. Ziele auszugehen.

Letztlich ist es stark von der Ausgestaltung der Partnerschaften abhängig, ob Synergien oder Zielkonflikte dominieren werden. Wichtige Aspekte in diesem Zusammenhang sind eine Gleichberechtigung aller Partner und insbesondere die Inklusion wirtschaftlich schwächerer Akteure.

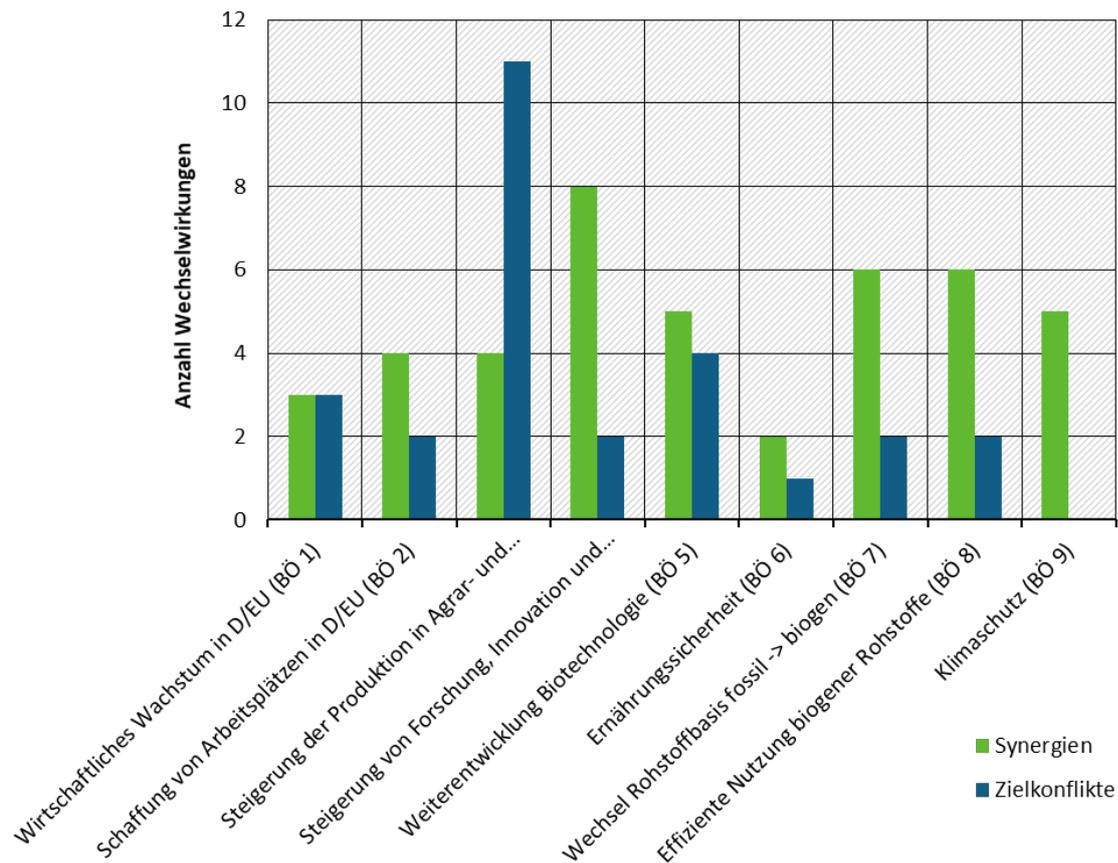
Ebenso kann die Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (z.B. „weiße“ Biotechnologie) im Falle von internationalen Kooperationen und Know-how-Transfer dazu beitragen, die o.g. Unterziele SDG 17.6 – 17.9 zu befördern. Falls hingegen auch hier eher Patentierungen und proprietäre Nutzung der Ergebnisse aus den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dominieren, ist tendenziell von einem negativen Einfluss auf die o.g. Ziele auszugehen.

Weiterhin bietet der Wechsel von einer fossilen zu einer biogenen Rohstoffbasis die Chance, dass Länder des Globalen Südens ihre Exporte deutlich steigern (SDG 17.11) können. Falls diese Steigerung der Exporte jedoch nicht mit einer höheren Wertschöpfung im Inland verbunden ist und die Länder des Globalen Südens lediglich als reine Rohstofflieferanten der Länder des Globalen Nordens dienen, sind eher Zielkonflikte zu erwarten. Diese können insbesondere dann besonders gravierend werden, wenn aufgrund von Wirtschaftswachstum in Deutschland / Europa und dadurch generierte Exportüberschüsse in boomenden Ländern des Globalen Norden das Problem der Auslandsverschuldung in Ländern des Globalen Südens nicht gelindert, sondern weiter verschärft wird (SDG 17.4).

4.4.3 Diskussion der Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse

Wie die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse zeigen, konnten zahlreiche Querbezüge zwischen den Bioökonomie-Zielen und den UN-Nachhaltigkeitszielen identifiziert werden. Wie schon aus dem Überblick in Tabelle 2 hervorgeht, können sich bei den meisten Bioökonomie-Zielen sowohl Synergien, als auch Zielkonflikte ergeben. Allerdings sind in Hinblick auf die Frage, welche Art Wechselwirkung bei den einzelnen Bioökonomie-Zielen dominiert, erhebliche Unterschiede festzustellen (siehe folgende Abbildung 3).

Abbildung 3: Überblick der Wechselwirkungen geordnet nach Bioökonomie-Zielen



Quelle: Öko-Institut (eigene Darstellung)

Vor diesem Hintergrund lassen sich die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse grob in folgende drei Kategorien einteilen:

- ▶ Bioökonomie-Ziele, bei denen die Synergiepotenziale hinsichtlich der SDGs dominieren;
- ▶ Bioökonomie-Ziele, bei denen die potenzielle Zielkonflikte hinsichtlich der SDGs dominieren;
- ▶ Bioökonomie-Ziele, bei denen sich ein uneinheitliches Bild bezüglich des Auftretens von Synergien und Zielkonflikten ergibt.

Entsprechend dieses Rasters ergeben sich für die einzelnen Bioökonomie-Ziele folgende Einschätzungen:

Bioökonomie-Ziele, bei denen Synergien dominieren

In Hinblick auf vorhandene Synergien der Bioökonomie-Ziele mit den UN-Nachhaltigkeitszielen hat die durchgeführte Wirkungskettenanalyse gezeigt, dass der im Rahmen einer „wissensbasierten Bioökonomie“ angestrebte Ausbau von Forschung, Innovation und Qualifikation (Bioökonomie-Ziel 4) eine überwiegend positive Wirkung auf die SDGs entfalten kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass als Annahme und damit als notwendige Voraussetzung für das Entstehen von Synergiepotenzialen im globalen Maßstab die Inklusion der Länder des Globalen Südens (z.B. in Form von **Know-how- und Technologietransfers**) zu Grunde gelegt wird.

Weitere Synergien können sich insbesondere bei den Bioökonomie-Zielen 7, 8 und 9 ergeben. So bietet der Wechsel der Rohstoffbasis von fossilen zu biogenen Quellen Ansatzpunkte und Potenziale für die Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele. Neben einer Reduzierung der

Treibhausgasemissionen und einer Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am globalen Energiemix als trivialer Zusammenhang sind hier v.a. systemische Effekte zu nennen: So kann durch eine Diversifizierung im Rohstoffsektor technologische Modernisierung und Innovation auf der Ebene des gesamten Wirtschaftssystems gefördert sowie durch die damit verbundene Diversifizierung die Resilienz der Industrieinfrastruktur insgesamt gesteigert werden (SDG 9.4, siehe z. B. Lokko et al. 2018). Eine effiziente Nutzung biogener Rohstoffe (Bioökonomie-Ziel 8) kann sich in diesem Kontext ebenso positiv auswirken.

Da eine Umstellung der Rohstoffbasis von fossilen auf biogene Quellen jedoch eng mit einer Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei und Aquakultur verbunden ist, birgt dieser Ansatz auch immanente Risiken.

Bioökonomie-Ziele, bei denen Zielkonflikte dominieren

Bei den identifizierten Zielkonflikten ist zu beachten, dass es sich hierbei eher um Konflikte auf der Ebene der aus den Bioökonomie-Zielen abgeleiteten Maßnahmen handelt und man diese folglich eher als „Maßnahmenkonflikte“ bezeichnen sollte.

In diesem Sinne kann anhand der Wirkungskettenanalyse gezeigt werden, dass Zielkonflikte insbesondere von Bioökonomie-Zielen ausgehen, die auf Wirtschaftswachstum im Allgemeinen (Bioökonomie-Ziel 1) bzw. auf eine Produktionssteigerung in den Sektoren Agrar- /Forstwirtschaft bzw. Fischerei und Aquakultur (Bioökonomie-Ziel 3) ausgerichtet sind. Die Zielkonflikte bei Bioökonomie-Ziel 3 (Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft) lassen sich v.a. darauf zurückführen, dass die Steigerung der Produktion in diesen Sektoren voraussichtlich hauptsächlich im Rahmen der gegenwärtig vorherrschenden industriellen, **input-intensiven und stark exportorientierten Bewirtschaftungsform** erfolgen wird (siehe NABU 2018; Fatheuer 2018; Oxfam Deutschland 2016; NABU und WWF 2018; Steinbrecher 2018). Daraus können negative Auswirkungen auf zahlreiche SDGs (2, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15 und 16, siehe Tabelle 2) erwachsen.

Bioökonomie-Ziele mit uneinheitlichen Ergebnissen

Neben den oben dargestellten Querbezügen, bei denen sich überwiegend Synergien bzw. Zielkonflikte ergeben können, zeigen die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse oftmals auch ambivalente Wechselwirkungen zwischen den Bioökonomie-Zielen und der Agenda 2030. Dies bedeutet, dass bei einem Querbezug gleichermaßen Synergien und Zielkonflikte möglich sind, je nach Annahmen bzw. Randbedingungen für die jeweils betrachteten Szenarien. Dieser Zusammenhang konnte beispielhaft bei der Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (Bioökonomie-Ziel 5) beobachtet werden. So können sich im Falle von internationalen Kooperationen und Know-how-Transfer Synergien zu zahlreichen SDG-Unterzielen ergeben (siehe hierzu Kapitel 4.4.2.17). Falls hingegen Patentierungen und proprietäre Nutzung der Ergebnisse aus den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dominieren, sind eher Zielkonflikte zu erwarten. Weiterhin ergeben sich ambivalente Querverbindungen aus der Tatsache, dass die bestehende Literatur zu den Schnittstellenaspekten zwischen Bioökonomie und SDGs gegenwärtig noch nicht sehr umfangreich und z.T. widersprüchlich ist. Aufgrund dieser Quellenlage war es aus methodischer Sicht erforderlich, verschiedene mögliche Wechselwirkungen bei der Wirkungskettenanalyse in Form von Wenn-Dann-Szenarien zu untersuchen.

Weitere Schlussfolgerungen aus der Wirkungskettenanalyse

Grundsätzlich ist bei der vorgenommenen Wirkungskettenanalyse zu beachten, dass es sich bei den untersuchten **Bioökonomie-Zielen** in vielen Fällen um **postulierte Ziele** handelt, deren Erreichen durch eine entsprechende Ausgestaltung der Bioökonomie-Strategien auf nationaler wie internationaler Ebene noch sichergestellt werden muss. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist das

oftmals besonders hervorgehobene Ziel des Klimaschutzes. Hier zeigt die Analyse der Trends und Entwicklungslinien der Bioökonomie, dass bei einigen Trends³⁷ zwar Potenziale zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen vorhanden sind. Dies gilt jedoch nicht für alle untersuchten Trends und für die tatsächlichen Beiträge der Bioökonomie für einen wirksamen Klimaschutz wird daher von entscheidender Bedeutung sein, welche Trends sich letztendlich durchsetzen können.

In diesem Zusammenhang soll ferner darauf hingewiesen werden, dass auch **einige UN-Nachhaltigkeitsziele für sich genommen kritisch zu hinterfragen** sind. Ein Beispiel hierfür ist das Ziel, die Exporte in den Ländern des Globalen Südens deutlich zu erhöhen (SDG 17.11). Vor diesem Hintergrund könnte ein Wechsel von einer fossilen zu einer biogenen Rohstoffbasis uneingeschränkt positiv im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung interpretiert werden, bietet dieser für Länder des Globalen Südens doch die (vermeintliche) Chance, ihre Exporte mengenmäßig deutlich steigern zu können. Eine Steigerung der reinen Exportvolumina würde zwar nominal für die Erreichung von SDG 17.11 (siehe oben) genügen, lässt dabei aber außer Acht, dass für eine tatsächlich nachhaltigere Ausrichtung der gegenwärtigen Handelspolitik v.a. auch Maßnahmen und Initiativen (wie der „Marshallplan für Afrika“³⁸ des BMZ) gehören, welche darauf abzielen, die Wertschöpfung in den exportierenden Ländern vor Ort deutlich verbessern.

4.5 Abgleich zwischen Bioökonomie und nationalen umweltpolitischen Agenden

Im Rahmen des vorliegenden Abschnitts wird untersucht, inwieweit Querbezüge – insbesondere Synergien und Zielkonflikte – zwischen Zielen und Strategien der Bioökonomie einerseits und nationalen umweltpolitischen Agenden andererseits bestehen.

Als umweltpolitische Agenden wurden folgende nationale Programme und Strategien ausgewählt:

- ▶ Überarbeitete Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie in der Fassung von 2018
- ▶ Integriertes Umweltprogramm
- ▶ Klimaschutzplan 2050
- ▶ Nationales Programm für nachhaltigen Konsum
- ▶ ProgRess II
- ▶ Naturschutz-Offensive 2020 (als Umsetzung der Nationalen Strategie für biologische Vielfalt)
- ▶ Waldstrategie 2020
- ▶ Agrarpolitisches Leitbild

Im Mittelpunkt stehen Wirkungen der Bioökonomie-Ziele (positiv/ Synergie und/oder negativ/ Konflikt) auf Ziele der nationalen umweltpolitischen Agenden. Betrachtet werden

³⁷ Beispiele hierfür sind die Zunahme der Herstellung von Biokerosin aus Algenbiomasse sowie die Zunahme strombasierter Brennstoffe oder Chemikalien auf Basis erneuerbarem Strom (PtX).

³⁸ Ziel des „Marshallplan für Afrika“ ist es, eine Wirtschaftspolitik zu fördern, „deren Schwerpunkte die Diversifizierung der Wirtschaft, der Aufbau von Produktionsketten, die gezielte Förderung von Landwirtschaft sowie kleinen und mittleren Unternehmen, die Aufwertung des Handwerks und damit die Schaffung eines neuen Mittelstands sind.“ (BMZ 2017)

Wechselwirkungen „erster Ordnung“, komplexe indirekte Wechselwirkungen werden nicht betrachtet. Weiterhin erfolgt lediglich eine qualitative Beschreibung möglicher (In-)Kohärenz.

Für die jeweiligen nationalen umweltpolitischen Agenden wurden jeweils wesentliche Ziele und Maßnahmen mit Bezug zur Bioökonomie identifiziert. Zum Teil weisen die Agenden lediglich „Handlungsfelder“, „Handlungsansätze“ und anstatt konkreter Maßnahmen oder Ziele „Lösungsansätze“ auf. Sie unterscheiden sich mithin zum Teil deutlich im Grad der Konkretisierung und Verbindlichkeit.

Ziele, die durch eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Strategien und Maßnahmen verfolgt werden, wurden nicht in die Wirkungskettenanalyse aufgenommen, da mögliche Synergien und Konflikte nicht klar zu beschreiben sind bzw. die Analyse sehr viel detaillierter erfolgen müsste, als es in dem Rahmen des Vorhabens möglich ist.

4.5.1 Ziele und Strategien nationale umweltpolitische Agenden

4.5.1.1 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Aktualisierung 2018)

Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DNS), die Strategie zur Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung in Deutschland, umfasst einen Kanon von Zielen, Indikatoren und Maßnahmen und beschreibt das institutionelle Gefüge, in dem die Umsetzung der Agenda 2030 in Deutschland verfolgt wird. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie wurde im Jahr 2018 aktualisiert und vom Bundeskabinett verabschiedet.

Die Agenda 2030 und die durch sie definierten Sustainable Development Goals (SDGs) werden in der DNS direkt umgesetzt, die übergreifenden Ziele der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sind damit kongruent mit den bereits in Kap. 4.4 betrachteten SDGs. In Deutschland werden eigene Schwerpunkte gesetzt und sehr konkrete auf Deutschland bezogene Indikatoren und Maßnahmen beschrieben, wodurch sich die Konkretisierung der einzelnen SDGs je nach Land unterscheiden kann. Für die Analyse der Wechselwirkungen mit den Bioökonomie-Zielen wird hier der Fokus auf die Ebene der Indikatoren und Maßnahmen gelegt.

Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (2018) umfasst insgesamt 70 Indikatoren in 38 Bereichen. Nicht alle von den einzelnen Ressorts verfolgten und in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie beschriebenen Maßnahmen sind in den Indikatoren reflektiert.

Um die Wechselwirkungen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie mit den Zielen der Bioökonomie zu identifizieren, wurde zunächst eine Experteneinschätzung zu den Bezügen der 70 Indikatoren zur Bioökonomie vorgenommen. Ein Bezug besteht bei knapp 30 Indikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie. Diese Einschätzung ist in Anlage C.4 eines separaten Arbeitspapiers³⁹ dokumentiert. Die Ressort-Maßnahmen, die keinen Zielen direkt zugeordnet sind, wurden nicht betrachtet.

4.5.1.2 Integriertes Umweltprogramm

Das vom Bundesumweltministerium vorgelegte Integrierte Umweltprogramm 2030 beschreibt langfristige programmatische Aufgaben und Ziele der Umweltpolitik. Das Integrierte Umweltprogramm ist bewusst auf alle gesellschaftlichen Bereiche und damit ressortübergreifend ausgerichtet. Es formuliert Visionen, Grundsätze und Aufgaben, die Orientierung für politisches Handeln geben sollen. Als Kernprinzip wird die Orientierung an „ökologischen Grenzen“ und einer

³⁹ Dieses Arbeitspapier ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

„sozial-ökologischen Marktwirtschaft und einer nachhaltigen Gesellschaft“ in einem „sicheren Handlungsraum“ propagiert.

Die Erarbeitung eines integrierten Umweltprogramms war Teil des Koalitionsvertrags der Bundesregierung der Legislaturperiode 2013-2017.

Das Integrierte Umweltprogramm definiert Leitziele in fünf Schwerpunkten, in denen der größte Veränderungsbedarf gesehen wird. Die Leitziele haben visionären/ programmatischen Charakter und gehen über die enge Zuständigkeit des Umweltministeriums hinaus. Gleichwohl werden konkrete Maßnahmen je Leitziel sowie einige Einzelmaßnahmen beschrieben, die das Umweltministerium umsetzen möchte.

Die Leitziele in den fünf Schwerpunkten sowie wichtige dazugehörige Maßnahmen wurden hinsichtlich eines prinzipiellen Bezugs zu den Bioökonomie-Zielen bewertet (siehe Anlage C.5 des o.g. Arbeitspapiers). Für die Maßnahmen mit prinzipiellem Bezug erfolgte eine tiefergehende Analyse der möglichen Wirkungen der Bioökonomie.

4.5.1.3 Klimaschutzplan 2050

Der Klimaschutzplan wurde vom Bundeskabinett im November 2016 beschlossen und beschreibt Herausforderungen und grundsätzliche Fahrpläne für die nationalen Klimaschutzziele bis zum Jahr 2050 „im Einklang mit dem Übereinkommen von Paris“ mit dem langfristigen Ziel eines „treibhausgasneutralen Deutschlands“.

Der Klimaschutzplan soll für verschiedene Handlungsfelder Orientierung hinsichtlich der jeweils umzusetzenden Ziele und Maßnahmen bieten. Der Klimaschutzplan betrachtet folgende Handlungsfelder: Energiewirtschaft, Gebäude, Mobilität, Industrie/Wirtschaft sowie Landwirtschaft und Landnutzung/Forstwirtschaft. Übergreifend und für die Handlungsfelder wird jeweils eine Vision für das Jahr 2050 definiert. Für das Jahr 2030 werden Meilensteine und Maßnahmen formuliert. Ein Merkmal des Klimaschutzplans ist eine Quellenorientierung. Das heißt, dass Handlungsfelder jeweils hinsichtlich der dort direkt entstehenden THG-Emissionen betrachtet werden.

Der Klimaschutzplan soll hierbei die Erfordernisse der Agenda 2030 berücksichtigen. Auch wird ein Bezug zur ‚Nationalen Politikstrategie Bioökonomie‘ (BMEL 2014) hergestellt: Der Klimaschutzplan soll helfen, „Handlungsspielräume und -vorschläge zu identifizieren“, die eine Realisierung der Ziele der verschiedenen Politikstrategien ermöglicht.

Neben dem für den Klimaschutz essenziellen Umbau der Energiesysteme, nimmt der Klimaschutzplan auch Bezug auf eine „Modernisierung hin zu einer auf erneuerbaren Rohstoffen, [...] und Materialien basierenden Infrastruktur“, insbesondere durch umfangreiche Investitionen.

Anlage C.6 des o.g. Arbeitspapiers enthält eine Auswahl der Ziele des Klimaschutzplans 2050, die im weitesten Sinn mit Bioökonomie-Zielen in Verbindung stehen könnten. Durch die z.T. vagen Aussagen des Klimaschutzplans können nur Zielorientierungen abgeleitet werden.

4.5.1.4 Waldstrategie 2020

Der Wald erfüllt vielfältige ökologische und gesellschaftliche Funktionen. Damit gehen auch sehr unterschiedliche Erwartungen und Ansprüche an dessen Gestaltung, Nutzung und Bewahrung einher. Die Waldstrategie 2020 der Bundesregierung soll vornehmlich einen Beitrag zur Auflösung der sich aus den unterschiedlichen Ansprüchen ergebenden Zielkonflikte leisten und entfaltet damit offenbar nicht die gleiche Verbindlichkeit wie Zielsetzungen in anderen nationalen umweltpolitischen Agenden: „Ziel ist es, Wege zu einer tragfähigen Balance zwischen den steigenden Ansprüchen an den Wald und seiner nachhaltigen Leistungsfähigkeit aufzuzeigen. [...] In

neun Handlungsfeldern werden bestehende Herausforderungen und Chancen benannt, mögliche Zielkonflikte analysiert und Lösungsansätze formuliert“. Zu den Handlungsfeldern gehören u.a. „Rohstoffe, Verwendung und Effizienz“, „Schutz von Boden und Wasserhaushalt“, „Waldbau“ und „Klimaschutz“, welche jeweils einen Bioökonomie-Bezug aufweisen. Die Lösungsansätze sind nicht in jedem Fall widerspruchsfrei. Da ein darauf aufbauender Aushandlungsprozess noch nicht erfolgt ist, haben sie nicht den Konkretisierungsgrad von Zielen und Strategien der anderen nationalen umweltpolitischen Agenden.

Anlage C.7 des o.g. Arbeitspapiers enthält eine Auflistung wesentlicher „Lösungsansätze“ und potenzielle Bioökonomie-Bezüge.

4.5.1.5 Nationales Programm für nachhaltigen Konsum

Das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum adressiert den privaten Konsum als einen wichtigen Verursacher von Ressourceninanspruchnahme und Umweltauswirkungen. Mit dem Programm für nachhaltigen Konsum soll ein „Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele“ der Bundesregierung geleistet werden. Ausgehend von einem „Leitbild der Nachhaltigkeit“ werden Leitideen und Handlungsansätze formuliert. Diese Handlungsansätze und erreichten Fortschritte sollen in Zukunft in Form von Indikatoren weiter konkretisiert werden.

Die Leitideen sind:

19. Verbraucherinnen und Verbrauchern einen nachhaltigen Konsum ermöglichen
20. Nachhaltigen Konsum von der Nische zum Mainstream befördern
21. Teilhabe aller Bevölkerungsgruppen an nachhaltigem Konsum gewährleisten
22. Lebenszyklus-Perspektive auf Produkte und Dienstleistungen anwenden
23. Vom Produktfokus zur Systemsicht und vom Verbraucher zum Nutzer

Anlage C.8 des o.g. Arbeitspapiers enthält eine Auflistung wesentlicher Handlungs- und Bedürfnisfelder und potenzielle Bioökonomie-Bezüge.

4.5.1.6 ProgRess II

Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm hat in seiner Fortsetzung (ProgRess II) weiterhin das Ziel die „Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette“ zu steigern. Ein Fokus liegt auf der stofflichen Nutzung von abiotischen und biotischen Rohstoffen.

Ausgeklammert sind explizit Nahrungs- und Futtermittel und die energetische Nutzung biotischer Rohstoffe.

Anlage C.9 des o.g. Arbeitspapiers enthält eine Auflistung wesentlicher Handlungsansätze und potenzielle Bioökonomie-Bezüge.

4.5.1.7 Naturschutz-Offensive 2020

Die Naturschutz-Offensive 2020 stellt das BMU-Handlungsprogramm im Rahmen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt dar. Ausgehend von der Priorisierung von ca. 330 Zielen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt konkretisiert die Naturschutz-Offensive Handlungsfelder, in denen bis 2020 „deutliche Fortschritte erzielt werden sollen“.

Anlage C.10 des o.g. Arbeitspapiers enthält eine Auflistung wesentlicher Handlungsfelder und zugehöriger Maßnahmen mit potenziellen Bioökonomie-Bezügen.

4.5.1.8 Agrarpolitisches Leitbild

Das agrarpolitische Leitbild der Bundesregierung ist im Agrarpolitischen Bericht der Bundesregierung 2015 beschrieben und wird in fünf agrarpolitischen Zielen konkretisiert (vgl. Anlage C.10 des o.g. Arbeitspapiers):

1. Vitale ländliche Räume mit wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Entwicklungsperspektiven
2. Leistungs- und wettbewerbsfähige Land- und Ernährungswirtschaft
3. Umwelt- und ressourcenschonende Wirtschaftsweise
4. Beitrag zur Sicherung der Welternährung
5. Tragfähige Balance zwischen den steigenden Ansprüchen der Gesellschaft an den Wald und seiner nachhaltigen Leistungsfähigkeit
6. Nachhaltige Fischerei auf See und im Binnenland

4.5.2 Konsolidierte Ziele / Maßnahmen nationaler umweltpolitischer Agenden

Da es vielfältige Überschneidungen zwischen den nationalen umweltpolitischen Agenden gibt, wurden die identifizierten Ziele vor der Wirkungsanalyse zunächst konsolidiert, um gleichgerichtete Ziele der verschiedenen Strategien zusammenzutragen (siehe Anlage C.2 des o.g. Arbeitspapiers).

4.5.3 Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse

Analog zur Auswertung in Kap. 4.3, erfolgte für die Ziele / Maßnahmen jeweils eine grundsätzliche Einschätzung der zu erwartenden Synergien / Zielkonflikte durch die Umsetzung der Bioökonomie-Ziele. Diese aufgrund der Vielzahl bewerteter Ziele sehr umfangreiche Auswertung findet sich in Anlage C.3 des o.g. Arbeitspapiers.

Für die Fälle, in denen mögliche Wechselwirkungen erwartet werden, erfolgte dann abschließend eine thesengeleitete Wirkungskettenanalyse. Die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse sind in Anlage C.1 des Arbeitspapiers enthalten.

4.5.3.1 Bioökonomie-Ziel 1 „Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und wirtschaftliches Wachstum in D/EU“

Synergien mit den verschiedenen Einzelzielen der nationalen umweltpolitischen Agenden sind in dem Maße zu erwarten, wie Wirtschaftswachstum und ein Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit mit der Etablierung bioökonomischer, wirtschaftlicher und öffentlicher Aktivitäten tatsächlich erreicht werden können. Positive Beiträge sind beispielsweise zu erwarten in Bezug auf die Begrenzung des Staatsdefizits (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie), die Steigerung des BIP je Einwohner, die Erhöhung der Erwerbstätigenquote und natürlich das Ziel der Wettbewerbsfähigkeit selbst. Für das Ziel „Strukturwandel in Regionen ökologischer Modernisierung nachhaltig begleiten“ sind Synergien möglich, wenn Wettbewerbsfähigkeit durch gezielte und spezifische Maßnahmen und in Hinblick auf regionale Entwicklung gesteuert wird.

Für eine Reihe von Zielen, auch mit grundsätzlichem Bezug zu Wirtschaftswachstum, sind die Effekte nicht so eindeutig und hängen maßgeblich von der konkreten Ausgestaltung / Steuerung ab, insbesondere in Bezug auf die nachhaltige Ausrichtung. So dürfte Wirtschaftswachstum zunächst die Etablierung neuer Geschäftsmodelle in Wirtschaft und Finanzwirtschaft erleichtern. Da es jedoch explizit um die Etablierung „nachhaltiger Geschäftskonzepte“ geht, ist eine positive Wirkung nur zu erwarten, wenn entsprechende Anreize und Rahmenbedingungen gesetzt sind. Ähnlich verhält es sich mit „fairen Erzeugerpreisen und einem sicheren Einkommen für Landwirte“, „hohe Umwelt- und Nachhaltigkeitsstands für Wirtschaftsabkommen“, der Etablierung

einer „sozial-ökologischen Marktwirtschaft“ und den Effekten für einen „Nationalen Wohlfahrtsindex“ jenseits des BIP.

Ein direkter Konflikt ist in Bezug auf die Minderung von THG-Emissionen gegeben. Wirtschaftswachstum führt ceteris paribus zu einem Anstieg von THG-Emissionen aus zusätzlichen wirtschaftlichen oder staatlichen Aktivitäten.

4.5.3.2 Bioökonomie-Ziel 2 „Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa (insbesondere im ländlichen Raum)“

Von der Schaffung von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum dürften überwiegend positive Effekte auf die Ziele der nationalen umweltpolitischen Agenden ausgehen, insbesondere die übergreifende nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Solch positive Effekte sind in Bezug auf die Steigerung des BIP je Einwohner, den Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI), die Erhöhung der Erwerbstätigenquote (in Bezug auf ältere Menschen ggfs. bei Beachtung zusätzlicher Maßnahmen), die Etablierung einer sozial-ökologischen Marktwirtschaft, Strukturwandel in Regionen ökologischer Modernisierung und nicht zuletzt für die Beschäftigung im ländlichen Raum und die dortige Stärkung von Strukturen und Infrastruktur.

Negative Effekte sind durch ein insgesamt steigendes Konsumniveau in Folge von erhöhter Beschäftigung und dadurch insgesamt höhere verfügbare Einkommen möglich.

4.5.3.3 Bioökonomie-Ziel 3 „Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur“

Die Steigerung agrar- und forstwirtschaftlicher Produktion wirkt auf eine Vielzahl von Prozessen ein, die unmittelbar relevant für eine große Zahl von umweltpolitischen Zielen sind. Diese Wirkung dürfte ohne gezielte Steuerung in vielen Fällen negativ sein und damit auf Zielkonflikte zwischen diesem Bioökonomie-Ziel und Zielen der umweltpolitischen Agenden hindeuten. Insbesondere seien Konflikte in Bezug auf die Ziele „Verringerung des Stickstoffüberschusses“, „Erhöhung des Anteils des ökologischen Landbaus“, „Einhaltung Schwellenwerte Nitrat im Grundwasser“, „Minderung von THG-Emissionen“, „Anstieg Artenvielfalt und Landschaftsqualität“, „verbesserter Bodenschutz“, „keine Ausweitung der Anbauflächen von nachwachsenden Rohstoffen“, vielfältige Naturschutzziele wie „Ermöglichung von mehr Wildnis“, „naturnahe Bewirtschaftung von Wäldern“ genannt. Eine Produktionssteigerung in Agrar- und Forstwirtschaft geht mit zusätzlichem Flächen- und Ressourcenverbrauch sowie zusätzlichen Emissionen einher. Dies steht im direkten Zielkonflikt zu einer Vielzahl der verfolgten Ziele. Auch eine nachhaltige Bewirtschaftung, die über die Anforderungen des ökologischen Landbaus hinausgehen würde, ist nicht ohne Nebenwirkungen im Vergleich zu einer „Nicht-Nutzung“ von Flächen und Ökosystemen. Eine verträgliche Steigerung agrarwirtschaftlicher Produktion für nachwachsende Rohstoffe ist allenfalls denkbar, wenn die Nutzung landwirtschaftlicher Fläche für andere Zwecke deutlich reduziert würde; insbesondere für Futtermittel zur Fleischmassenproduktion, deren Anbau mit hohen Flächenverbräuchen einhergeht und damit Potenzial für Flächenreduktion bietet.

Bei einer gezielten Steuerung sind positive Synergien auf einzelne umweltpolitische Ziele möglich: „ökologischer Strukturwandel in Regionen begleiten“, „naturverträglicher Ausbau der erneuerbaren Energien“, „sicheres Einkommen für Landwirte“, „Ausweitung der Waldfläche bei nachhaltiger naturnaher Bewirtschaftung mit überwiegend heimischen Baumarten“.

4.5.3.4 Bioökonomie-Ziel 4 „Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation“

Investitionen in Forschung, Innovation und Qualifikation sind wesentliche Instrumente für die Sicherstellung eines positiven Beitrags der Bioökonomie zu nationalen umweltpolitischen Zielen und Strategien. Die Bioökonomie und deren Wechselwirkungen mit ökologischen Prozessen

sind von zahlreichen Zielkonflikten, Informations-, Qualifikations- und Bildungsdefiziten geprägt. Forschung, Entwicklung und Qualifikation, die gezielt die wesentlichen Herausforderungen, Zielkonflikte und Defizite adressieren, können damit synergistisch wirken.

Forschung und Innovation wirken jedoch nicht per se in diesem Sinne positiv. Ohne eine sehr gezielte Ausrichtung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sind auch negative Effekte und Zielkonflikte möglich, beispielsweise wenn neue Verfahren mit starken Umweltauswirkungen einhergehen, die bei der Entwicklung nicht bedacht wurden.

Gleichzeitig bedürfen viele Ziele der umweltpolitischen Agenden verbesserter Qualifikation und Information, beispielsweise zur Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings oder Kenntnisse zur natur- und wildnisnahen Bewirtschaftung in Land- und Forstwirtschaft. Forschungs-, Innovations- und Qualifikationsanstrengungen im Rahmen der Bioökonomie-Strategie sollten diesen Qualifikations- und Informationsbedarf der Nachhaltigkeitsziele mitberücksichtigen.

4.5.3.5 Bioökonomie-Ziel 5 „Weiterentwicklung Biotechnologie“

Die Weiterentwicklung biotechnologischer Verfahren kann potenziell auf einzelne Ziele der untersuchten umweltpolitischen Agenden wirken.

Die Wirkung hängt maßgeblich von der jeweils spezifisch verfolgten Zielsetzung und den im Ergebnis etablierten neuen Verfahren ab. Hierbei bestehen große Unterschiede und Unsicherheiten in Bezug auf die tatsächlichen, mit der Einführung neuer biotechnologischer Verfahren einhergehenden Auswirkungen.

Verfahren (z.B. in-vitro Fleischkultivierung), die konventionelle mit großen Flächenverbräuchen und Stoffeinträgen verbundene Verfahren ersetzen können, weisen ein großes Potenzial für Synergien mit Zielen der umweltpolitischen Agenden auf. Voraussetzung ist eine Analyse und ein Monitoring der (potenziellen) Auswirkungen (im Sinne einer Technikfolgenabschätzung), insbesondere für die Umsetzung in industriellen Maßstäben und den damit einhergehenden Energie- und Ressourcenbedarfen.

Der Einsatz von „Genome Editing“ (z.B. CRISPR/Cas9) für Pflanzen- und Tierzucht verspricht zwar einerseits Potenziale für die Reduktion umweltbezogener Belastungen auf (wie reduzierter Pestizideinsatz durch verbesserte Resistenzen), andererseits bestehen jedoch große Risiken in Bezug auf tatsächliche Auswirkungen auf Biodiversität und Ökosysteme und damit zentrale Ziele der nationalen umweltpolitischen Agenden. In der Naturschutz-Offensive 2020 wird explizit ein umfassender Ausschluss des Anbaus von gentechnisch veränderten landwirtschaftlichen Produkten angestrebt.

4.5.3.6 Bioökonomie-Ziel 6 „Ernährungssicherheit“

Der Beitrag einer Bioökonomie zur Ernährungssicherheit wird vor allem über den Ersatz von herkömmlichem tierischem Protein, insbesondere durch die Verarbeitung von Insekten, durch „in-vitro“ Fleischherstellung und die Nutzung pflanzlicher Fleischersatzprodukte betrieben.

Unter den nationalen umweltpolitischen Agenden beinhaltet nur das Agrarpolitische Leitbild ein eigenes Ziel zur Ernährungssicherung. Dennoch gibt es mögliche Bezüge in den anderen Agenden. Durch die hohen Umweltauswirkungen der herkömmlichen Fleischproduktion können die oben genannten Verfahren und Quellen der Proteinproduktion einen Beitrag zur Umweltentlastung leisten, wenn und soweit es gelingt, das Ausmaß herkömmlicher Fleischproduktion, insbesondere Rinderhaltung, zu reduzieren. Damit sind Entlastungen bei Tierhaltung und Futtermittelanbau u.a. in Bezug auf Treibhausgasemissionen, Stickstoff- und Phosphoreinträge und Flächenverbrauch möglich.

Nutzung von Insekten als Nahrungsquelle, „in-vitro“-Fleischherstellung und Nutzung pflanzlicher Fleischersatzprodukte gehen offenbar mit geringeren Umweltauswirkungen als herkömmliche industrielle Fleischproduktion einher. Allerdings sind diese Verfahren und Verwendungen im kommerziellen Maßstab neu und bisher nicht in großem industriellem Maßstab umgesetzt. Damit sind potenzielle negative Auswirkungen bisher auch nicht wirklich bekannt und sollten vor der weitreichenden Förderung und Umsetzung besser verstanden werden. Bei der „in-vitro“-Fleischherstellung schlägt beispielsweise der hohe Energiebedarf negativ zu Buche, so dass eine positive THG-Bilanz langfristig nur beim Einsatz erneuerbarer Energien zu erwarten ist. (Lynch 2019)

Umweltauswirkungen sind auch in Bezug auf den physiologischen Nutzen zu verstehen und zu bewerten. So gibt es innerhalb der pflanzlichen und tierischen Proteinquellen große Unterschiede in den Umweltauswirkungen, insbesondere wenn die Bioverfügbarkeit der Proteine berücksichtigt wird (vgl. z.B. Berardy 2019).

Die Zucht und Verarbeitung von Insekten zu Fleischersatzproteinen geht potenziell mit einer Veränderung und einem Eingriff in Ökosysteme einher. Laut Vantomme (2010) werden weltweit bereits über 1.400 Insektenarten als Nahrungsquelle genutzt. Die meisten davon werden aus natürlichen Wäldern gewonnen. Eine Ausdehnung der Insektennutzung im industriellen Maßstab kann daher bei einer nicht ausschließlichen Anwendung von Zuchtanlagen zu Eingriffen in derartige Waldökosysteme führen. Auch die Aufzucht kann, z.B. durch unbeabsichtigte Freisetzung nicht-heimischer Arten, zu Auswirkungen auf Ökosysteme führen.

Eine mögliche Ausweitung von Anbauflächen mit dem Ziel der Ernährungssicherheit (wobei unklar ist, wo derartige Flächenpotenziale existieren) hat wiederum überwiegend negative Auswirkungen auf zahlreiche Ziele der nationalen Agenden. (siehe Analyse zu Bioökonomie-Ziel 3 „Produktionssteigerung Agrar- / Forstwirtschaft“).

Eine gezielte Intensivierung der Landwirtschaft, die sich bioökonomische Verfahren (z.B. Präzisionslandwirtschaft) zu Nutze macht, die nicht mit zusätzlichen ökologischen Eingriffen einhergeht und eine Standort- und Nährstoffbedarf angepasste Versorgung mit Nährstoffen (ins. Stickstoff und Phosphor) erreicht, kann ebenfalls positiv wirken, zumindest im Vergleich zu einem business-as-usual Szenario.

4.5.3.7 Bioökonomie-Ziel 7 „Wechsel Rohstoffbasis fossil -> biogen“

Der Ersatz fossiler durch biogene Rohstoffe geht mit Veränderungen einer Vielzahl biophysikalischer Prozesse einher, mit der Gefahr entsprechend negativer Auswirkungen (vgl. 4.3.3.7, Seite 85).

Auch sind mögliche Mengeneffekte letztlich maßgeblich für die absolute Wirkung. Ein „Mehr“ an biogenen Produkten bedeutet nicht automatisch einen Ersatz fossiler Rohstoffe.

Synergien sind bei ökonomischen Zielgrößen, insbesondere für einen ökologischen Strukturwandel, zu erwarten.

4.5.3.8 Bioökonomie-Ziel 8 „effiziente Nutzung biogener Rohstoffe“

Der effizientere Einsatz biogener Rohstoffe ist eine begleitende Strategie, um mögliche Begrenzungen und negative Auswirkungen der Bioökonomie abzumildern.

Eine Effizienzstrategie mit dem Ziel von Umweltentlastungen, die also den Output dem Umweltverbrauch gegenüberstellt und optimiert und absolute Minderungen des Einsatzes von Rohstoffen und von Umweltauswirkungen erreicht, kann positiv auf verschiedene Ziele und Maßnahmen wirken.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass eine gesteigerte Effizienz nicht mit absoluten Minderungen einhergehen muss, wenn gleichzeitig eine Produktionssteigerung erfolgt oder andere Rebound-Effekte auftreten.

4.5.3.9 Bioökonomie-Ziel 9 „Klimaschutz“

Eine Bioökonomie, die sich konsequent am Klimaschutz und damit Treibhausgasminderungen orientiert und hieran auch kontinuierlich gemessen wird, kann sich positiv auf verschiedene Ökosystemprozesse und damit Ziele in nationalen umweltpolitischen Agenden auswirken.

Positive Wirkungen sind auch auf ökonomische Zielgrößen zu erwarten.

4.5.4 Diskussion der Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse zu den nationalen umweltpolitischen Agenden

Bioökonomie-Strategien mit den im Projekt (Kap. 4.2) identifizierten Zielen haben vielfältige direkte und indirekte Bezüge zu nationalen umweltpolitischen Agenden. Für die Identifikation und Bewertung dieser Querbezüge wurden die aktualisierte Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, das Integrierte Umweltprogramm, der Klimaschutzplan 2050, die Waldstrategie 2020, das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum, ProgRes II, die Naturschutz-Offensive 2020 für biologische Vielfalt und das Agrarpolitische Leitbild ausgewertet.

Die verfolgten Bioökonomie-Ziele und -Strategien können unterstützend für die Ziele und Maßnahmen der umweltpolitischen Agenden wirken. Vielfach sind jedoch negative Auswirkungen zu erwarten, sofern nicht eine sehr gezielte und weitreichende Steuerung erfolgt.

Viele der in den nationalen umweltpolitischen Agenden verfolgten Ziele und Maßnahmen definieren Anforderung und Umsetzungsbedarf in vielen wirtschaftlichen Sektoren und gesellschaftlichen Bereichen. Auch wenn es bei diesen keine direkten Zielkonflikte mit bioökonomiebezogenen Maßnahmen gibt, so kann die Bioökonomie potenziell einen positiven Beitrag zu diesen Zielen leisten.

Die mit der Bioökonomie verfolgten übergreifenden Ziele Wirtschaftswachstum, Schaffung von Arbeitsplätzen und Klimaschutz können einen positiven Beitrag zu den entsprechenden Zielen und Maßnahmen der nationalen umweltpolitischen Agenden leisten. Voraussetzung ist allerdings, dass diese übergreifenden Ziele durch die Bioökonomie auch *tatsächlich* erreicht werden, was keinesfalls sichergestellt ist.

So können Wirtschaftswachstum und Schaffung von Arbeitsplätzen als Ziele der Bioökonomie potenziell einen positiven Beitrag zu ökonomischen Zielen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie leisten, wie der Verminderung des Staatsdefizits, der Unterstützung eines Strukturwandels in Regionen (notwendiger) ökologischer Modernisierung, Etablierung neuer (nachhaltiger) Geschäftsmodelle und dem Ziel einer ökologischen Modernisierung. Insbesondere die nachhaltige Ausgestaltung von Strukturwandel, die Etablierung neuer nachhaltiger Geschäftsmodelle und eine ökologische Modernisierung sind jedoch nicht per se als Ergebnis der Bioökonomie zu erwarten. Vielmehr bräuchte es für einen positiven Beitrag der Bioökonomie zu diesen Zielen eine konsequente Ausrichtung an ökologischen Kriterien wie auch der Steuerung von Investitionen in Richtung vom Strukturwandel betroffener Regionen.

Steigende Treibhausgasemissionen und die damit einhergehende Klimaerhitzung wirken negativ auf andere ökologische und auch ökonomische Ziele der nationalen Agenden, wie Erhalt und Förderung Biodiversität oder Verminderung der Versauerung. Insoweit wie die Bioökonomie einen Beitrag zu verringerten Treibhausgasemissionen leistet, sind damit auch positive Effekte auf die entsprechenden Auswirkungen der Klimaerhitzung zu erreichen. Dieser Beitrag der

Bioökonomie zu verringerten Treibhausgasemissionen kann jedoch keinesfalls einfach postuliert werden, sondern hängt maßgeblich von der Ausgestaltung der konkreten Bioökonomie-Aktivitäten und -Interventionen ab. Im Gegenteil, grundlegende Technologiepfade der Bioökonomie können auch mit steigenden Treibhausgasemissionen einhergehen.

Tatsächlich gibt es durch die Kernmaßnahmen der Bioökonomie, insbesondere der Ausweitung der Produktion nachwachsender Rohstoffe, der Weiterentwicklung der Biotechnologie und dem Ersatz fossiler durch nachwachsende Rohstoffe eine Reihe von potenziellen gegenläufigen Effekten, die einer Vielzahl wichtiger Ziele und Maßnahmen der nationalen umweltpolitischen Agenden potenziell entgegenwirken. Insbesondere die Ausweitung der Produktion nachwachsender Rohstoffe geht mit einem starken Eingriff in Ökosysteme einher und kann unerwünschte Prozesse weiter verstärken, beispielsweise den Eintrag von Stickstoff und von Luftschadstoffen in die Umwelt, der Degradation der Bodenqualität, Flächenkonkurrenz zwischen unterschiedlichen Nutzungsarten, die Verschlechterung der Ernährungssicherheit bestimmter Gruppen und allgemein die Leistung von Ökosystemen.

Die Entwicklung und Einführung neuer Biotechnologien und der effiziente Einsatz biogener Rohstoffe bieten potenziell ökologische Entlastungspotenziale und haben damit das Potenzial, einen Beitrag zu Zielen der nationalen Agenden zu leisten. Dies gilt allerdings nur insoweit, als dass tatsächlich ein Ersatz konventioneller, belastender Prozesse gelingt und der Beitrag zur Nachhaltigkeit der verfolgten Maßnahmen unter den konkreten Umständen fundiert und sichergestellt ist. Dies gilt insbesondere für die postulierten Vorteile des Ersatzes fossiler Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe. Keineswegs können solch positive Beiträge der Bioökonomie lediglich postuliert werden.

Viele Ziele der umweltpolitischen Agenden zielen allerdings nicht nur auf die Verbesserung umweltschädlicher Prozesse ab, sondern stellen insgesamt sehr hohe Anforderungen an die Nachhaltigkeit zur Erreichung langfristiger umweltpolitischer Ziele. Für die Bioökonomie sind insbesondere Anforderungen an Land- und Forstwirtschaft von Bedeutung und in besonderem Maß ein Bezug auf die Limitierung des Flächenverbrauchs, die Sicherstellung natur- und wildnisnaher Bewirtschaftung und erweiterter Ökosystemdienstleistungen.

Eine besondere Rolle kommt der Forschung, Entwicklung und Qualifizierung zu. Diese kann auf vielfältige Prozesse und Ziele wirken und damit vielfältige Ziele der nationalen umweltpolitischen Agenden unterstützen. Durch ihren offenen Charakter ist deren Wirkung jedoch weitgehend unbestimmt, wenn derartige Zielsetzungen nicht explizit Gegenstand von Förderungen sind. Dies betrifft auch Maßnahmen, die zunächst keinen direkten Bezug haben, beispielsweise die Entwicklung neuer biotechnologischer Verfahren.

Wie bereits in Kap. 4.3 beschrieben, ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass über Preis- und andere Markteffekte letztlich eine Nutzung von sowohl fossilen / herkömmlichen wie (stofflich-genutzten) biogenen Rohstoffen eintreten kann, bioökonomische Prozesse also *zusätzlich* zu etablierten Prozessen erfolgen. Die Förderung des Absatzes biogener Rohstoffe alleine führt vermutlich in aller Regel nicht zu einer entsprechenden Minderung des Absatzes fossiler Rohstoffe und rein energetischer Nutzung biogener Rohstoffe. Dieser Marktdynamik sollte besondere Beachtung geschenkt werden und neben der Förderung neuer sollte die Beendigung herkömmlicher umweltschädlicher Verfahren gezielt verfolgt werden.

4.6 Zusammenschau der Anforderungen aus bioökonomierelevanten SDGs an eine nachhaltige Bioökonomie

4.6.1 Methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der Ansatzpunkte

In diesem abschließenden Kapitel werden aus den Ergebnissen der vorherigen Kapitel Anforderungen an eine nachhaltigere Ausrichtung der Bioökonomie abgeleitet. Ziel der Zusammenschau in diesem Kapitel ist es zu skizzieren, welche Ansatzpunkte für eine proaktive Umweltpolitik im Rahmen einer Bioökonomie existieren. Dabei stehen die UN-Nachhaltigkeitsziele als zentrale normative Grundlage im Zentrum. Darüber hinaus spielen die im Rahmen des Konzepts der planetaren Grenzen postulierten Belastungsgrenzen (siehe Kap. 4.3.1), das Erreichen der Ziele der nationalen umweltpolitischen Agenden (siehe Kap. 4.5.1) sowie auch ethische Aspekte (Kiresiewa et al. 2019) eine wichtige Rolle. Weiterhin wird berücksichtigt, inwieweit wichtige Megatrends wie demografischer Wandel, Urbanisierung, Klimawandel und Digitalisierung die Umsetzung der Empfehlung beeinflussen können und daher entsprechend zu berücksichtigen sind (vgl. hierzu auch Kap. 3). Die Handlungsbedarfe und Ansatzpunkte in den jeweiligen Politikfeldern auf nationaler (und subnationaler) sowie auf europäischer und internationaler Ebene ergeben sich dabei aus den in Kapiteln 4.3 bis 4.5 analysierten Programmen. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln aus den Ergebnissen der Wirkungskettenanalyse hergeleitet, wobei sowohl Synergiepotenziale als auch Diskrepanzen / Zielkonflikte zwischen den Bioökonomie-Zielen sowie den analysierten Programmen als Ausgangspunkt für Handlungsempfehlungen berücksichtigt werden. Konkrete Empfehlungen werden erst in Kapitel 6 ausgearbeitet.

Angesichts der sehr großen Bandbreite der untersuchten nationalen und internationalen umweltpolitischen Agenden sowie der Vielzahl der identifizierten Querbezüge zu den in den Bioökonomie-Strategien formulierten Zielen ist eine Auswahl der wichtigsten Ansatzpunkte erforderlich. Dabei werden Kriterien herangezogen, welche die ökologische Relevanz im Sinne des Konzepts der Planetaren Grenzen, Schwerpunktsetzung bei implementierungsbezogenen Handlungsansätzen sowie besonders relevante Zielkonflikte der Wirkungskettenanalyse in den Mittelpunkt stellen.

Konkret wird eine Fokussierung vorgenommen auf:

- ▶ **Erdsystemprozesse**, die sich gemäß dem **Konzept der Planetaren Grenzen** bereits jenseits eines Unsicherheitsbereiches (Intaktheit der Biosphäre, ausgedrückt als genetische Vielfalt bzw. Artenverlust und biogeochemische Stoffflüsse in Bezug auf Stickstoff und Phosphor) bzw. in einem Bereich hoher Unsicherheit mit einem zunehmenden Risiko gefährlicher Veränderungen befinden (Klimawandel und Landnutzungswandel);
- ▶ **implementierungsbezogene Bioökonomie-Ziele** (Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur, Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation, Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren, effiziente Nutzung biogener Rohstoffe);
- ▶ Querbezüge zwischen den Bioökonomie-Zielen und umweltpolitischen Agenden, bei denen **zahlreiche bzw. gravierende Zielkonflikte** identifiziert werden konnten.

Die folgende Zusammenschau der Ansatzpunkte wird in Politikfelder auf nationaler Ebene (siehe Kap. 4.6.2) und europäischer / internationaler Ebene (siehe Kap. 4.6.3) gegliedert. Dabei sind die Empfehlungen entsprechend der Zielsetzung des vorliegenden Forschungsprojekts so formuliert, dass diese einen Beitrag zur Politikgestaltung aus der deutschen Perspektive heraus leisten können.

Hinsichtlich ihrer Darstellung werden die Empfehlungen in tabellarischer Form aufbereitet, um die Zusammenhänge anschaulich darstellen zu können und die Handlungsorientierung zu optimieren.

4.6.2 Politikfelder / Ansatzpunkte auf nationaler (und subnationaler) Ebene

In der folgenden Übersicht werden die Ansatzpunkte für eine nachhaltigere Ausrichtung der Bioökonomie auf nationaler und ggfs. subnationaler Ebene zusammengestellt. Der identifizierte Handlungsbedarf leitet sich in erster Linie aus der durchgeführten Wirkungskettenanalyse zu den nationalen umweltpolitischen Agenden (siehe Kap. 4.5) ab, wobei auch Aspekte der Wirkungskettenanalyse zu dem Konzept der Planetaren Grenzen (siehe Kap. 4.3) berücksichtigt worden sind.

Der Handlungsbedarf ergibt sich, wenn man besonders relevante Querverbindungen „konsequent zu Ende denkt“, d.h. nach den erforderlichen Voraussetzungen für Synergien bzw. das Auflösen von Zielkonflikten fragt und das Erreichen der Ziele der umweltpolitischen Agenden als Maßstab nimmt. Insofern bilden Handlungsbedarf und mögliche Ansatzpunkte in verschiedenen Politikfeldern immanente Wirkungszusammenhänge der Kohärenzanalyse ab und wurden bewusst noch nicht auf ihre praktische politische Umsetzbarkeit überprüft. Sie fokussieren sich daher primär auf das „Notwendige“, aber noch nicht unbedingt auf das „Machbare“.

Tabelle 3: Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf nationaler / subnationaler Ebene

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>Verstärkte Landnutzung, insbesondere landwirtschaftlicher Flächen (z.B. für die Bioökonomie) haben ohne steuernde Maßnahmen zusätzliche Stickstoffeinträge in die Umwelt zur Folge, mit vielfältigen Umweltauswirkungen. Die Begrenzung der Stickstoffeinträge ist in verschiedenen nationalen Agenden als Ziel formuliert.</p> <p>Stickstoff- und Phosphorflüsse stellen eine der bereits deutlich überschrittenen planetaren Belastungsgrenzen dar.</p>	<p>Der Limitierung von Stickstoffeinträgen in die Umwelt kommt eine besondere Bedeutung zu.</p> <p>Eine entsprechende Limitierung von Stickstoffeinträgen hätte auch positive Wirkung auf weitere Ziele der nationalen Agenden und auf planetare Belastungsgrenzen. Zu nennen sind insbesondere Biodiversität, Wasserschutz und Limitierung von THG-Emissionen.</p>	<p>Die Limitierung von Stickstoffeinträgen sollte erfolgen durch:</p> <p>a) Limitierung der flächenbezogenen Stickstoffeinträge, insbesondere durch Düngemittel.</p> <p>b) Erhöhung der Effizienz der Stickstoffnutzung (Nitrogen Use Efficiency).</p> <p>c) Reduktion der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen, um zusätzliche Potenziale für den Anbau nachwachsender Rohstoffe zu erschließen. Die größten Potenziale, auch in Bezug auf die Reduktion von Stickstoffeinträgen, sind durch Reduktion des Fleischkonsums und damit einhergehender Flächennutzung und organischen Stickstoffeinträgen zu erwarten.</p> <p>d) Reduktion von Importen nachwachsender Rohstoffe mit Einfluss auf dortige Stickstoffeinträge (Stickstoff-Fußabdruck im Ausland).</p> <p>Ansatzpunkt ist insbesondere die Landwirtschaftspolitik (Düngeverordnung, GAP, Förderung ökologischer</p>

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>Konventionelle Land- und Forstwirtschaft geht mit vielfältigen Auswirkungen auf die Umwelt und damit sowohl auf Ziele der nationalen Agenden wie auf planetare Belastungsgrenzen einher. Eine Transformation konventioneller Anbaumethoden hin zu ökologischer Produktion und ein Anbau mit erweiterten Nachhaltigkeitsleistungen kann negative Auswirkungen des Anbaus reduzieren und Potenziale für eine Ausweitung der Produktion freisetzen.</p> <p>In mehreren nationalen Agenden ist aus diesem Grund eine deutliche Ausweitung des ökologischen Landbaus vorgesehen, von 9 Prozent in 2018 auf mindestens 20 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche.</p> <p>Mit der Erhöhung des Anteils des ökologischen Anbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche könnten weitergehende umweltpolitische Ziele unterstützt werden.</p>	<p>Möglichkeiten der Ausweitung des ökologischen Landbaus (bestenfalls mit erweiterten Nachhaltigkeitsleistungen, siehe unten) sollten konsequent genutzt werden.</p>	<p>Landbau) und die Weiterentwicklung der nationalen Stickstoffstrategie (mit Maßnahmen zur Limitierung von Stickstoffeinträgen in die verschiedenen betroffenen Ökosysteme).</p> <p>Grundsätzliche Förderung des ökologischen Landbaus.</p> <p>Die Förderung spezifischer Bioökonomie-Vorhaben könnte an die Bedingung ökologischer Produktion der Rohstoffe geknüpft werden, so dass Nachfrageeffekte gestärkt werden.</p> <p>Möglichkeiten der öffentlichen Beschaffung nutzen, z.B. bei Einsatz nachwachsender Rohstoffe oder von deren Derivaten.</p>
<p>Erhalt und Ausbau der Biodiversität ist wichtiges Ziel in nationalen Agenden und entscheidend für Einhaltung des „sicheren Handlungsrahmens“ der entsprechenden planetaren Belastungsgrenzen.</p> <p>In den nationalen Agenden ist ein flächendeckendes Biodiversitäts-Monitoring als Ziel festgelegt.</p>	<p>Auswirkungen bioökonomiebezogener Aktivitäten auf die Biodiversität sind systematisch zu verstehen und zu beobachten.</p> <p>Der Anbau nachwachsender Rohstoffe, die Holznutzung, Nutzung von Reststoffen, von maritimen Ressourcen, von biotechnologischen Verfahren und Produkten, etc. ist in einem flächendeckenden Biodiversitäts-Monitoring zu berücksichtigen.</p>	<p>Im übergreifenden Biodiversitäts-Monitoring sollten spezifische Effekte des Anbaus nachwachsender Rohstoffe für die stoffliche Nutzung untersucht werden.</p> <p>Es sollte geprüft werden, ob für Fördermaßnahmen zur Bioökonomie spezifische Anforderungen an das oder Beiträge zum Biodiversitäts-Monitoring gestellt werden können.</p>

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>Eine Steigerung der Nutzung biogener Rohstoffe führt unausweichlich zu verstärkten ökologischen Belastungen und damit Zielkonflikten mit planetaren Belastungsgrenzen und nationalen umweltpolitischen Zielen, wenn es nicht gleichzeitig gelingt, herkömmliche besonders belastende Prozesse in mindestens dem gleichen Ausmaß tatsächlich zu reduzieren.</p>	<p>Die Förderung nachweislich ökologischer Verfahren muss immer auch mit einer Strategie gekoppelt werden, herkömmliche belastende Prozesse zu ersetzen, ansonsten erfolgt lediglich eine Aufsummierung weniger belastender Prozesse zu bestehenden belastenden Prozessen, mit insgesamt deutlich höheren Umweltauswirkungen. In den Fällen, in denen Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen mit weniger ökologischen Belastungen einhergehen als Produkte aus fossilen Rohstoffen, kann ein entlastender Effekt nur erreicht werden, wenn die Nutzung fossiler Rohstoffe in gleichem Ausmaß eingeschränkt wird.</p>	<p>Kohärenz nationaler umweltpolitischer Ziele stärken.</p> <p>Die Förderung ökologischer Verfahren sollte mit einer wirksamen Strategie zur Minderung herkömmlicher Verfahren gekoppelt werden. Das heißt neben Fördermaßnahmen sind ordnungsrechtliche oder andere wirksame Maßnahmen erforderlich.</p>
<p>Land- und forstwirtschaftliche Flächen stellen wichtige ökologische Leistungen zur Verfügung. In den nationalen politischen Agenden ist eine deutliche Verbesserung dieser ökologischen Leistungen vorgesehen, die über Ansätze des ökologischen Landbaus hinausgehen. Beispiele sind: die deutliche Verbesserung der Bodenqualität; die Etablierung wildnisnaher Wälder; eine flächendeckende naturnahe Bewirtschaftung von Wäldern und Sicherstellung von „Wildnis“; ein „weitestgehender Verzicht“ auf Rodung von Wurzelstöcken; Vermeidung von Kahlschlägen; Wald, Boden und Umwelt schonender Einsatz von Maschinen für die Holzernte.</p>	<p>Sicherstellung erweiterter Nachhaltigkeits- und insbesondere Klimaschutzleistungen im Anbau von nachwachsenden Rohstoffen.</p> <p>Nicht nur Erhalt, sondern Ausbau von Artenvielfalt und Landschaftsqualität sind erklärtes Ziel der Bundesregierung (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie).</p> <p>Eine deutliche Verbesserung der wirtschaftlichen Landnutzung und Bewirtschaftung land- und forstwirtschaftlicher sowie maritimer Ressourcen bei gleichzeitiger sehr hoher ökologischer Leistung ist erforderlich. Hier besteht großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.</p> <p>Landwirtschaft: a) Verbesserung der Bodenqualität b) Begrenzung der Einträge und Emissionen von Stickstoff und Phosphor</p> <p>Forstwirtschaft:</p>	<p>Erhalt und Ausbau von nicht oder nur extensiv genutzten Flächen mit erweiterten ökologischen Leistungen.</p> <p>Die Förderung spezifischer Bioökonomie-Vorhaben könnte an die Bedingung ökologischer Produktion mit erweiterten Nachhaltigkeitsleistungen der Rohstoffe geknüpft werden, so dass Nachfrageeffekte gestärkt werden.</p> <p>Die Zertifizierung und Nachweisführung für erweiterte Nachhaltigkeitsleistungen auf bewirtschafteten Flächen könnte gestärkt werden.</p> <p>Möglichkeiten der öffentlichen Beschaffung nutzen, z.B. bei Einsatz nachwachsender Rohstoffe oder von deren Derivaten.</p> <p>Weiterentwicklung von Möglichkeiten und Grenzen, Technologien, Verfahren und Rahmenbedingungen</p>

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
	<p>a) Flächendeckende naturnahe Bewirtschaftung und Sicherstellung von „Wildnis“</p> <p>b) Keine Bestandserschließung in Schutzgebieten bei Beeinträchtigung von Schutzzielen</p> <p>c) „Weitestgehender Verzicht“ auf Rodung von Wurzelstöcken, Vermeidung Kahlschläge</p> <p>d) „Vorrangkartierung von Standorten mit ausreichender Nährstoffversorgung und stabilem Bodengefüge“ für Energieholznutzung</p> <p>e) Wald, Boden und Umwelt schonender Einsatz von Maschinen für die Holzernte; Erprobung neuer Technologien; Einsatz und Förderung schonender Verfahren, wenn Boden- und Naturschutz „erhöhte Rücksichtnahme“ erfordern</p>	<p>für naturnahe Land- und Forstbewirtschaftung. (Forschungs- und Innovationsförderung)</p>
<p>Eine gesteigerte Flächennutzung steht im Konflikt zu mehreren planetaren Belastungsgrenzen und einer Reihe von umweltpolitischen Zielen. Eine gesteigerte Flächennutzung für die Bioökonomie kann nur bei einem genauen Verständnis und Steuerung der damit einhergehenden Auswirkungen im Einklang mit zentralen umweltpolitischen Zielen erfolgen.</p>	<p>Verständnis und Steuerung von vielfältigen Anforderungen an die Land- und Flächennutzung.</p> <p>Eine Steigerung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe sollte nur bei der gleichzeitigen Reduktion von Flächen für andere produktive Zwecke erfolgen, um ökologische Potenziale und notwendige Lebensmittelproduktion nicht zu gefährden.</p>	<p>Formulierung einer nationalen Flächennutzungsstrategie und Erhöhung der Kongruenz flächenbezogener nationaler Ziele.</p> <p>Die größten Flächenpotenziale für die Bioökonomie dürften von einer verminderten Fleisch- und damit einhergehenden Futtermittelproduktion ausgehen.</p>
<p>Alle Sektoren müssen Beiträge zur Einhaltung planetarer Belastungsgrenzen und dem Erreichen der anspruchsvollen Nachhaltigkeitsziele leisten.</p>	<p>Umsetzung anspruchsvoller Umwelt- und Nachhaltigkeitsstandards in den bioökonomieeigenen Prozessen, Betrieben, Lieferketten.</p>	<p>Stärkung und Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitszertifizierung für Prozesse, Betriebe und Produkte.</p> <p>Nutzung der öffentlichen Beschaffung für die Förderung von Umweltmanagementsystem (EMAS, Sectoral Reference Documents) und anspruchsvollen Zertifizierungen.</p> <p>Die Förderung bioökonomischer Verfahren könnte an den Nachweis ökologischer Mindeststandards gekoppelt werden.</p>

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>Ein nationales Ziel besteht in der Etablierung branchenspezifischer Roadmaps für nachhaltiges Wirtschaften</p>	<p>Prüfen, ob in Roadmaps für Chemiebranche, Landwirtschaft und weiteren Branchen spezifische Anforderungen und Entwicklungspfade für stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe definiert werden können.</p>	<p>Definition von bioökonomiebezogenen Anforderungen und Entwicklungspfaden in branchenspezifischen Roadmaps, insb. für Chemiebranche und Landwirtschaft.</p> <p>Eine Grundlage für die Etablierung branchenspezifischer Roadmaps und die Definition von Anforderungen könnten die im Rahmen von EMAS entwickelten Sectoral Reference Documents darstellen.</p>
<p>Forschungs- und Innovationsförderung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen kommt eine besondere Bedeutung für die Realisierung von bioökonomiebezogenen Synergien zu. Keinesfalls kann postuliert werden, dass die allgemeine Bioökonomie-Förderung einen Beitrag zu Nachhaltigkeitszielen leistet.</p>	<p>Forschungs- und Innovationsförderung in Bezug auf die Bioökonomie sollte vor allem zu dem Zweck der Auflösung von Zielkonflikten mit ökologischen Auswirkungen erfolgen.</p>	<p>Leitplanken / Code of Conducts für alle im Rahmen der Bioökonomie-Forschung und -förderung durchgeführten Vorhaben.</p> <p>Ausrichtung wesentlicher Forschungs- und Fördermaßnahmen auf die Auflösung zentraler Zielkonflikte zwischen dem Ausbau nachwachsender Rohstoffe / bioökonomischen Verfahren und ökologischen Auswirkungen.</p>

4.6.3 Politikfelder / Ansatzpunkte auf europäischer und internationaler Ebene

In der folgenden Übersicht werden die Ansatzpunkte für eine nachhaltigere Ausrichtung der Bioökonomie auf europäischer bzw. internationaler Ebene zusammengestellt. Der identifizierte Handlungsbedarf leitet sich in erster Linie aus der durchgeführten Wirkungskettenanalyse zu der Agenda 2030 (siehe Kap. 4.4) ab, wobei auch Aspekte der Wirkungskettenanalyse zu dem Konzept der Planetaren Grenzen (siehe Kap. 4.3) berücksichtigt worden sind.

Der Handlungsbedarf ergibt sich, wenn man besonders relevante Querverbindungen „konsequent zu Ende denkt“, d.h. nach den erforderlichen Voraussetzungen für Synergien bzw. das Auflösen von Zielkonflikten fragt. Insofern bilden Handlungsbedarf und mögliche Ansatzpunkte in verschiedenen Politikfeldern immanente Wirkungszusammenhänge der Kohärenzanalyse ab und wurden bewusst noch nicht auf ihre praktische politische Umsetzbarkeit überprüft. Sie fokussieren sich daher primär auf das „Notwendige“, aber noch nicht unbedingt auf das „Machbare“.

Tabelle 4: Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf europäischer / internationaler Ebene

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
Bei der Steigerung der Produktion von Agrar- und Forstwirtschaft (Bioökonomie-Ziel 3) ist davon auszugehen, dass diese im globalen Maßstab in erster Linie mit der gegenwärtig vorherrschenden input-intensiven und stark exportorientierten Bewirtschaftungsform erfolgen wird. Die damit einhergehende weitere Intensivierung des Landbaus kann zu gravierenden Zielkonflikten mit den UN-Nachhaltigkeitszielen sowie den Planetaren Grenzen führen. In diesem Zusammenhang wird v.a. auf die Probleme von Eutrophierung / übermäßige Nutzung von Stickstoff und Phosphor (vgl. Planetare Belastungsgrenze 5) sowie Wasser (vgl. SDG 6 und Planetare Belastungsgrenze 6), Bodendegradation und Verlust biologischer Vielfalt verwiesen (vgl. jeweils SDG 15).	Etablierung alternativer extensiver Bewirtschaftungsformen in der Land- und Forstwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung des Konzepts der Agrarökologie ; Entwicklung und Förderung lokal angepasster Konzepte des ökologischen Landbaus	Schnittstellenaufgabe zwischen internationaler Agrar-, Entwicklungs-, Handels- und Umweltpolitik ; Ökologisierung der GAP (Gemeinsame Agrarpolitik der EU); Internalisierung externer Kosten bei konventioneller Bewirtschaftung; ordnungsrechtliche Einschränkungen bestimmter nicht-nachhaltiger Bewirtschaftungspraktiken (vgl. Heimann, 2019).
Soll die in den Bioökonomie-Strategien angestrebte Steigerung der Produktion von Agrar- und Forstwirtschaft durch eine Ausdehnung der Agrarflächen realisiert werden, geht dies voraussichtlich zu Lasten	Suffizienzorientierte absolute Reduzierung des Biomasseinsatzes : effiziente und bedürfnisgerechte Allokation der Biomasse aus Agrar- und Forstwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung von Ernährungssicherung und	Entwicklung eines globalen Landmanagementsystems (vgl. UBA 2015); Novellierung vorhandener Klimaschutzstrategien ; Entfernung der energetischen Biomassenutzung ;

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>anderer Schutzgüter, insbesondere den Zielen der Ernährungssicherheit (SDG 2 sowie Bioökonomie-Ziel 6) sowie zum Schutz und Erhalt der biologischen Vielfalt (SDG 15).</p> <p>In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die ressourcen-intensiven Konsummuster der Länder des Globalen Nordens gravierende Diskrepanzen zu den o.g. Zielen der Agenda 2030 aufweisen. Insbesondere der hohe Fleischkonsum in diesen Ländern ist kritisch zu bewerten, da gegenwärtig über 50 Prozent der Ackerflächen der Erde für die Produktion von Futtermitteln verwendet werden (Raschka und Carus 2012).</p>	<p>Hungerbekämpfung; Verzicht bzw. deutliche Reduzierung des Konsums von Fleisch und tierischen Eiweißen / Fetten, v.a. in den Ländern des Globalen Nordens; Reduzierung der Exportorientierung der deutschen / europäischen Landwirtschaft</p>	<p>Förderung suffizienter Produktions- und Konsummuster durch ökonomische Anreize / steuerliche Instrumente; Flankierung durch lokal / regional angepasste Bildungs- und Beratungsmaßnahmen zur Förderung des nachhaltigen Konsumverhaltens (vgl. UBA 2015)</p>
<p>Prioritäres Ziel der Politik- und Forschungsstrategien in Deutschland bzw. Europa ist die Stärkung der einheimischen Wettbewerbsfähigkeit (in Deutschland / Europa). Dieses Ziel konfliktiert jedoch mit wesentlichen Entwicklungszielen der Agenda 2030. Angesichts der bereits bestehenden Exportstärke von Deutschland/Europa ist beispielsweise davon auszugehen, dass eine weitere Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit zu Lasten der jeweiligen Volkswirtschaften in Ländern des Globalen Südens geht.</p>	<p>Inklusion der Länder des Globalen Südens: Ausweitung und Institutionalisierung von Know-how- und Technologietransfer zwischen den Ländern des Globalen Nordens und Globalen Südens; Intensivierung eines Austauschs zu Best-Practice-Ansätzen in beide Richtungen; Förderung des indigenen Wissens und der Befähigung von Akteuren in den Ländern des Globalen Südens; Stärkung der Rolle von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern bei der Biomasseproduktion und dem Aufbau wertschöpfender Weiterverarbeitungsschritte für Biomasse in den Ländern des Globalen Südens</p>	<p>(Neu-) Ausrichtung entwicklungspolitischer Initiativen und Maßnahmen entsprechend des Weltagrarberichts (IAASTD 2009); Koppelung mit bereits bestehenden Programmen für Entwicklungszusammenarbeit (z.B. „Marshallplan für Afrika, siehe BMZ 2017).</p>
<p>Eine Umstellung der Rohstoffbasis von fossilen auf biogene Quellen (Bioökonomie-Ziel 7) ist eng mit einer Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei und Aquakultur verbunden ist, birgt daher neben den in der Wirkungskettenanalyse identifizierten Synergiepotenzialen folglich auch erhebliche immanente Risiken (s.o.).</p>	<p>Nutzung vorhandener und (Weiter-) Entwicklung neuer Alternativen zu Produkten und Lösungsansätzen der Bioökonomie: Fokussierung auf Ausbau der Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Windenergie anstelle einer energetischen Nutzung von Biomasse; Entwicklung und Förderung (neuer) Speichertechnologien für Strom und Wärme</p>	<p>Anpassungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG); Flankierung durch agrar- und forschungspolitische Vorgaben</p>

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>In Hinblick auf biotechnologische Verfahren kommt die Kohärenzanalyse insgesamt zu einem ambivalenten Ergebnis: So könnten sich bezüglich der Effizienz der Wassernutzung im Landwirtschaftssektor Synergien ergeben, falls es im Zuge der (Weiter-) Entwicklung und Nutzung neuer gentechnischer Verfahren wie CRISPR/Cas9 gelingt, hitze- und trockenheitsresistente Arten für den Ackerbau zu entwickeln (vgl. SDG 6). Gleichzeitig können die gentechnisch veränderten Pflanzen ungeplante und langfristige negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben, vor allem durch zufällige und ungewollte Verbreitung. Weiterhin bergen auf Basis von CRISPR/Cas9 hergestellte biopharmazeutischen Produkte Potentiale zur Bekämpfung von Krankheiten (vgl. SDG 3). Zielkonflikte können hingegen aus einer weitreichenden Patentierung und Vermarktung der neuen gentechnischen Verfahren durch multinationale Unternehmen (vgl. SDG 15) ergeben.</p>	<p>Verantwortungsvoller Umgang biotechnologischen Verfahren: Evidenzbasierte Überprüfung der in Aussicht gestellten Präzision und Zielsicherheit der neuen gentechnischen Verfahren (wie CRISPR / Cas), z.B. hinsichtlich Eingriffen ins Genom und der Beherrschbarkeit von unbeabsichtigten genetischen und epigenetischen Effekten; Prüfbedarf besteht außerdem in Bezug auf die Stabilität der so erzielten Funktionalität (z.B. Krankheitsresistenz), d.h. ob mit diesen Verfahren langfristige Züchtungserfolge erzielt werden können.</p> <p>Verzicht des Einsatzes neuer gentechnischer Verfahren in der Landwirtschaft, solange deren Sicherheit und Wirksamkeit nicht zweifelsfrei belegt sind;</p> <p>Technikfolgenabschätzung des Einsatzes neuer gentechnischer Verfahren im Rahmen der „weißen“ Biotechnologie in Bioraffinerien, z.B. um eine mikrobielle Fermentation land- / forstwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe bzw. eine effiziente und ggf. direkte Synthese von Chemikalien, Kunststoffen und Kraftstoffen auf biogener Rohstoffbasis zu ermöglichen.</p>	<p>Beibehaltung der EU-Freisetzungsrichtlinie; Weiterentwicklung der Risikobewertung und der Transparenz. Verständigung auf einen EU-weit gültigen Code of Conduct zum verantwortungsvollen Umgang mit neuen gentechnischen Verfahren unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips. Weiterentwicklung und Anwendung der Technikfolgenabschätzung und der Ökobilanzierung.</p>
<p>Die im Rahmen der Bioökonomie angestrebten Produktionssteigerungen in Land- und Forstwirtschaft müssen vom Wasserverbrauch entkoppelt werden, um gravierende Zielkonflikte mit den Zielen von SDG 6 („Sauberes Wasser“ / Sanitär) und daraus resultierende Konfliktpotenziale, um die zunehmend knapper werdende Ressource Trinkwasser zu vermeiden.</p>	<p>Förderung und rasche Markteinführung innovativer wasser- und ressourcenschonender Ansätze in der Landwirtschaft (wie Urbane Landwirtschaft, Hydrokulturen und Aquaponics)</p>	<p>Neuausrichtung der Vergabe von Fördermitteln, wobei eine Fokussierung auf aride Gebiete erfolgen sollte</p>
<p>In Hinblick auf vorhandene Synergien der Bioökonomie-Ziele hat die Kohärenzanalyse gezeigt, dass der im Rahmen einer „wissensbasierten Bioökonomie“ angestrebte Ausbau von Forschung, Innovation und Qualifikation (Bioökonomie-Ziel 4) eine überwiegend positive Wirkung auf die UN-Nachhaltigkeitsziele entfalten</p>	<p>Weiterentwicklung der Forschungsagenden für eine „wissensbasierten Bioökonomie“: stärkere Beforschung der Zusammenhänge zwischen Bioökonomie, zirkulärem Wirtschaften und Nachhaltiger Entwicklung, um die</p>	<p>Ökologisierung der bestehenden Forschungsstrategien auf europäischer Ebene</p>

Schlussfolgerungen der Kohärenzanalyse	Handlungsbedarf	Ansatzpunkt / Politikfeld
<p>kann. Im globalen Maßstab ist eine wichtige Voraussetzung für das Entstehen von Synergiepotenzialen die Inklusion der Länder des Globalen Südens (z.B. in Form von Know-how- und Technologietransfers, siehe oben). Weiterhin ist das Entstehen von Synergiepotenzialen davon abhängig, in welchem Umfang das generierte Know-how für eine effiziente und suffiziente Nutzung von Bioenergie genutzt wird.</p>	<p>Synergiepotenziale zu den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDG 4, 7, 8, 9, 12, 13, 17) zu erschließen (vgl. Anlage B des Arbeitspapiers⁴⁰); stärkere Betonung des Ansatzes „produce more from less“; Integration von Elementen sozialer Bildung und ein gesteigertes Umweltbewusstsein von Konsumentinnen und Konsumenten.</p>	

⁴⁰ Dieses Arbeitspapier ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>

4.6.4 Zusammenfassung der wichtigsten Handlungsansätze

4.6.4.1 Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf nationaler Ebene

Der Ausbau der Bioökonomie hätte ohne Steuerung und Begrenzung vielfältige negative Auswirkungen auf planetare Belastungsgrenzen und nationale Nachhaltigkeitsziele. **Postulierte positive Beiträge zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit sind keineswegs gesichert und bedürfen einer gezielten Absicherung.**

Eine für den Anbau nachwachsender Rohstoffe erforderliche gesteigerte Flächennutzung kann nur bei einem genauen Verständnis und Steuerung der damit einhergehenden Auswirkungen im Einklang mit zentralen umweltpolitischen Zielen erfolgen. Ohne die gleichzeitige **Reduktion von Flächen für andere Nutzungsarten und die Bereitstellung zusätzlicher Flächen für den Naturschutz** ist eine relevante Ausweitung der Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe nicht möglich. Im Rahmen einer **umfassenden Flächennutzungsstrategie** sollte daher auch eine Exnovationsstrategie verfolgt werden, das heißt insbesondere die Reduktion von besonders schädlichen Flächennutzungsarten, wie der Intensivtierhaltung mit dem entsprechenden Bedarf an Flächen für den Anbau von Futtermitteln und Ausgleichsflächen für Stickstoffeinträge.

Verstärkte Landnutzung, insbesondere landwirtschaftlicher Flächen (z.B. für die Bioökonomie), hat ohne steuernde Maßnahmen zusätzliche Stickstoffeinträge in die Umwelt zur Folge, mit vielfältigen Umweltauswirkungen. Der **Limitierung von Stickstoffeinträgen in die Umwelt** kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Ansätze sind neben Flächenreduktion und Exnovation (siehe oben) die Limitierung der flächenbezogenen Stickstoffeinträge, die insbesondere über Düngeverordnung und die Gemeinsame Agrarpolitik adressiert werden können. Auch die **Reduktion von Importen nachwachsender Rohstoffe mit Einfluss auf dortige Stickstoffeinträge** (Stickstoff-Fußabdruck im Ausland) sollte verfolgt werden.

Dort wo fossile Rohstoffe oder andere belastende Prozesse durch nachwachsende Rohstoffe bzw. neue biotechnologische Verfahren ersetzt werden können und sollen, sind Mechanismen zu etablieren, die tatsächlich eine **Reduktion von Förderung und Verbrauch fossiler Rohstoffe und herkömmlicher Prozesse** erreichen. Sonst erfolgt lediglich eine *zusätzliche* Produktion mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf das Überschreiten der planetaren Belastungsgrenzen und die Ziele der umweltpolitischen Agenden.

Bioökonomiebezogene Forschungs-, Projekt- und Innovationsförderung sowie staatliche Kredite sollten an die **Einhaltung von Nachhaltigkeits-Leitplanken/-Kriterien und Code of Conducts** geknüpft werden. Bei grundlegenden Verfahren und großen Vorhaben sollten die tatsächlichen Auswirkungen auf zentrale Umwelt- und Nachhaltigkeitsdimensionen durch entsprechende Untersuchungen und Folgenabschätzungen geprüft und begrenzt werden.

In den zu erarbeitenden **branchenspezifischen Roadmaps für nachhaltiges Wirtschaften** sollten explizit bioökonomiebezogene Anforderungen an die Nachhaltigkeit der Entwicklungspfade aufgenommen werden, beispielsweise für die Chemiebranche und Landwirtschaft. Eine Grundlage hierfür könnten die im Rahmen von EMAS entwickelten Sectoral Reference Documents darstellen.

Die Möglichkeiten der **öffentlichen Beschaffung** sollten ebenfalls konsequent genutzt werden, um erweiterte Nachhaltigkeitsleistungen beim Einsatz nachwachsender Rohstoffe und biotechnologischer Produkte sicherzustellen.

4.6.4.2 Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen auf europäischer / internationaler Ebene

Handlungsbedarf für Politikmaßnahmen auf europäischer / internationaler Ebene ergibt sich in erster Linie angesichts der Steigerung der Produktion von Agrar- und Forstwirtschaft (Bioökonomie-Ziel 3), da diese im globalen Maßstab v.a. mit der gegenwärtig vorherrschenden input-intensiven und stark export-orientierten Bewirtschaftungsform erfolgen wird.

Vor diesem Hintergrund bildet die **Förderung alternativer extensiver Bewirtschaftungsformen in Land- und Forstwirtschaft** (unter besonderer Berücksichtigung des Ansatzes der Agrarökologie) einen wichtigen Ansatzpunkt für eine nachhaltigere Ausgestaltung der Bioökonomie. Dabei handelt es sich um eine Schnittstellenaufgabe zwischen internationaler Agrar-, Entwicklungs-, Handels- und Umweltpolitik, wobei die Ökologisierung der GAP, eine Internalisierung externer Kosten, aber auch ordnungsrechtliche Einschränkungen nicht-nachhaltiger Bewirtschaftungspraktiken wesentliche Gestaltungselemente sein sollten.

Neben einer ökologischeren Ausrichtung des Landbaus nimmt die **Reduzierung des Drucks auf die weltweite Ausdehnung der Anbauflächen** ebenfalls eine Schlüsselstellung ein. Um Gefährdungen zu vermeiden, die aus einer weiteren Ausdehnung der Anbauflächen resultieren können, ist eine suffizienzorientierte absolute Reduzierung des Biomasseeinsatzes erforderlich. Angesichts des erheblichen Flächenbedarf zum Anbau von Futtermitteln sollten entsprechende Politikmaßnahmen primär bei einer deutlichen Reduzierung des Konsums von Fleisch und tierischen Eiweißen / Fetten ansetzen. Eine Verringerung der Exportorientierung der deutschen / europäischen Landwirtschaft, z.B. durch Überprüfung und Abbau der Exportsubventionen, bildet in diesem Zusammenhang einen weiteren wichtigen Baustein.

Um gravierende Zielkonflikte zwischen der Stärkung der heimischen Wettbewerbsfähigkeit und den globalen Entwicklungszielen der Agenda 2030 aufzulösen bzw. deutlich zu reduzieren, ist eine erheblich **stärkere Inklusion der Länder des Globalen Südens** bei der Weiterentwicklung der Bioökonomie erforderlich. Hierfür sollte der Know-how- und Technologietransfer zwischen dem Nord-Süd-Verhältnis ausgeweitet und stärker institutionalisiert werden, um indigenes Wissen und die Rolle von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern bei der Biomasseproduktion und dem Aufbau wertschöpfender Weiterverarbeitungsschritte für Biomasse in den Ländern des Globalen Südens zu fördern. Insbesondere durch die Intensivierung eines Austauschs zu Best-Practice-Ansätzen in beide Richtungen (d.h. von dem Norden in den Süden und umgekehrt) könnten wertvolle Ansatzpunkte für die Etablierung einer globalen wissensbasierten Bioökonomie identifiziert werden.

Bei der **Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsagenden** sollte die internationale Zusammenarbeit (wie zuvor skizziert) deutlich stärker betont werden. Ferner wird es darauf ankommen die Zusammenhänge zwischen Bioökonomie, zirkulärem Wirtschaften und Nachhaltiger Entwicklung mehr ins Zentrum der Forschungsprogramme zu rücken, um vorhandene Synergiepotenziale zu den UN-Nachhaltigkeitszielen realisieren zu können.

Im Rahmen einer nachhaltigeren Ausrichtung der Bioökonomie kommt schließlich auch dem **verantwortungsvollen Umgang mit biotechnologischen Verfahren** eine herausragende Bedeutung zu. Dabei sollte für den Einsatz der neuen gentechnischen Verfahren in der Landwirtschaft eine konsequente Anwendung des Vorsorgeprinzips als Leitmaxime gelten; der Einsatz in Bioraffinerien sollte einer einzelfallbezogenen, integrierten Überprüfung der Chancen und Risiken unterzogen werden.

4.7 Literaturverzeichnis

- Acheampong, M., Ertem, F.; Kappler, B.; Neubauer, P. (2017): In pursuit of Sustainable Development Goal (SDG) number 7: Will biofuels be reliable?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75 (2017) 927–937.
- Berardy, A.; Johnston, C. S.; Plukis, A.; Vizcaino, M.; Wharton, C. (2019): Integrating Protein Quality and Quantity with Environmental Impacts in Life Cycle Assessment. In: *Sustainability* 11 (10), S. 2747. DOI: 10.3390/su11102747.
- BMEL (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. Online verfügbar unter <https://biooekonomie.de/publikation/nationale-politikstrategie-biooekonomie>
- BMWi (2018): Artikel - Schlüsseltechnologien, Biotechnologie und Bioökonomie. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Technologie/biotechnologie.html> (zuletzt abgerufen am 15.04.2019)
- BMZ (2017): Afrika und Europa – Neue Partnerschaft für Entwicklung, Frieden und Zukunft, Eckpunkte für einen Marshallplan mit Afrika. Online verfügbar unter http://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/reihen/infobroschueren_flyer/infobroschueren/Materialie310_Afrika_Marshallplan.pdf (zuletzt abgerufen am 15.04.2019)
- Brot für die Welt (2017): EU-Hähnchenfleisch überschwemmt Afrikas Märkte. Online verfügbar unter <https://www.brot-fuer-die-welt.de/pressemeldung/2017-eu-haehnchenfleisch-ueberschwemmt-afrikas-maerkte/> (zuletzt abgerufen am 24.07.2019)
- Dehoust, G.; Manhart, A.; Möck, A.; Kießling, L.; Vogt, R.; Kämper, C. et al. (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung und Entwicklung einer Methode zur Bewertung der ökologischen Rohstoffverfügbarkeit zur Weiterentwicklung des Kritikalitätskonzeptes (ÖkoRess I). Konzeptband. Hg. v. Umweltbundesamt. Des-sau-Roß-lau (UBA Texte, 87/2017), zuletzt geprüft am 05.12.2018.
- Dernini, S. (2019): Sustainable Diets: A Historical Perspective. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, Volume 2 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22075-1>
- Edenhofer, O. (2014): *Climate change 2014, Mitigation of climate change: Working Group III contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 1st ed.*, Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press.
- ETC Group und Heinrich Böll Stiftung (2018): *Forcing The Farm - How Gene Drive Organisms Could Entrench Industrial Agriculture and Threaten Food Sovereignty*. ETC Group und Heinrich Böll Stiftung, Berlin.
- Fatheuer, T. (2018): Bioökonomie im globalen Kontext, Der Süden als Lieferant für Biomasse? In: *Forum Umwelt und Entwicklung* (Hg.): *Rundbrief 1/2018*. Mit Bioökonomie die Welt retten? Neue Geschäftsmodelle und alte Strukturen. Berlin, S. 16–17.
- Georges, F.; Ray, H. (2017): Genome editing of crops: A renewed opportunity for food security. *GM Crops Food*. 2017; 8(1): 1–12. doi: [10.1080/21645698.2016.1270489](https://doi.org/10.1080/21645698.2016.1270489)
- Gottwald, F.-T.; Budde, J. (2016): *Mit Bioökonomie die Welt ernähren?* Institut für Welternährung. Berlin, 2016.
- Graupner, J. (2017): Bioökonomie: Insektenmehl als nachhaltiges Aquakultur-Futter. Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei. Online verfügbar unter <https://www.igb-berlin.de/news/biooekonomie-insektenmehl-als-nachhaltiges-aquakultur-futter>
- Guereña, A. (2014): *Smallholders at Risk. Monoculture expansion, land, food and livelihoods in Latin America*. Oxfam Briefing Paper.
- Gustavsson (2011); Gustavsson, J., et al. (2011): *Global Food Losses and Food Waste*; Rom; : Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf> (zuletzt abgerufen am 24.07.2019)
- Heimann, T. (2019): Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7, 43–57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>
- Heinrich Böll Stiftung (2015): *Nutzung: An den Grenzen von Grüner Revolution und Bioökonomie*. Online verfügbar unter <https://www.boell.de/de/2015/01/08/nutzung-den-grenzen-von-gruener-revolution-und-biooekonomie>
- Hickel, J.; Kallis, G. (2019): Is Green Growth Possible?, *New Political Economy*, DOI: 10.1080/13563467.2019.1598964
- Hogan (2018); Information von Phil Hogan, EU-Kommissar für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung bei der Bioeconomy Conference in Brüssel am 22.10.2018
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) (2009): *Agriculture at a Crossroads, synthesis report*. Washington: Island Press, 2009.

Intergovernmental Panel on Climate Change (Hg.) (2019): Climate Change and Land, An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers, 2019. Online verfügbar unter <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/>, zuletzt geprüft am 03.11.2019.

IPBES (2019): Report of the Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on the work of its seventh session. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Online verfügbar unter https://ipbes.net/sites/default/files/ipbes_7_10_add.1_en_1.pdf (zuletzt abgerufen am 10.02.2020)

IPES-Food (2016): From uniformity to diversity, a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological. Online verfügbar unter http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/UniformityToDiversity_FULLL.pdf (zuletzt abgerufen am 24.07.2019)

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

Juergens, N. und Hansjürgens, B. (2018): Soil governance in the transition towards a sustainable bioeconomy - A review. *Journal of Cleaner Production* 170 (2018) 1628-1639.

Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M.; Wolff, F. et al (2019): Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse, Teilbericht (AP1) des Projekts „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung“, UBA-Texte 78/2019. Online verfügbar unter <https://cms.umweltbundesamt.de/publikationen/biooekonomiekonzepte-diskursanalyse>

Liebert, W.; Balas, J.; Fiebig, M.; Lindenthal, T.; Meimberg, H.; Pollak, R.; Schneider-Voss, S.; Stangl, R.; Weingartmann, H. (2017): Ziele und Kriterien für die Bioökonomie. BOKU-Ethikplattform.

Lillico, S.G., et al. (2013): Live pigs produced from genome edited zygotes. *Scientific Reports* 3: 2847 <http://www.nature.com/articles/srep02847>

Lokko, Y.; Heijde, M.; Schebesta, K.; Scholtès, P.; Van Montagu, M.; Giacca, M. (2018): Biotechnology and the bioeconomy—Towards inclusive and sustainable industrial development. *New Biotechnology* 40 (2018) 5–10

Lynch, J.; Pierrehumbert, R. (2019): Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. In: *Front. Sustain. Food Syst.* 3 (5). DOI: 10.3389/fsufs.2019.00005. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (2013): Bioökonomie im System aufstellen, Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie »Bioökonomie«. Stuttgart, 2013. Online verfügbar unter https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/Broschuere_Konzept-baden-wuerttembergische-Forschungsstrategie-Biooekonomie.pdf (zuletzt abgerufen am 24.07.2019)

NABU (2018): Noch ganz am Anfang, Viele offene Fragen beim Ausbau der Bioökonomie. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/biooekonomie/19308.html>.

NABU; WWF (2018): Handlungsempfehlungen für eine zukunftsfähige Bioökonomie. Naturschutzbund Deutschland; World Wide Fund for Nature. Berlin, 2018.

Näyhä, A. (2019): Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspective on the bioeconomy, circular economy and sustainability. *Journal of Cleaner Production* 209 (2019) 1294-130

Pham et. al (2014): Marine Litter Distribution and Density in European Seas, from the Shelves to Deep Basins. Online verfügbar unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4005782/>

Piotrowski, M. (2019): Nearing the Tipping Point, Drivers of Deforestation in the Amazon Region. *Inter-American Dialogue* (Hg.), 2019. Online verfügbar unter <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2019/05/Nearing-the-Tipping-Point-for-website.pdf>, zuletzt geprüft am 06.08.2019.

Plat, K., Meyer, A.; Schneider, P.; Perret, K. (2018): Potential for Sustainable Urban Food Production in a Medium Scale City in Germany. In: Filho, W. L.; Pocioválišteanu, D., de Brito, P.; de Lima, I. (Editors) (2018) *Towards a Sustainable Bioeconomy: Principles, Challenges and Perspectives*. Springer

Puder, J. (2018): Zwischen Entwicklung, Wettbewerbsfähigkeit und "Green Growth": Bioökonomie im Globalen Süden. In: *W&E* 10/2018, p. 4. Online verfügbar unter <https://www.weltwirtschaft-und-entwicklung.org/wearchiv/042ae6a97c0b15501.php>

- Raschka, A. und Carus, M. (2014): F+E-Projekt „Ökologische Innovationspolitik – mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzung von Biomasse“, FKZ 3710 93 109. UBA Texte 01/2014
- Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Asa; Chapin, F. Stuart 3rd; Lambin, Eric F. et al. (2009): A safe operating space for humanity. In: *Nature* 461 (7263), S. 472–475. DOI: 10.1038/461472a.
- Rosegrant, M.; Ringler, C.; Zhu, T.; Tokgoz, S.; Bhandary, P. (2012): Water and Food in the Bioeconomy - Challenges and Opportunities for Development. Plenary Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguacu, Brazil, 18-24 August, 2012.
- Schleicher, T.; Hilbert, I.; Manhart, A.; Hennenberg, K.; Shella, E.; Fakhriya, I. (2019): Production of Palm Oil in Indonesia, Country-focused commodity analysis in the context of the Bio-Macht project. Final Report. Öko-Institut (Hg.), 2019. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/BioMacht-palm-oil-report.pdf>, zuletzt geprüft am 05.08.2019.
- Schüch, A.; Leandro, W. ; Janke, L.; Janke, L.; Leites, A.; Nikolausz, M.; Stinner, W. (2015): Sustainable bioeconomy in Brazil: Bioenergy from biogas using various types of waste substrates from the Brazilian bioethanol industry. Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit (GmbH). Bonn und Eschborn
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., Chaurasia, O.P. (2018): Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation* 17(4):364-371
- Shi et al. (2017): ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions, *Plant Biotechnology Journal*. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1111/pbi.12603>
- Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockstrom, Johan; Cornell, Sarah E.; Fetzer, Ingo; Bennett, Elena M. et al. (2015): Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. In: *Science (New York, N.Y.)* 347 (6223), S. 1259855. DOI: 10.1126/science.1259855.
- Steinbrecher, R. (2018): Synthetische Biologie und die neuen Verfahren der Gentechnik. In: Forum Umwelt und Entwicklung (Hg.): Rundbrief 1/2018. Mit Bioökonomie die Welt retten? Neue Geschäftsmodelle und alte Strukturen. Berlin, S. 6–7.
- UBA (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen, Positionspapier des Umweltbundesamtes. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_und_biomasse_kurz_deutsch_bf.pdf
- UBA (2019): Trendanalyse: Fleisch der Zukunft. Umweltbundesamt. https://www.ecologic.eu/sites/files/project/2019/documents/2019-02-uba_flyer_dinlang.pdf
- UBA (2019a): Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-laenderebene/handlungsfeld-wald-forstwirtschaft#textpart-1> (zuletzt abgerufen am 13.02.2019)
- UBA (2019b): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2017 (Climate Change, 23/2019), 2019. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-4>, zuletzt geprüft am 05.08.2019.
- United Nations (2018): Tracking Progress Towards Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable Cities and Human Settlements, SDG 11 Synthesis Report, High Level Political Forum 2018, Online verfügbar unter <https://unhabitat.org/sdg-11-synthesis-report/> (zuletzt abgerufen am 24.07.2019)
- UN Women (2018): Turning Promises into Action - Gender Equality in the 2030 Agenda for Sustainable Development. Online available at www.unwomen.org/sdg-report
- van Renssen, S. (2014) A bioeconomy to fight climate change. *Nature Climate Change* volume 4, pages 951–953 (2014)
- Vantomme, P. (2010): Edible forest insects, an overlooked protein supply. In: *Unasylva* 61 (236), S. 19–21. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/3/i1758e/i1758e00.pdf>, zuletzt geprüft am 05.08.2019.
- Venkatesan, M. (2018): Fostering Sustainable Bioeconomies: The Role of Conscious Consumption. In: Filho, W. L.; Pocioválišteanu, D., de Brito, P.; de Lima, I. (Editors) (2018) *Towards a Sustainable Bioeconomy: Principles, Challenges and Perspectives*. Springer
- Vigliotti, V., Martinez, I. (2018) Public health applications of CRISPR: How children’s health can benefit. *Seminars in Perinatology* 42 (2018) 531-536.
- Vignesh et al. (2011): *South Asian Journal of Experimental Biology*. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/215589805_Antibiotics_in_aquaculture_An_overview

von Braun, J. (2018): Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security. *Global Food Security*. Volume 19, December 2018, Pages 81-83

Wolff, F.; Jacob, K.; Guske, A. L.; Heyen, D. A.; Hüsing, T. (2016): Kohärenzprüfung umweltpolitischer Ziele und Instrumente. Endbericht. Umweltbundesamt. Dessau (UBA-Texte, 76/2016).

Wolff, F.; Mederake, L. (2019): Rahmenbedingungen und Instrumente für die Gestaltung nachhaltiger Stadt-Land-Verknüpfungen. Forschungskennzahl 3715 75 122 0 – Teilbericht AP 3.1-3.2 aus dem Vorhaben „Rural Urban Nexus - Globale Landnutzung und Urbanisierung. Integrierte Ansätze für eine nachhaltige Stadt-Land-Entwicklung. Umweltbundesamt. Dessau (UBA-Texte, 86/2019).

5 Ableitung konkreter Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus ausgewählten SDGs

Im vorliegenden Kapitel wird untersucht, inwiefern Bioökonomie-Strategien und -politiken, einschließlich neuer Technologien und Trends, zu bioökonomie relevanten SDGs im Sinne der Agenda 2030 und der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie beitragen können. Vertieft bearbeitet werden die landnutzungsrelevanten SDGs 2 „Kein Hunger“ und SDG 15 „Leben an Land“.

Nach der Beschreibung der methodischen Vorgehensweise (vgl. Kap. 5.1) werden zunächst die Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und 15 beleuchtet (vgl. Kap. 5.2). Anschließend werden die Hauptthemen, die sich aus den Unterzielen von SDG 2 und SDG 15 ergeben, in sieben Themencluster unterteilt. Auf der Ebene dieser Cluster werden bestehende Zielkonflikte und Synergien, die sich aus den SDGs ergeben, analysiert sowie Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie definiert (vgl. Kap. 5.3). Um die globalen Verflechtungen der Bioökonomie mit Wertschöpfungsketten in Anbauregionen des Globalen Südens aufzuzeigen und die Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie zu illustrieren, werden in Kap. 5.4 drei länderspezifische Untersuchungen durchgeführt. Diese beziehen sich auf Indonesien, Kolumbien und Südafrika. Abschließend werden die wichtigsten Ansatzpunkte für Handlungsempfehlungen zusammengeführt, die sich aus den Anforderungen von SDG 2 und 15 für eine nachhaltige Bioökonomie ergeben (vgl. Kap. 5.5).

5.1 Methodische Vorgehensweise

Die ungenauen Definitionen von Zielen und Maßnahmen in bestehenden Bioökonomie-Strategien machen es schwierig, die potenziellen positiven und negativen Wirkungen der Bioökonomie auf die SDGs zu bewerten. In der EU-Bioökonomie-Strategie beispielsweise besteht das Ziel der Bioökonomie darin, der Land- und Forstwirtschaft die erforderlichen Kenntnisse und Instrumente zur Unterstützung produktiver, ressourcenschonender und resilienterer Systeme zur Verfügung zu stellen. Nahrungsmittel, Futtermittel und andere biobasierte Rohstoffe sollen geliefert werden, ohne die Ökosystemleistungen zu beeinträchtigen. Weiterhin werden nachhaltige Bioökonomie-Aktivitäten als Weg zum Erreichen der SDGs genannt (Europäische Kommission 2018, S.27), jedoch ohne zu definieren, was nachhaltige Bioökonomie-Aktivitäten sind. Die Definitionen beinhalten potenziell widersprüchliche Ziele, und wie diese erreicht werden sollen, wird nicht näher erläutert. Dieses Problem trifft auch auf die meisten anderen nationalen Bioökonomie-Strategien zu, die den Anspruch erheben nachhaltig zu sein, aber keine konkreten Lösungsansätze aufzeigen, wie Nachhaltigkeit tatsächlich gewährleistet wird. Mit der vorliegenden Analyse, die auch die Ergebnisse der vorangehenden Berichtsteile berücksichtigt, wird versucht, konkrete Anforderungen aus den SDGs für bestehende und zukünftige Bioökonomie-Strategien und die Erreichung der Agenda 2030 aufzuzeigen. Der Fokus der Analyse sind die konkreten Anforderungen aus den landnutzungsrelevanten Unterzielen von SDG 2 und SDG 15 an die Bioökonomie-Strategien (siehe folgende Zusammenfassung).

Agenda 2030 – Unterziele SDG 2 und SDG 15

Ziel 2: Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern

2.1: Bis 2030 den Hunger beenden und sicherstellen, dass alle Menschen, insbesondere die Armen und Menschen in prekären Situationen, einschließlich Kleinkindern, ganzjährig Zugang zu sicheren, nährstoffreichen und ausreichenden Nahrungsmitteln haben

2.2: Bis 2030 alle Formen der Mangelernährung beenden, einschließlich durch Erreichung der international vereinbarten Zielvorgaben in Bezug auf Wachstumshemmung und Auszehrung bei Kindern unter 5 Jahren bis 2025, und den Ernährungsbedürfnissen von heranwachsenden Mädchen, schwangeren und stillenden Frauen und älteren Menschen Rechnung tragen

2.3: Bis 2030 die landwirtschaftliche Produktivität und die Einkommen von kleinen Nahrungsmittelproduzenten, insbesondere von Frauen, Angehörigen indigener Völker, landwirtschaftlichen Familienbetrieben, Weidetierhaltern und Fischern, verdoppeln, unter anderem durch den sicheren und gleichberechtigten Zugang zu Grund und Boden, anderen Produktionsressourcen und Betriebsmitteln, Wissen, Finanzdienstleistungen, Märkten sowie Möglichkeiten für Wertschöpfung und außerlandwirtschaftliche Beschäftigung

2.4: Bis 2030 die Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion sicherstellen und resiliente landwirtschaftliche Methoden anwenden, die die Produktivität und den Ertrag steigern, zur Erhaltung der Ökosysteme beitragen, die Anpassungsfähigkeit an Klimaänderungen, extreme Wetterereignisse, Dürren, Überschwemmungen und andere Katastrophen erhöhen und die Flächen- und Bodenqualität schrittweise verbessern

2.5: Bis 2020 die genetische Vielfalt von Saatgut, Kulturpflanzen sowie Nutz- und Haustieren und ihren wildlebenden Artverwandten bewahren, unter anderem durch gut verwaltete und diversifizierte Saatgut- und Pflanzenbanken auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene, und den Zugang zu den Vorteilen aus der Nutzung der genetischen Ressourcen und des damit verbundenen traditionellen Wissens sowie die ausgewogene und gerechte Aufteilung dieser Vorteile fördern, wie auf internationaler Ebene vereinbart

2.a: Die Investitionen in die ländliche Infrastruktur, die Agrarforschung und landwirtschaftliche Beratungsdienste, die Technologieentwicklung sowie Genbanken für Pflanzen und Nutztiere erhöhen, unter anderem durch verstärkte internationale Zusammenarbeit, um die landwirtschaftliche Produktionskapazität in den Entwicklungsländern und insbesondere den am wenigsten entwickelten Ländern zu verbessern

2.b: Handelsbeschränkungen und -verzerrungen auf den globalen Agrarmärkten korrigieren und verhindern, unter anderem durch die parallele Abschaffung aller Formen von Agrarexportsubventionen und aller Exportmaßnahmen mit gleicher Wirkung im Einklang mit dem Mandat der Doha-Entwicklungsrunde

2.c: Maßnahmen zur Gewährleistung des reibungslosen Funktionierens der Märkte für Nahrungsmittelrohstoffe und ihre Derivate ergreifen und den raschen Zugang zu Marktinformationen, unter anderem über Nahrungsmittelreserven, erleichtern, um zur Begrenzung der extremen Schwankungen der Nahrungsmittelpreise beizutragen

Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen

15.1: Bis 2020 im Einklang mit den Verpflichtungen aus internationalen Übereinkünften die Erhaltung, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung der Land- und Binnensüßwasser-Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen, insbesondere der Wälder, der Feuchtgebiete, der Berge und der Trockengebiete, gewährleisten

15.2: Bis 2020 die nachhaltige Bewirtschaftung aller Waldarten fördern, die Entwaldung beenden, geschädigte Wälder wiederherstellen und die Aufforstung und Wiederaufforstung weltweit beträchtlich erhöhen

15.3: Bis 2030 die Wüstenbildung bekämpfen, die geschädigten Flächen und Böden einschließlich der von Wüstenbildung, Dürre und Überschwemmungen betroffenen Flächen sanieren und eine Welt anstreben, in der die Landverödung neutralisiert wird

15.4: Bis 2030 die Erhaltung der Bergökosysteme, einschließlich ihrer biologischen Vielfalt, sicherstellen, um ihre Fähigkeit zur Erbringung wesentlichen Nutzens für die nachhaltige Entwicklung zu stärken

15.5: Umgehende und bedeutende Maßnahmen ergreifen, um die Verschlechterung der natürlichen Lebensräume zu verringern, dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende zu setzen und bis 2020 die bedrohten Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern

15.6: Die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile und den angemessenen Zugang zu diesen Ressourcen fördern, wie auf internationaler Ebene vereinbart

15.7: Dringend Maßnahmen ergreifen, um der Wilderei und dem Handel mit geschützten Pflanzen- und Tierarten ein Ende zu setzen und dem Problem des Angebots illegaler Produkte aus wildlebenden Pflanzen und Tieren und der Nachfrage danach zu begegnen

15.8: Bis 2020 Maßnahmen einführen, um das Einbringen invasiver gebietsfremder Arten zu verhindern, ihre Auswirkungen auf die Land- und Wasserökosysteme deutlich zu reduzieren und die prioritären Arten zu kontrollieren oder zu beseitigen

15.9: Bis 2020 Ökosystem- und Biodiversitätswerte in die nationalen und lokalen Planungen, Entwicklungsprozesse, Armutsbekämpfungsstrategien und Gesamtrechnungssysteme einbeziehen

15.a: Finanzielle Mittel aus allen Quellen für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme aufbringen und deutlich erhöhen

15.b: Erhebliche Mittel aus allen Quellen und auf allen Ebenen für die Finanzierung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder aufbringen und den Entwicklungsländern geeignete Anreize für den vermehrten Einsatz dieser Bewirtschaftungsform bieten, namentlich zum Zweck der Walderhaltung und Wiederaufforstung

15.c: Die weltweite Unterstützung von Maßnahmen zur Bekämpfung der Wilderei und des Handels mit geschützten Arten verstärken, unter anderem durch die Stärkung der Fähigkeit lokaler Gemeinwesen, Möglichkeiten einer nachhaltigen Existenzsicherung zu nutzen

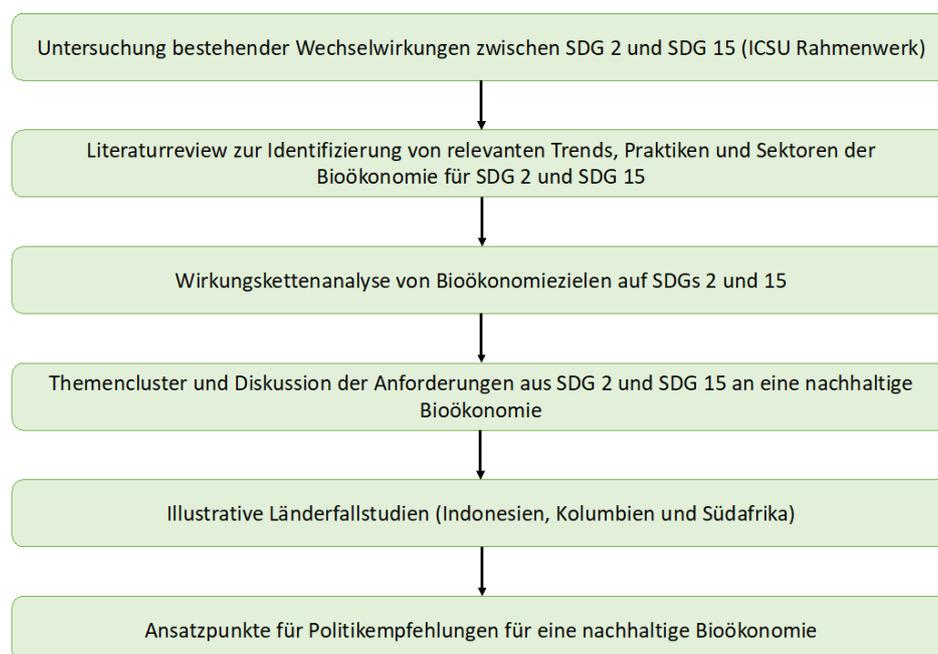
Um die Anforderungen an eine nachhaltige, ressourcenschonende Bioökonomie für die landnutzungsrelevanten SDG 2 und 15 zu identifizieren, wird eine methodische Vorgehensweise gewählt, die aus den folgenden sechs Schritten besteht. (siehe auch die Abbildung 4 unten).

1. Der Ausgangspunkt der Untersuchung ist die **Analyse bestehender Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15** ohne Einbeziehung der Bioökonomie. Hierzu wird das vom Internationalen Wissenschaftsrat (ICSU) publizierte analytische Rahmenwerk „A Guide to SDG interactions: from Science to Implementation“ (ICSU 2017) angewendet, um die bestehenden Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Zielen von SDG 2 und 15 zu analysieren.

2. Im nächsten Schritt steht ein **systematischer Literatur-Review** der Scopus Datenbank zur Recherche der bestehenden wissenschaftlichen Literatur zum Thema Bioökonomie und Nachhaltigkeit. Die relevanten Publikationen zum Thema Bioökonomie und SDGs werden untersucht und zusammengefasst.
3. Die **Wirkungskettenanalyse** (Wolff et al. 2016), die bei der im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Einordnung der Bioökonomie in den umweltpolitischen Kontext auf das gesamte SDG Rahmenwerk angewandt wurde, um Synergien und Zielkonflikte zu identifizieren, wird übernommen und mit den Unterzielen von SDG 2 und SDG 15 abgeglichen. Die Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse werden mit den aktuellen Erkenntnissen aus wissenschaftlichen Publikationen verglichen und abgestimmt. Somit wird eine systematische, differenzierte und wissenschaftlich fundierte Darstellung der Wechselwirkungen und potenziellen Synergien und Zielkonflikten zwischen SDG 2 und SDG 15 und Trends der Bioökonomie ermöglicht.
4. Darauffolgend werden im **Hauptteil der Untersuchung** die Hauptthemen, die sich aus den Unterzielen von SDG 2 und SDG 15 ergeben, in sieben Gruppen bzw. Themencluster unterteilt. Dies ist notwendig, um bestehende Zielkonflikte und Synergien, die sich aus den SDGs ergeben, sowie Anforderungen an die Bioökonomie und konkrete Lösungsansätze zu beschreiben und qualitativ zu analysieren. Die sieben Themencluster, die entsprechenden SDG-Unterziele und konkrete Fragestellungen sind hier aufgeführt:
 - ▶ **Hunger beenden (SDG 2.1) und Mangelernährung beenden (SDG 2.2):** Welchen Beitrag kann die Bioökonomie leisten, um ökologisch nachhaltig und sozial gerecht den Hunger zu beenden?
 - ▶ **Verdopplung der Produktion von Kleinbauern durch resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden (SDG 2.3 und SDG 2.4):** Wie kann Bioökonomie zur Steigerung landwirtschaftlicher Erträge beitragen und dabei sowohl die Nachhaltigkeit der Nahrungsmittelproduktion als auch die Erhaltung der Ökosysteme sicherstellen? Wie sieht ein Konzept für eine ökologische Intensivierung aus, das für alle nachfragenden Bereiche der Bioökonomie geeignet ist?
 - ▶ **Erhalt der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG 2.5) und fairer Zugang zu (genetischen) Ressourcen (SDG 15.6):** Wie wirkt sich die Patentierung von Pflanzen und Tieren im Rahmen von bioökonomischen Anwendungen und Techniken auf den Erhalt der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen und -Tieren aus?
 - ▶ **Korrektur von Handelsbeschränkungen und -verzerrungen, Schaffung stabiler Märkte und Beseitigung von Agrarexportsubventionen (SDG 2.B und SDG 2.C):** Wie müssen bestehende landwirtschaftliche Handelspolitiken einschließlich Exportsubventionen und Importpolitiken der EU und Deutschlands reformiert werden, damit nachhaltige und gerechte Verteilung von Nahrungsmitteln und Biomasse global sichergestellt werden kann?
 - ▶ **Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wäldern (SDG 15.1 und 15.2):** Welchen Beitrag kann und muss die Bioökonomie leisten, um eine nachhaltige Bewirtschaftung aller Waldarten zu fördern, die Entwaldung zu beenden, geschädigte Wälder wiederherzustellen und die Aufforstung und Wiederaufforstung zu erhöhen?
 - ▶ **Schutz von Böden und Bekämpfung der Desertifizierung (15.3):** In welcher Art und Weise kann Bioökonomie zum Bodenschutz beitragen? Wie könnten Bioökonomie-Politiken Bodennutzung nachhaltiger regulieren und welche Chancen hätten diese in globalem Maßstab?

- ▶ **Erhalt von Biodiversität und Schutz bedrohter Arten (15.5 und 15.9):** Welchen Beitrag kann eine nachhaltige Bioökonomie leisten zum Erhalt der Biodiversität und der natürlichen Lebensräume, um den Verlust der biologischen Vielfalt zu stoppen, bedrohte Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern?
- 5. Anschließend folgen drei **illustrierende und repräsentative Fallstudien der Länder Indonesien, Kolumbien und Südafrika**, um aufzuzeigen, wie sich Bioökonomie-Strategien und nationale SDG Rahmenwerke zueinander verhalten. Ansätze der Bioökonomie-Strategien werden beschrieben und Möglichkeiten aufgezeigt, um die sich aus den SDGs ergebenden Anforderungen und Lösungsansätze zu replizieren und zu skalieren.
- 6. Im abschließenden Teil werden **Politikempfehlungen für deutsche und europäische und agrar- und handelspolitische Akteure aufgezeigt** sowie Konzepte für die Implementierung von Lösungsansätzen für die Unterziele der SDG 2 und SDG 15 durch Ansätze in Entwicklungspolitik und internationaler Zusammenarbeit erarbeitet.

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Arbeitsabläufe



Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

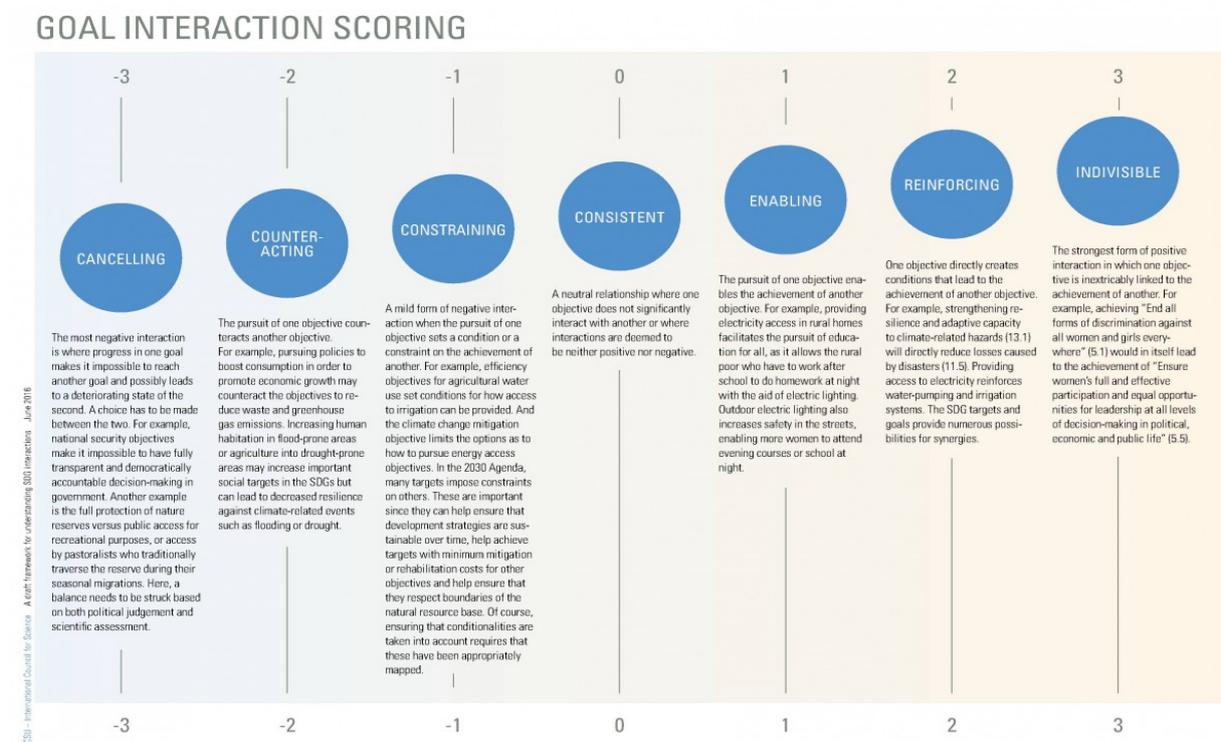
5.2 Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15 - Synergien und Zielkonflikte

5.2.1 Bestehende Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15 – „business as usual“ Entwicklung ohne Bioökonomie

Für eine Einschätzung der potenziellen positiven oder negativen Effekte der Bioökonomie auf SDG 2 und SDG 15 ist es notwendig zu erfassen, welche Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und 15 ohne weitreichende Entwicklungen und Innovationen der Bioökonomie bestehen. Dazu wenden wir das vom Internationalen Wissenschaftsrat (ICSU) publizierte analytische Rahmenwerk „A Guide to SDG interactions: from Science to Implementation“ (ICSU 2017) an. Das Ziel ist die Identifizierung von Synergien und potenziellen Zielkonflikten zwischen den beiden SDGs und entsprechenden Unterzielen. Das analytische Rahmenwerk wird genutzt, um kausale und

funktionale Zusammenhänge zu identifizieren, die dem Fortschritt oder der Erreichung der SDG Ziele und Vorgaben für eine nachhaltige Entwicklung zugrunde liegen. Positiven Wechselwirkungen werden Punkte von +1 ("ermöglichend"), +2 ("verstärkend") oder +3 ("unteilbar") zugeteilt, während durch Zielkonflikte gekennzeichnete Wechselwirkungen mit -1 ("einschränkend"), -2 ("entgegenwirkend") oder -3 ("stornierend") bewertet werden; neutrale Wechselwirkungen zwischen SDGs werden mit 0 bewertet (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Das ICSU Rahmenwerk zur Analyse von SDG Wechselwirkungen



Quelle: ICSU, 2017

Die Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15 sind im Folgenden zusammengefasst: **„Gesunde Ökosysteme leisten wichtige Dienste, von der Boden- und Wasserqualität über die genetische Vielfalt bis hin zur Bestäubung. Die Intensiv-Landwirtschaft ist ein wesentlicher Verursacher und Treiber für die negativen ökologischen Wirkungen auf die Ökosysteme. Nachhaltige landwirtschaftliche Systeme und Praktiken tragen zur Gesundheit der Ökosysteme bei. Eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion kann, wenn sie nicht nachhaltig angelegt ist, zu Abholzung und zu Bodendegradation führen und die Ernährungssicherheit langfristig gefährden. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Ziel einer ausreichenden Nahrungsmittelversorgung aller Menschen jetzt und in Zukunft und dem Erhalt und der Wiederherstellung von Ökosystemen ist erforderlich.“** (ICSU 2017, S.11) Diese zentrale Aussage wird im Folgenden detailliert untermauert.

Durch die systematische Bewertung der Wechselwirkungen zwischen den SDG-Unterzielen unterstützt die ICSU-Analyse die weitere Erarbeitung der Wechselwirkungen der Bioökonomie mit den Nachhaltigkeitszielen. Das Verständnis dieser bestehenden Wechselwirkungen zwischen den beiden SDGs ist relevant für die weitere Untersuchung bioökonomischer Ansätze zur Erreichung der Ziele, die Identifizierung und Verstärkung von Synergien und die Vermeidung von Zielkonflikten. Tabelle 5 zeigt die wichtigsten bestehenden Wechselwirkungen auf.

Tabelle 5: Bestehende Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15

	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.A	2.B	2.C
15.1	0	0	-2	+1	0	+1 -1	0	0
15.2	0	0	-2	+1	0	+1 -1	0	0
15.3	0	0	+1 -2	+1	0	+1 -1	0	0
15.4	0	0	0	+1	0	0	0	0
15.5	0	0	+1 -2	0	0	+1 -1	0	0
15.6	0	0	+1	0	0	0	0	0
15.7	0	0	0	0	0	0	0	0
15.8	0	0	0	0	0	0	0	0
15.9	0	0	0	0	0	0	0	0
15.A	0	0	0	0	0	+1 -1	0	0
15.B	0	0	0	0	0	+1 -1	0	0
15.C	0	0	0	0	0	0	0	0

Anmerkung: Positiven Wechselwirkungen bzw. Synergien wird +1 ("ermöglichend"), +2 ("verstärkend") oder +3 ("nicht voneinander zu trennen") zugeteilt, während durch Zielkonflikte gekennzeichnete Wechselwirkungen mit -1 ("einschränkend"), -2 ("entgegenwirkend") oder -3 ("stornierend") bewertet werden; neutrale Wechselwirkungen zwischen SDGs werden mit 0 bewertet

Quelle: ICSU, 2017 und Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

Bewertung und Analyse zeigen, dass sowohl Synergien als auch Zielkonflikte zwischen SDG 2 und SDG 15 bestehen, die im Folgenden beschrieben werden. So könnte das Erreichen der Ziele von SDG 2, vor allem die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität durch konventionelle Landwirtschaft ohne Beachtung von ökologischen Aspekten, den ökologischen Zielen von SDG 15 entgegenwirken. **Zielkonflikte** bestehen vor allem zwischen SDG-Unterziel 2.3 (Verdopplung der landwirtschaftlichen Produktion von Kleinbauern) und einer Reihe von Unterzielen von SDG 15 einschließlich der Ziele zum Erhalt von Ökosystemen und Schutz von Wäldern, Böden und biologischer Vielfalt. Vor allem die Ausweitung intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung mit hohem Einsatz von Agrochemikalien und intensiver Bodenbearbeitung, Beweidung oder Mähen kann insbesondere SDG 15.5 (Schutz der Biodiversität) entgegenwirken. Der verbesserte Zugang zu Märkten kann die Ausweitung landwirtschaftlicher Flächen fördern und zu einer Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität und der Einkommen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern führen. Dies könnte jedoch zur Entwaldung führen und dem SDG-Unterziel 15.2 entgegenwirken, die Entwaldung zu stoppen und Aufforstung und Wiederaufforstung zu erhöhen (ICSU 2017).

Der Bewertung zufolge bestehen keine Zielkonflikte zwischen den SDG-Unterzielen 2.1 (Beendigung des Hungers) und 2.2 (Beendigung von Unterernährung, vor allem von Kindern) mit den Zielen des SDG 15. Es geht beim Erreichen dieser beiden Unterziele nicht explizit um den Ausbau und Erweiterung der landwirtschaftlichen Produktion. Allerdings steht zu befürchten, dass Ernährungssicherheit gegebenenfalls als Argument zur Ausweitung von Anbauflächen angeführt wird. Um diese Entwicklung zu vermeiden, ist es notwendig Verteilungsfragen zu adressieren. Der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO)

zufolge stand die globale Nahrungsmittelproduktion 2013 bei 2884 kcal pro Kopf/Tag (FAOSTAT 2019), die verfügbaren Kalorien reichten theoretisch aus, um alle Menschen zu ernähren. Paradoxaerweise hat 2018 zum vierten Mal in Folge der Welthunger zugenommen (FAO; IFAD; UNICEF; WFP und WHO 2019). Die absolute Zahl der unterernährten Menschen, d. h. der Menschen mit chronischem Nahrungsmittelmangel, ist von rund 784 Million im Jahre 2015 auf mehr als 820 Millionen im Jahr 2018 gestiegen, rund 11 Prozent der globalen Bevölkerung leiden an Unterernährung (FAO 2019). In allen Regionen Afrikas, der Region mit der höchsten Unterernährungsrate von fast 20 Prozent der afrikanischen Bevölkerung, hat der Hunger zugenommen. Der FIES-Indikator⁴¹, der angewendet wird, um die Fortschritte bzw. Rückschritte von SDG 2.1 und 2.2 zu messen, zeigt, dass insgesamt etwa 2 Milliarden Menschen auf der Welt unter mäßiger bis starker Ernährungsunsicherheit leiden (FAO; IFAD; UNICEF; WFP und WHO, 2019). Menschen, die mäßiger Ernährungsunsicherheit ausgesetzt sind, leiden möglicherweise nicht unbedingt an Hunger, aber sie haben keinen regelmäßigen bzw. ausreichenden Zugang zu Nahrungsmitteln, wodurch sie einem höheren Risiko für verschiedene Formen von Mangelernährung ausgesetzt sind.

Die SDG-Unterziele 2.1 und 2.2 können theoretisch ohne weiteren Ausbau der Land- oder Forstwirtschaft erreicht werden, sondern durch gerechtere und gleichmäßigere Verteilung von Nahrungsmitteln an Regionen, Länder, Haushalte und Einzelpersonen, die an Hunger und Unterernährung leiden (FAO 2018a). Der Anstieg der landwirtschaftlichen Produktion in Ländern des Globalen Südens ist häufig exportorientiert und mit negativen Auswirkungen auf die Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln und einer potenziellen Bedrohung der Ernährungssouveränität in den Erzeugerländern verbunden (Mayer et al. 2015). Die derzeitige globale Ernteproduktion würde sogar ausreichen, um der heutigen und einer prognostizierten Weltbevölkerung von 9,7 Milliarden Menschen im Jahr 2050 ausreichend Nahrung zur Verfügung zu stellen. Weltweit gibt es genug Ackerland, um im Jahre 2050 die prognostizierte Bevölkerung von 9 Milliarden Menschen zu ernähren, dazu müssten die 40 Prozent aller heute zur Fütterung von Tieren erzeugten Pflanzen direkt für den menschlichen Verzehr verwendet werden (FAO 2012a). Neue Studien zeigen, dass sogar bis zu 10.2 Milliarden Menschen ausreichend ernährt werden können (Gerten et al. 2020). Die Grundvoraussetzungen hierfür sind räumliche Umstellung von Anbauflächen, ein verbessertes Wasser- und Nährstoffmanagement, die Reduzierung von Lebensmittelverschwendung und, vor allem, Umstellung von Ernährungsgewohnheiten und Konsumverhalten. Die sozioökonomischen Bedingungen vieler Menschen hin zur Gewährleistung des Zugangs zur weltweiten Nahrungsmittelversorgung und die Ernährungsgewohnheiten von Menschen in Industrienationen müssen sich grundlegend ändern (Berners-Lee et al. 2018, Gerten et al. 2020).

Wichtige **Synergien** bestehen zwischen den SDG-Unterzielen 2.4 (nachhaltige Lebensmittelproduktion und gleichzeitiger Schutz von Ökosystemen) sowie den Unterzielen 15.1 (Schutz von Ökosystemen), 15.2 (Schutz von Wäldern und nachhaltige Forstwirtschaft), 15.3 (Bodenschutz und Bekämpfung der Desertifizierung) und 15.4 (Schutz von Gebirgsökosystemen). Der Bericht (ICSU 2017) nennt eine Reihe von Maßnahmen und landwirtschaftlichen Ansätzen, die diese Synergien unterstützen und mögliche Zielkonflikte abwenden können.

Unter anderem können innovative agroökologische Techniken, wie etwa ökologische Schädlingsbekämpfung, eine wichtige Rolle bei der Verstärkung der positiven Interaktion zwischen SDG 2.4 und SDG 15 Unterzielen spielen. Weitere relevante Maßnahmenvorschläge werden von der zwischenstaatlichen Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen vorgebracht, die explizit die SDGs und ihre Wechselwirkungen thematisieren. Es wird unter anderem hervorgehoben, wie wichtig es ist, ein integriertes Management für nachhaltige Landschaften und

⁴¹ SDG-Indikator 2.1.2: Food Insecurity Experience Scale (FIES)

sektorübergreifende Ansätze zu verfolgen, bei denen die Kompromisse zwischen Nahrungsmittelproduktion und Biodiversitätsschutz berücksichtigt werden (IPBES 2019).

Das SDG-Unterziel 2A (Investitionen und technologische Entwicklung in Ländern des Globalen Südens) spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei den **Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15**. Zum einen können durch verstärkte Investitionen in internationale Zusammenarbeit, Technologie und Genbanken potenziell finanzielle Ressourcen mobilisiert werden, um die biologische Vielfalt zu erhalten und nachhaltig zu nutzen. Somit würden Synergien mit den Unterzielen 15.1 (Mobilisierung von finanziellen Ressourcen für Artenschutz) und 15.2 (Mobilisierung von finanziellen Ressourcen für Waldschutz) geschaffen. Zum anderen kann die Erhöhung von Investitionen und eine Förderung landwirtschaftlicher Infrastruktur sowie technologischer Entwicklung potenziell sogar einschränkend sein, vor allem, wenn durch Investitionen die landwirtschaftliche Intensivierung weiter ausgedehnt wird. Bei Intensivierung werden die Inputs pro Flächeneinheit deutlich höher, um durch besseres Saatgut sowie andere Technologien und Management-Praktiken höhere landwirtschaftliche Erträge zu erzielen. Damit steigen die Umweltkosten, wodurch das Erreichen der Unterziele von SDG 15 eingeschränkt wird.

Aus der Analyse der bestehenden Wechselwirkungen zwischen SDG 2 und SDG 15 ergeben sich folgende Fragen an eine nachhaltige Bioökonomie:

- ▶ Welche Bioökonomie-Ansätze und Trends können die potenziellen Synergien kräftigen und welche würden bestehende und potenzielle Zielkonflikte verschärfen?
- ▶ Welche Bioökonomie-Ansätze und Trends sollten im SDG-Kontext gefördert werden, welche sollten geprüft, kontrolliert und möglicherweise beschränkt werden?

Die Antworten auf diese Fragen werden in den folgenden Kapiteln erarbeitet.

5.2.2 Literaturreview zur Identifizierung von relevanten Trends, Praktiken und Sektoren der Bioökonomie für SDG 2 und SDG 15

Zur Identifizierung von relevanten Bioökonomie-Praktiken und Trends wurde ein systematisches Literatur-Review der bestehenden wissenschaftlichen Forschungsarbeiten und Fachzeitschriften zur Bioökonomie-Forschung (einschließlich New Biotechnology, Global Environmental Change, Food Policy, Trends in Food Science and Technology, Trends in Biotechnology, Global Food Security, usw.) durchgeführt. Sogenannte „graue Literatur“, wie etwa offizielle Berichte des UBA und des deutschen Bioökonomierats sowie weitere Hintergrundpapiere von EU-Bioökonomie-Projekten, Forschungsberichten, Dokumentationen und Positionspapieren von Nichtregierungsorganisationen (NRO), wurden ebenfalls in Betracht gezogen.

Die speziellen Themenfelder des Literatur-Review waren Bioökonomie-Publikationen mit Bezug zu SDG 2 und SDG 15, einschließlich der Themen nachhaltige Landwirtschaft (nachhaltige Intensivierung), Hungerbekämpfung und Ernährung, Erhalt der genetischen Vielfalt und Verteilungsgerechtigkeit (SDG 2) und nachhaltige Forstwirtschaft, Arten- und Biodiversitätsschutz, Bodenschutz bzw. Bekämpfung der Desertifizierung, und faire Verteilung und Nutzung genetischer Ressourcen (SDG 15).

Die Recherche zeigt, dass das Thema Nachhaltigkeit der Bioökonomie in der wissenschaftlichen Literatur verstärkt Betrachtung findet. Insgesamt wurden 449 zu dem Suchbegriff „Bioeconomy AND Sustainability“ im Zeitraum von 2010 bis einschließlich Juni 2020 publiziert. Vor allem seit 2015 stieg die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen zu dem Thema stark an.

Abbildung 6: Anzahl der internationalen wissenschaftlichen Publikation zu „Bioeconomy AND Sustainability“ der Scopus Datenbank, Zeitraum 2010-2020



Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung unter Verwendung der Daten der Scopus Datenbank)

Die Suche in der internationalen Fachdatenbank Scopus zu „SDGs AND Bioeconomy“ ergab zum Zeitpunkt der Recherche (März 2019) nur sechs wissenschaftliche Publikationen, die sich speziell mit dem Thema SDGs und Bioökonomie befassen. Die Methoden, Hauptaussagen und Resultate dieser Studien wurden qualitativ bewertet und sind im Folgenden zusammengefasst.

Literatur-Review SDGs und Bioökonomie: Qualitative Bewertung und Diskussion

Die inhaltliche Auswertung und das Extrahieren relevanter Information dieser sieben Studien zeigen unterschiedliche Ergebnisse, was die Einschätzung auf die Nachhaltigkeit der bestehenden Bioökonomie-Trends und -Politiken betrifft, und wie sich diese auf die Umsetzung und das Erreichen der SDG auswirken werden.

Die Studie von Issa, Delbrück und Hamm (2019)⁴² analysiert die Antworten einer Befragung von 345 Expertinnen und Experten aus 46 Ländern zu künftigen Entwicklungen und Strategien der globalen Bioökonomie im Kontext der SDGs. Nach Ansicht der Befragten muss die anstehende Bioökonomie in erster Linie die Bedürfnisse der Menschen in den Bereichen Energie, Landwirtschaft und Ernährung erfüllen. Der Beitrag der Bioökonomie zu den SDGs wurde fast ausschließlich als positiv bewertet: 98 Prozent der Befragten gaben an, sie erwarten eine vielversprechende „Erfolgsstory“ der Bioökonomie für ihr Land innerhalb der nächsten 20 Jahre. Nur 1 Prozent der Befragten nannten potenzielle negative Auswirkungen der Bioökonomie. Fünf der SDGs wurden in den Expertenbefragungen besonders betont: SDG 12 „Nachhaltiger Konsum und

⁴² Issa, I., Delbrück, S., Hamm, U. (2019): Bioeconomy from experts' perspectives – Results of a global expert survey. PLoS ONE. 14(5), e0215917

Produktion“, SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“, SDG 13 „Klimaschutz“, SDG 7 „Bezahlbare und saubere Energie“ und SDG 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“. Ungefähr drei Viertel der Befragten betonten die Notwendigkeit, drei bestehende Zielkonflikte und Ursachen für ökologische Probleme in den derzeitigen Bioökonomie-Strategien konkret anzusprechen:

1. Nutzung von Ackerland für Nicht-Nahrungsmittelproduktion,
2. Nutzung von Ackerland zur Herstellung von Ressourcen für Fleisch, Milch- und Eierproduktion und
3. die Umwandlung von Wäldern in landwirtschaftliche Nutzflächen.

Die meisten Expertinnen und Experten äußerten die Meinung, dass die Verringerung der Lebensmittelverluste und der Lebensmittelverschwendung von entscheidender Bedeutung ist, um das Hungerproblem der Welt zu beseitigen, also relevant ist für das Erreichen von SDG 2. Unter den Befragten gab es eine starke Präferenz für Finanzierung von Bioökonomie-Forschung für die Bereiche Biotechnologie vs. traditionellem ökologischem Wissen, für Hochtechnologiestrategien vs. Low-Tech Strategien, und für Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft vs. neue Formen der Nahrungsmittelproduktion, z.B. urbane Landwirtschaft. Es gab allerdings auch Unterschiede in den Ergebnissen. Die Befragten aus Ländern des Globalen Südens mit niedrigem und mittlerem Einkommen erwähnten in erster Linie Erwartungen an die Bioökonomie in Bezug auf die Grundbedürfnisse der Menschen, Versorgungssicherung und bezahlbare Energie. Auch Bildung soll ein vorrangiges Ziel für die künftige Bioökonomie in diesen Ländern werden. Die Experten aus Industrieländern hingegen erwarten Erfolge vor allem in Bezug auf erneuerbare Energien und biobasierte Produkte, biobasierte Innovationen, nachhaltigen Konsum und Produktion, neue Lebensmittelsysteme mit weniger Fleischkonsum, weniger Lebensmittelverschwendung und neue Nahrungsquellen.

Die Studie von Zeug et al. (2019)⁴³ bewertet die Relevanz von sechs spezifischen SDGs für die Bioökonomie anhand von Workshops mit Teilnehmenden verschiedener Interessengruppen. Die Studie identifiziert die verschiedenen und spezifischen Interessen, Wahrnehmungen und in einigen Fällen kontra-intuitive und widersprüchliche Positionen. Den Teilnehmenden zufolge sollten die Themen Hunger, Armut und Ungleichheiten Aspekte von hoher Relevanz für Länder und Regionen sein, die Bioökonomie-Strategien entwickeln und umsetzen. Ein Großteil der Teilziele aus den SDGs 15 und SDG 2 wurden von der Mehrheit (83.3 Prozent für SDG 15 und 75.0 für SDG 2 Prozent) bei der Analyse als ein "Muss" eingestuft, was die Wichtigkeit der grundlegenden Umweltaspekte für die Bioökonomie betont. An zweiter und dritter Stelle stehen viele Unterziele von SDG 2 (Kein Hunger) und SDG 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion), mit Betonung der Ernährungssicherheit, nachhaltige Landwirtschaft, und nachhaltige Produktions- und Konsummuster. Zwei konkrete Unterziele von SDG 2 sind genannt, nämlich 'Ernährungssicherheit gewährleisten' und 'Mangelernährung beenden' (Unterziele 2.1 und 2.2). Diese gehören aus Sicht aller Beteiligten zu den wichtigsten SDG-Unterzielen. Die Befragten der verschiedenen Interessengruppen betonen, dass Biomasse hauptsächlich für Ernährungszwecke verwendet werden sollte.

Die explorative Studie von Laibach, Börner und Böring (2019)⁴⁴ versucht unter Verwendung eines qualitativen Datenanalyse-Ansatzes mögliche Schlüsseltechnologie-Kriterien und Technologiefelder für die zukünftige Bioökonomie zu identifizieren. Zu diesem Zweck wurde eine globale

⁴³ Zeug, W., Bezama, A., Moesenfechtel, U., Jähkel, A., Thrän, D. (2019): Stakeholders' interests and perceptions of bioeconomy monitoring using a sustainable development goal framework. *Sustainability*, 11(6),1511

⁴⁴ Laibach, N., Börner, J., Bröring, S. (2019): Exploring the future of the bioeconomy: An expert-based scoping study examining key enabling technology fields with potential to foster the transition toward a bio-based economy. *Technology in Society* (article in press)

Umfrage unter Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Bioökonomie durchgeführt, in der potenzielle Schlüsseltechnologien und ihre Kriterien qualitativ abgefragt wurden. Insgesamt gingen 345 Antworten von 394 versendeten Umfragepapieren an Expertinnen und Experten verschiedener Länder, Interessengruppen und Sektoren in die Analyse ein. Von den 345 Antwortenden waren 149 Akademiker, 77 kamen aus dem Bereich öffentlicher Dienst und Politik, 38 aus dem Privatsektor, 26 von NROs, 25 aus Forschung und Entwicklung, 24 aus dem Consultingsektor und sechs von internationalen Organisationen. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass Bioökonomie-Expertinnen und Experten je nach beruflichem Hintergrund und Länderherkunft zwischen verschiedenen Schlüsseltechnologie-Bereichen und -Kriterien unterschiedliche Prioritäten setzen. Die Befragten identifizierten mehrere Kriterien als relevant für Schlüsseltechnologien, zum Beispiel Wettbewerbsfähigkeit, ökologische Nachhaltigkeit und Ernährungssicherheit, aber auch Kriterien wie Wiederverwendung von Abfällen zur Verbesserung der Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft. Im SDG-Kontext identifizierten die Befragten die wirtschaftliche Säule als das wichtigste identifizierte Kriterium. Insbesondere in den Ländern, in denen die Landwirtschaft und Primärsektoren eine wichtige Rolle spielen, ist die Rentabilität einer neuen Technologie von entscheidender Bedeutung. Umweltkriterien wurden ebenfalls von Bioökonomie-Expertinnen und -Experten als wichtige Kriterien für die Entwicklung von Schlüsseltechnologien gesehen. Im Gegensatz hierzu wurden die sozialen Dimensionen der SDGs bzw. Bedenken hinsichtlich der sozialen Nachhaltigkeit in der Umfrage nicht häufig als Kriterium für die Entwicklung von Schlüsseltechnologien in der Bioökonomie erwähnt.

Die Studie von Dietz et al. (2018)⁴⁵ analysiert und bewertet nationale Bioökonomie-Strategien im Kontext der globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung. Ein für die Studie entwickelter theoretischer Rahmen unterscheidet vier Pfade der bioökonomischen Entwicklung. Ausgangspunkt der Studie ist die Annahme, dass eine innovative und nachhaltige Nutzung biobasierter Ressourcen in verschiedenen Wirtschaftssektoren die Möglichkeit bietet, eine Reihe verschiedener Ziele der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist jedoch die Entwicklung eines umfassenden Governance-Rahmens⁴⁶ für die Bioökonomie. Ohne entsprechende Governance Rahmenwerke entstehen vorrausichtlich eine Reihe von Zielkonflikten zwischen den SDGs und der Entwicklung der Bioökonomie. Inwieweit bioökonomische Entwicklungen auf diesen Wegen zu mehr Nachhaltigkeit führen, hängt von der Schaffung wirksamer Governance-Mechanismen ab. Die Autoren unterscheiden zwischen der Ermöglichung von Governance und der Einschränkung von Governance als die beiden grundlegenden politischen Herausforderungen bei der Schaffung eines wirksamen Governance-Rahmens für eine nachhaltige Bioökonomie. Nur eine Minderheit der 41 Staaten, die Bioökonomie-Strategien verfolgen, erwähnen die potenziellen negativen Auswirkungen und Risiken der Bioökonomie auf die nachhaltige Entwicklung. Die Staaten, die drei oder mehr Risiken identifizieren, sind Thailand, Deutschland, UK und Irland. Diese Staaten, die umfassende Strategien verfolgen, stützen sich jedoch weitgehend nur auf sanfte politische Mittel zur Risikominderung und zur Konfliktbewältigung. Was sind die tatsächlichen Auswirkungen auf die Erreichung der SDGs, die sich ergeben, wenn Staaten ihre Bioökonomie-Strategien umsetzen? Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Regierungen die Entwicklung einer modernen Bioökonomie allgemein als zentrale Strategie zur Förderung ihrer Volkswirtschaften und zur Gewährleistung einer nachhaltigen

⁴⁵ Dietz, T., Börner, J., Förster, J.J., von Braun, J. (2018): Governance of the bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies. *Sustainability* 10(9),3190

⁴⁶ Governance wird in der Studie definiert als „die Prozesse, durch die Gesellschaften ihre Regelwerke und Institutionen adaptieren, um neue Herausforderungen zu bewältigen“.

Entwicklung weltweit betrachten. Um diese Ziele zu erreichen, benötigen die nationalen Bioökonomien jedoch einen wirksamen und global koordinierten Governance-Rahmen.

Die Studie von Lokko et al. (2018)⁴⁷ ist die einzige, die ganz konkret die positive Rolle der Biotechnologie in der Bioökonomie für eine Reihe der SDGs betont, da sie Möglichkeiten für Fortschritte bei der Erreichung vieler Ziele sieht, einschließlich SDG 2 „Kein Hunger“. In der Studie wird der Status der industriellen Biotechnologie im Hinblick auf eine integrative und nachhaltige industrielle Entwicklung untersucht. Es wird erwartet, dass biotechnologische Entwicklungen vor allem zu den Zielen SDG 2 „Kein Hunger“, SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“, SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“, und SDG 12 „Nachhaltiger Konsum und Produktion“ beitragen.

Die Szenarien-Analyse von Heimann (2019)⁴⁸ untersucht, inwiefern die in den Bioökonomie-Konzepten der OECD, der EU und der Bundesregierung geplanten Maßnahmen zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) beitragen oder diesen Zielen entgegenwirken. Es werden drei Szenarien unterschieden: Business as usual (BAU), konventionelle Bioökonomie und eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Bioökonomie. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die konventionelle Bioökonomie ohne Nachhaltigkeitskriterien eine Reihe negativer Auswirkungen auf SDG 2 und SDG 15 haben wird. Das Ziel SDG 2 „Kein Hunger“ wird von den sozioökonomischen Ergebnissen der Bioökonomie stark beeinflusst. Die Bioökonomie wirkt sich auf den Arbeitsmarkt, den Agrarrohstoffmarkt und die landwirtschaftlichen Aktivitäten aus.

Für SDG 15 ergeben sich hierin keine positiven Effekte, weder für das BAU- noch das konventionelle Bioökonomie-Szenario. Die Analyse zeigt, dass das konventionelle Bioökonomie-Szenario die stärksten negativen Auswirkungen hat und verschiedene Zielkonflikte bestehen und zwar aus verschiedenen Gründen. Während zum Beispiel die EU- und OECD-Bioökonomie-Strategien feststellen, dass das Ziel der Bioökonomie die Nutzung biobasierter Rohstoffe ist, ohne die Ökosysteme zu gefährden, betont SDG 15 den Schutz und die Wiederherstellung von Ökosystemen, was jedoch nicht im Fokus der Bioökonomie-Strategien steht (Europäische Kommission 2018; OECD 2009). Ähnliche Berücksichtigung betreffen das SDG-Ziel zur Aufforstung und Wiederherstellung degradiertes Wälder: Die Bioökonomie-Strategien sehen insbesondere Bäume als wertvolle Biomasse-Ressource, zum Beispiel auch in Lignocellulose-Anwendungen für Biokraftstoffe. In Anbetracht dieser zusätzlichen ökonomischen Anreize muss auch die Umwandlung von Wald in Ackerland kritisch betrachtet werden, die erst den zunehmenden Biomassebedarf der Bioökonomie-Szenarien erfüllen könnte. Daher kann die Bioökonomie nicht als unterstützend für SDG 15 betrachtet werden. Das nachhaltige Bioökonomie-Szenario hingegen erfüllt die Anforderungen des SDG Ziel 15.2 durch die substanziellen Förderungen und Schutz von Wäldern und durch Aufforstung auf globaler Ebene, unter Berücksichtigung von lokalen Faktoren und ökologischen Anforderungen.

Darüber hinaus schafft die steigende Nachfrage nach Biomasse im konventionellen Bioökonomie-Szenario neue Anreize für Landnutzungsänderungen, um neue landwirtschaftliche Flächen zu erschließen. Dadurch werden Ökosystemdienstleistungen sowie die biologische Vielfalt geschädigt. Biologische Vielfalt kann auch durch die extensive Bewirtschaftung reduziert werden von potenziell invasiven Hybrid- und genetisch veränderter Organismen, die lokale Varietäten unterdrücken kann und dem Ziel 15.8 entgegenwirken.

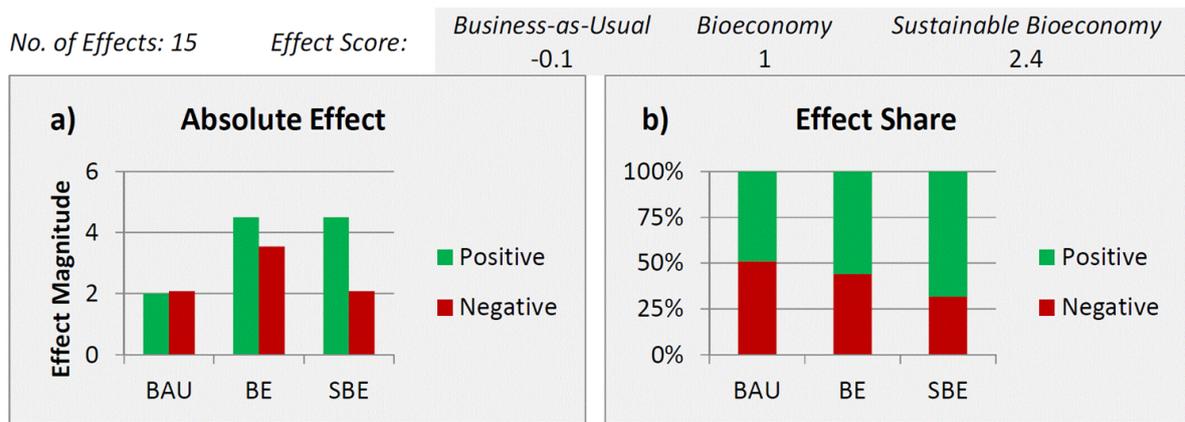
⁴⁷ Lokko, Y., Heijde, M., Schebesta, K., Scholtès, P., Van Montagu, M., Giacca, M. (2018): Biotechnology and the bioeconomy—Towards inclusive and sustainable industrial development. *New Biotechnology* 40 (2018) 5–1

⁴⁸ Heimann, T. (2019): Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7, 43–57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>

Da die oben erwähnten Probleme bereits gut aus den Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten bekannt sind, wird eine nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Bioökonomie die bestehenden Probleme voraussichtlich verschärfen. Doch auch das nachhaltige Bioökonomie-Szenario kann negative Auswirkungen auf SDG 15 haben. Während die Aufforstung, Bodendegradation und Wiederherstellung von Ökosystemen behandelt würden, bleiben Fragen zu Landexpansion und invasiven Kulturen bestehen. Somit gelangt man mit der Szenarien-Analyse zu der Einschätzung, dass der Nettoeffekt der nachhaltigen Bioökonomie-Szenarios für die Erreichung der SDG 15 neutral ist.

Abbildung 7: Auswirkungen der Bioökonomie auf SDG 2

5.1. SDG 2 “Zero Hunger”



Quelle: Heimann, 2019

Abbildung 8: Auswirkung der Bioökonomie auf SDG 15

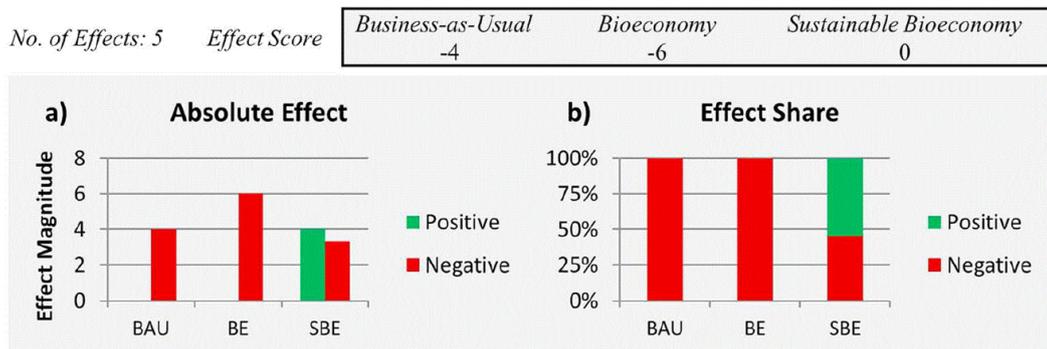


Figure 7. Sustainable Development Goal 15. The score of the negative effects is multiplied by -1 and thus showing a positive value. BAU = business as usual; BE = bioeconomy; SBE = sustainable BE.

Quelle: Heimann, 2019

Eine auf Nachhaltigkeitsaspekte ausgerichtete Bioökonomie würde ermöglichen, eine Reihe der negativen Auswirkungen in positive Effekte umzuwandeln. Jedoch selbst in einem optimistischen Szenario einer „nachhaltigen“ Bioökonomie würden negative Effekte weiterhin bestehen bleiben und das Erreichen von konkreten SDG-15-Zielen erschweren. Die Studie empfiehlt daher, dass Zielkonflikte zwischen Bioökonomie-Zielen und Trends auf individueller Basis ermittelt und bewertet werden müssen.

Zusammenfassend können aus der Analyse der bestehenden Literatur zum Thema „Bioökonomie und SDG“ folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- ▶ Derzeitig erfüllen die bestehenden Bioökonomie-Strategien nicht die Anforderungen der Nachhaltigkeitsziele. SDG 2 und SDG 15 sind zwei der entscheidendsten Ziele sowohl für den SDG-Kontext als auch für die Bioökonomie-Strategien. Für die Erreichung der Agenda 2030 und für nachhaltige Bioökonomie-Strategien ist es notwendig, bestehende und potenzielle Synergien zwischen diesen beiden wichtigen Zielen zu verstärken.
- ▶ Es fehlt an empirischen Studien, die die Zusammenhänge zwischen Bioökonomie-Strategien und ihren Maßnahmen mit den Maßnahmen zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele analysieren. Die bestehende wissenschaftliche Literatur bezieht sich hauptsächlich auf Befragungen von Expertinnen und Experten und Szenarien-Analysen.
- ▶ Für das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele benötigt die Ausgestaltung der Bioökonomie auf nationaler Ebene einen wirksamen und zudem global koordinierten Governance-Rahmen. Es bestehen politische Herausforderungen für die Schaffung eines wirksamen Governance-Rahmens für eine nachhaltige Bioökonomie. Nur eine Minderheit von Regierungen hat sich bisher mit den potenziellen negativen Auswirkungen der biobasierten Transformation auf die nachhaltige Entwicklung und SDGs beschäftigt.
- ▶ Deutsche Universitäten und Forschungsinstitute sind derzeit führend in den neuen Forschungsbereichen, welche die Schnittstellen zwischen Bioökonomie-Konzepten und den UN Nachhaltigkeitszielen untersuchen. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten zeigen, dass bestehende Bioökonomie-Strategien den sich aus den SDGs abgeleiteten Nachhaltigkeitsanforderungen zu wenig Bedeutung beimessen.

5.2.3 Bioökonomie-Ziele und Nachhaltigkeitsziele: Wechselwirkungen mit den Unterzielen der SDGs 2 und 15

Basierend auf den bestehenden Synergien und Zielkonflikten zwischen SDG 2 und SDG 15, greift die Ermittlung für die SDG-relevanten Ziele der Bioökonomie die bereits vorliegenden Ergebnisse aus der Analyse der Wirkungsketten auf (siehe Kap. 4). Die folgende Analyse vertieft diese Ergebnisse im Kontext der SDG 2 und SDG 15 Unterziele durch Beispiele aus der bestehenden wissenschaftlichen Literatur. Im Folgenden werden die Wechselwirkungen der speziellen Unterziele von SDG 2 und SDG 15 mit den in vorangehenden APs untersuchten neun Bioökonomie-Zielen analysiert (siehe folgende Zusammenfassung).

Ziele der Bioökonomie-Konzepte

1. Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und wirtschaftliches Wachstum in Deutschland / Europa
2. Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland / Europa (insbesondere im ländlichen Raum)
3. Steigerung der Produktion in Agrar- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur
4. Steigerung von Forschung, Innovation und Qualifikation („wissensbasierte Bioökonomie“)
5. Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer / gentechnischer Verfahren (z.B. „weiße“ Biotechnologie, „Genome Editing“)
6. Gewährleistung der globalen Ernährungssicherheit

7. Reduzierung von fossilen Rohstoffen für die stoffliche Nutzung (Wechsel Rohstoffbasis und Substitution fossiler durch nachhaltige biogene Rohstoffe)
8. Effiziente Nutzung biogener Rohstoffe (z.B. durch das Konzept der Kaskadennutzung)
9. Klimaschutz

Für den Abgleich der in den bestehenden Bioökonomie-Konzepten artikulierten Ziele mit den betrachteten SDGs wird die Methodik der Wirkungskettenanalyse zugrunde gelegt. Ob bzw. inwieweit die Politikmaßnahmen kohärent sind, entscheidet sich dabei nicht primär auf der Ebene politischer Ziele (Wolff et al. 2016): Zielkonflikte oder Synergien ergeben sich vielmehr durch die Art wie ein Ziel (A) umgesetzt wird und dadurch Wirkung entfaltet. Die Umsetzungsmaßnahmen führen zu Verhaltensänderungen, die die Ursachen eines anderen Problems verschärfen (oder auch mindern) können, welches durch Ziel (B) adressiert wird. Wie auch die Analyse des ICSU Rahmenwerks zeigt, sind die SDG 2 Ziele „Kein Hunger“ und SDG 15 Ziele „Leben an Land“ nicht grundsätzlich inkohärent. Es sind jedoch Umsetzungsmaßnahmen denkbar, in denen Strategien und Politikmaßnahmen für Ernährungssicherheit zu Lasten von Umweltschutz und Biodiversitätserhalt gehen (z.B. Ausweitung der industriellen Landwirtschaft für Ölpalmplantagen oder Rinderhaltung, mit der Folge von Waldverlust und Bodendegradierung für die Ausweitung von Monokulturplantagen).

Ebenfalls werden spezifische Bioökonomie-Trends und -pfade, land- und forstwirtschaftliche Ansätze und Technologien aus der Analyse der Entwicklungslinien und Potentiale der Bioökonomie⁴⁹ analysiert und die potenziellen Auswirkungen (positiv, neutral, negativ) auf die Unterziele von SDG 2 und SDG 15 eingeschätzt. Die Ergebnisse aus der Wirkungskettenanalyse für jedes Unterziel werden mit Bioökonomie-Trends, landwirtschaftlichen Praktiken und technologischen Entwicklungen mit Beispielen aus der bestehenden wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Fachliteratur geprüft, ergänzt und ggf. abgeglichen. Dieser iterative Prozess ermöglicht eine differenzierte Darstellung der Wechselwirkungen zwischen Bioökonomie und SDGs. Die untersuchten Bioökonomie-Trends und -Pfade, landwirtschaftliche Praktiken und technologischen Entwicklungen werden in drei Kategorien von Wechselwirkungen eingeordnet, nämlich Synergien, potenzielle Synergien, neutrale Wechselwirkung und Zielkonflikte. Hierbei handelt es sich sowohl um bestehende als auch potenzielle Wechselwirkungen. Die quantitativen Ergebnisse werden hier zunächst in gekürzter Form vor- und visuell dargestellt. Die detaillierte qualitative Diskussion der Synergien und Zielkonflikte, und welche Anforderungen sich hieraus an die Bioökonomie ergeben, erfolgt im nächsten Kapitel. Die detaillierten Untersuchungen und Ergebnisse der Wirkungskettenanalyse sind als Ergänzungsmaterial beigefügt.⁵⁰ Weiterhin werden die Wechselwirkungen detailliert in Kapitel 5.3 untersucht. Die folgenden Abschnitte sind eine einführende Zusammenfassung.

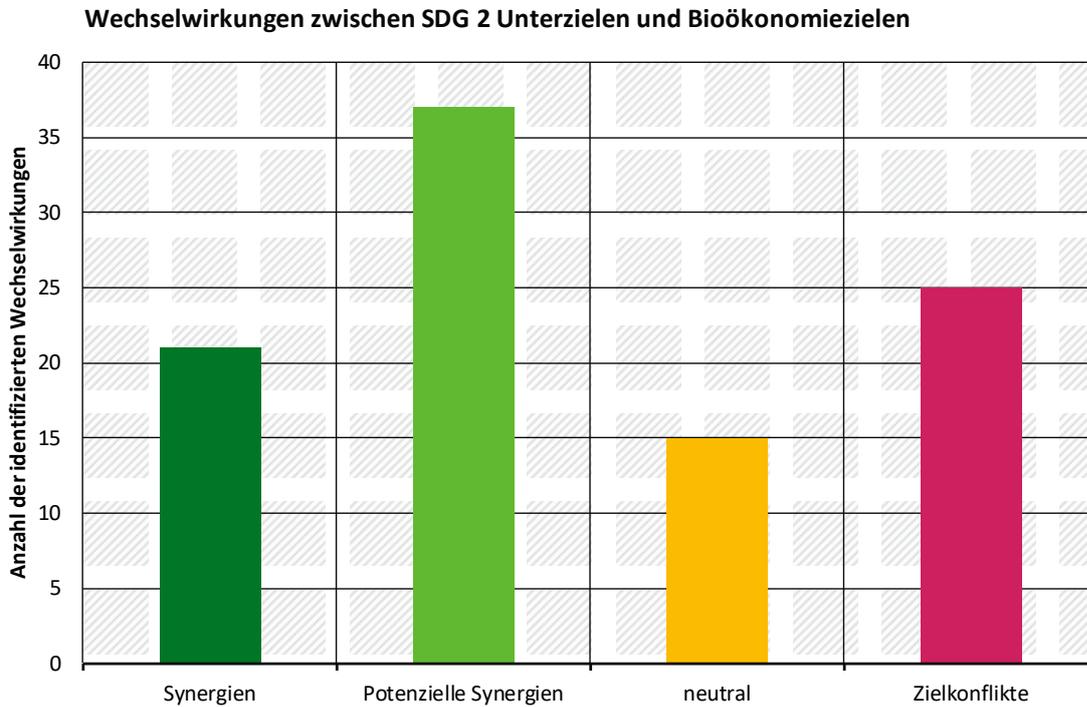
Für die acht Unterziele des SDG 2 und die neun Bioökonomie-Ziele werden insgesamt 21 Synergien, 37 potenzielle Synergien, 15 neutrale Wechselwirkungen und 25 Zielkonflikte identifiziert. Für die zwölf Unterziele von SDG 15 und die neun Bioökonomie-Ziele ergeben sich insgesamt 17 Synergien, 51 potenzielle Synergien, 13 neutrale Wechselwirkungen und 42 Zielkonflikte (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10). Als Synergien werden Ansätze und Konzepte definiert, die bereits in Bioökonomie-Strategien Erwähnung finden und in der Bioökonomie praktiziert werden.

⁴⁹ Siehe hierzu auch die im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens durchgeführten Analysen zu diesem Thema in Kap. 3.

⁵⁰ Die Wechselwirkungen wurden auf Basis einer detaillierten Analyse ermittelt, die als Excel-Tabelle unter folgendem Link verfügbar ist: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-an-eine-nachhaltige-biooekonomie-aus-der-agenda-2030-sdg-umsetzung>.

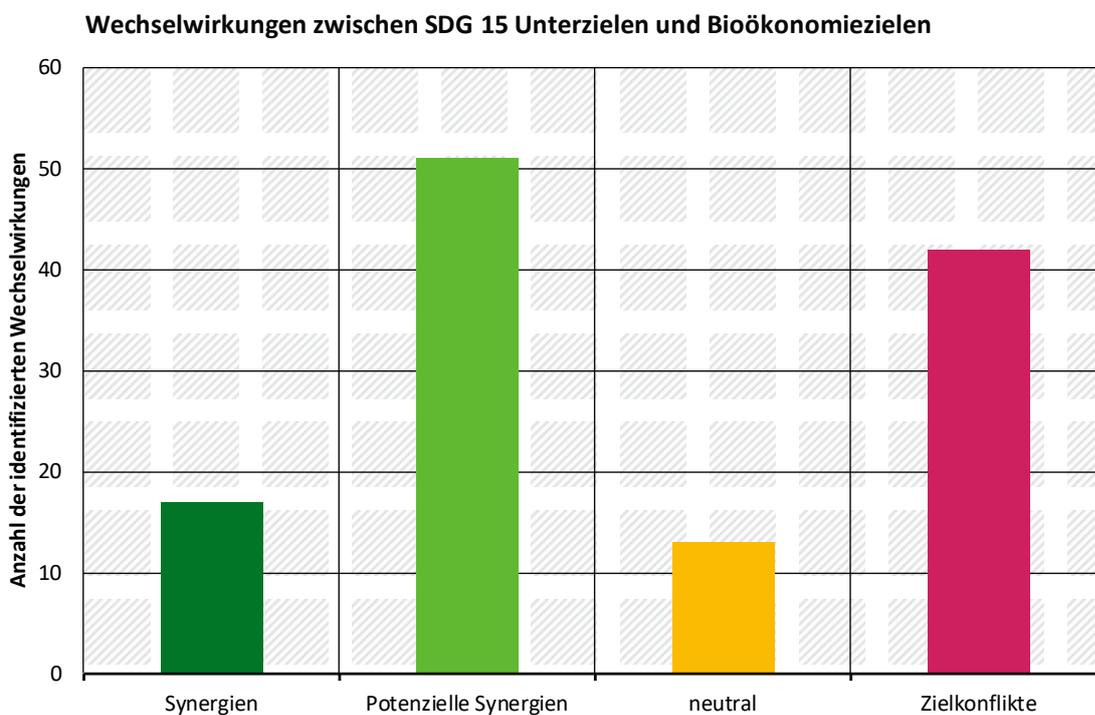
Als potenzielle Synergien bezeichnen wir bestehende Ansätze und Konzepte, die derzeit nicht in Bioökonomie-Strategien berücksichtigt werden, jedoch für die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele von großer Bedeutung sind.

Abbildung 9: Synergien, potenzielle Synergien und Zielkonflikte SDG 2 mit Bioökonomie-Zielen



Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

Abbildung 10: Synergien, potenzielle Synergien und Zielkonflikte SDG 15 mit Bioökonomie-Zielen

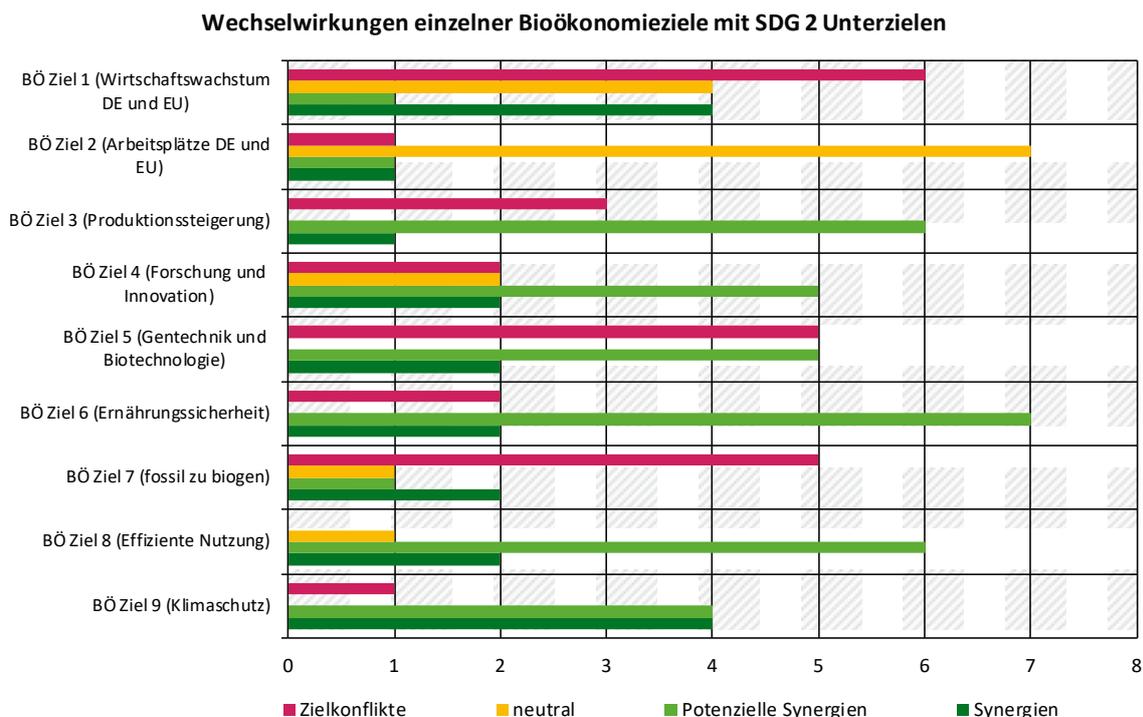


Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

Die Wirkungskettenanalyse zeigt ebenfalls, welche der neun Bioökonomie-Strategien die meisten Potenziale für Synergien und die meisten Zielkonflikte aufweisen. Für SDG 2 bestehen die größten Potenziale für Synergien in den Bioökonomie-Zielen 6 (Ernährungssicherheit), 8 (effiziente Nutzung) und 9 (Klimaschutz). Diese drei Bioökonomie-Ziele weisen auch die wenigsten Zielkonflikte auf. Die schwersten Zielkonflikte entstehen durch die Bioökonomie-Ziele 1 (Wirtschaftswachstum in DE und EU), 3 (Produktionssteigerung) und 7 (fossil zu biogen). (siehe Abbildung 11).

Hierbei ist anzumerken, dass auch bei diesen drei Bioökonomie-Zielen wichtige potenzielle Synergien bestehen. Dies zeigt, dass diese Ziele nicht prinzipiell inkohärent mit den Unterzielen von SDG 2 sind, sondern dass es auf die Umsetzungsmaßnahmen der einzelnen Bioökonomie-Ziele ankommt. Wenn beispielsweise das Bioökonomie-Ziel 1 (Wirtschaftswachstum in DE und EU) durch den Ausbau und Förderung des ökologischen Landbaus umgesetzt wird, ist dies synergistisch mit den Zielen 2.3 (Unterstützung von Kleinlandwirtschaft) und 2.4 (nachhaltige Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion). In diesem Kontext ist das Ziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, bis 2030 den Ökolandbau auf 20 Prozent der Anbaufläche zu steigern, synergistisch mit SDG 2.4 und dem Bioökonomie-Ziel 1. Wenn andererseits das Bioökonomie-Ziel 1 (Wirtschaftswachstum in DE und EU) durch den Ausbau der konventionellen Intensivlandwirtschaft angestrebt wird, steht diese Umsetzungsmaßnahme nicht nur im Zielkonflikt mit SDG 2.4 (nachhaltige Landwirtschaft), sondern potenziell auch im Konflikt mit SDG 2.3 und 2.B (Beendigung von Subventionen), wenn steigende Produktion von billigen Produkten zu steigenden Exporten von deutschen und europäischen Agrarprodukten in Ländern des Globalen Südens führt.

Abbildung 11: Wechselwirkungen einzelner Bioökonomie-Ziele mit SDG 2 Unterzielen



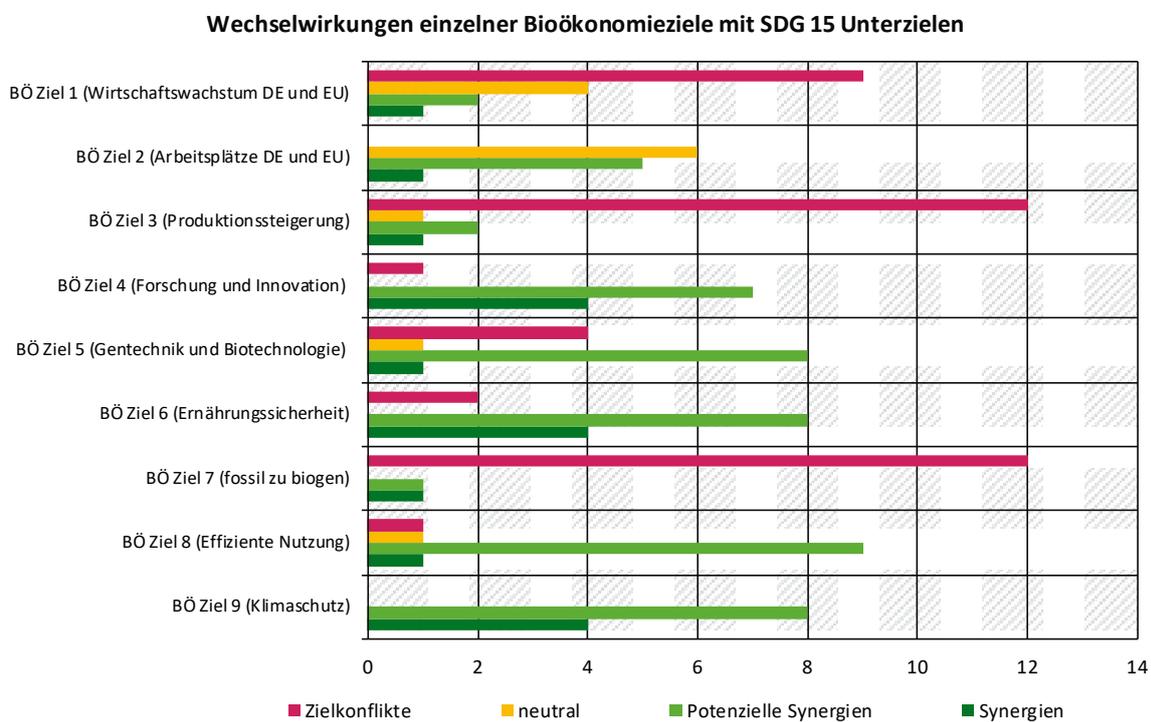
Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

Für SDG 15 ergibt sich ein ähnliches Bild wie für SDG 2. Auch hier bestehen die größten Potenziale für Synergien in den Bioökonomie-Zielen 6 (Ernährungssicherheit), 8 (effiziente Nutzung)

und 9 (Klimaschutz). Zusätzlich ergeben sich wichtige potenzielle Synergien durch das Bioökonomie-Ziel 4 (Forschung und Innovation). Diese vier Bioökonomie-Ziele weisen auch die wenigsten Zielkonflikte auf. Die schwersten Zielkonflikte entstehen, wie auch bei SDG 2 durch Bioökonomie-Ziele 1 (Wirtschaftswachstum in DE und EU), 3 (Produktionssteigerung) und 7 (fossil zu biogen). (siehe Abbildung 12).

Wie auch bei SDG 2 kommt es auf die Umsetzungsmaßnahmen der Bioökonomie-Ziele an. Beispielsweise würde die Umsetzung des Bioökonomie-Ziels 3 (Produktionssteigerung) in der Forstwirtschaft, vor allem wenn sich die Produktionssteigerung auf Holzprodukte und Primärproduktion bezieht, negative Auswirkungen auf Waldökosysteme und biologische Vielfalt haben, und steht daher im Zielkonflikt mit SDGs 15.1, 15.2 und 15.5. Hingegen können sogenannte zirkuläre Ansätze und Kaskadennutzung⁵¹ von Biomasse in der Forstwirtschaft Effizienzsteigerungen generieren. Beispielsweise wird durch Kaskadennutzung Holz länger, effizienter und effektiver verwendet und somit negative Auswirkungen auf Waldökosysteme reduziert (siehe z.B. Bioökonomie in Finnlands Forstwirtschaft, Näyhä 2019). Dadurch können zwar nicht unbedingt Synergien mit SDG 15 erreicht werden (d.h. keine Verbesserung von Ökosystemen erzielt werden), jedoch Zielkonflikte vermieden werden.

Abbildung 12: Wechselwirkungen einzelner Bioökonomie-Ziele mit SDG 15 Unterzielen



Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

Was sich ebenfalls aus dem Vergleich der beiden Wirkungskettenanalysen zeigt, ist die Möglichkeit, durch Bioökonomie Synergien zwischen SDG 2 und SDG 15 zu schaffen, und damit die bestehenden Zielkonflikte zu vermeiden, wie die Analyse des ICSU-Rahmenwerks zeigt. Ein erfolgsversprechender Lösungsansatz wäre die ökologische Intensivierung basierend auf

⁵¹ Siehe detaillierte Erläuterung der Konzepte in Kap. 5.3.5.

agrärökologischen Prinzipien⁵², womit die sich aus SDG 2.3 (Verdopplung der Produktion von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern) und SDG 2.A (Investitionen in ländliche Infrastruktur und Steigerung von Produktionskapazitäten) entstehenden Zielkonflikte mit SDG 15 Unterzielen vermeiden ließen und sogar Synergien entstehen können.

Weitere Anforderungen aus der Wirkungskettenanalyse bzw. den SDG 2 und 15 an bestehende Bioökonomie-Strategien ist die Notwendigkeit, den Bioökonomie-Zielen 6 (Ernährungssicherheit) und 9 (Klimaschutz) verstärkte Beachtung zukommen zu lassen, da sich durch diese beiden Ziele die meisten Synergien mit den Nachhaltigkeitszielen erschließen.

5.3 Themencluster und Anforderungen aus SDG 2 und SDG 15 an eine nachhaltige Bioökonomie

In diesem Kapitel, das den Hauptteil der Analyse zu den landnutzungsrelevanten SDGs darstellt, werden die Hauptthemen, die sich aus den Unterzielen von SDG 2 und SDG 15 ergeben, in sieben Gruppen bzw. Themencluster unterteilt. Dies ist notwendig, um bestehende Zielkonflikte und Synergien, die sich aus den SDGs ergeben, zu identifizieren sowie Anforderungen an die Bioökonomie und konkrete Lösungsansätze zu beschreiben und qualitativ zu analysieren. Die sieben Themencluster, die entsprechenden SDG-Unterziele und konkrete Fragestellungen sind hier aufgeführt:

- ▶ **Hunger beenden (SDG 2.1) und Mangelernährung beenden (SDG 2.2):** Welchen Beitrag kann die Bioökonomie leisten, um ökologisch nachhaltig und sozial gerecht den globalen Hunger weltweit zu beenden?
- ▶ **Verdopplung der Produktion von Kleinbauern durch resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden (SDG 2.3 und SDG 2.4):** Wie kann Bioökonomie zur Steigerung landwirtschaftlicher Erträge beitragen und dabei sowohl die Nachhaltigkeit der Nahrungsmittelproduktion als auch die Erhaltung der Ökosysteme sicherstellen? Wie sehen Konzepte für eine ökologische Intensivierung aus, die alle nachfragenden Bereiche der Bioökonomie abdecken?
- ▶ **Erhaltung der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG 2.5) und fairer Zugang zu (genetischen) Ressourcen (SDG 15.6):** Wie wirkt sich die Patentierung von Pflanzen und Tieren im Rahmen von bioökonomischen Anwendungen und Techniken auf den Erhalt der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen und -Tieren aus?
- ▶ **Korrektur von Handelsbeschränkungen und -verzerrungen, Schaffung stabiler Märkte und Beseitigung von Agrarexportsubventionen (SDG 2.B und SDB 2.C):** Wie müssen bestehende landwirtschaftliche Handelspolitiken einschließlich Exportsubventionen und Importpolitiken der EU und Deutschlands reformiert werden, damit nachhaltige und gerechte Verteilung von Nahrungsmitteln und Biomasse global sichergestellt werden kann?
- ▶ **Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wäldern (SDG 15.1 und 15.2):** Welchen Beitrag kann und muss die Bioökonomie leisten, um eine nachhaltige Bewirtschaftung aller Waldarten zu fördern, die Entwaldung zu beenden, geschädigte Wälder wiederherzustellen und die Aufforstung und Wiederaufforstung zu erhöhen?
- ▶ **Schutz von Böden und Bekämpfung der Desertifizierung (15.3):** In welcher Art und Weise kann Bioökonomie zum Bodenschutz beitragen? Wie könnten Bioökonomie-Politiken

⁵² Siehe Kapitel 3.3 für die detaillierte Beschreibung und Diskussion des ökologischen Intensivierungsansatzes

Bodennutzung nachhaltiger regulieren und welche Chancen hätten diese in globalem Maßstab?

- **Erhalt von Biodiversität und Schutz bedrohter Arten (15.5 und 15.9):** Welchen Beitrag kann eine nachhaltige Bioökonomie leisten zum Erhalt der Biodiversität und der natürlichen Lebensräume, um den Verlust der biologischen Vielfalt zu stoppen und bedrohte Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern?

5.3.1 Hunger und Mangelernährung beenden – SDG 2.1 und 2.2

Prinzipiell sind SDG 2.1 und SDG 2.2 und das Bioökonomie-Ziel 6 (Ernährungssicherheit) identisch. Jedoch wird das Ziel der Ernährungssicherheit in vielen der bestehenden Bioökonomie-Strategien nicht priorisiert und im Detail beschrieben. Vor allem die Frage, wie Bioökonomie zur Ernährungssicherheit beitragen soll, findet nicht ausreichende Beachtung. Eine Ausnahme ist die überarbeitete Bioökonomie-Strategie der EU (Europäische Kommission 2018), dort steht Ernährungssicherheit an erster Stelle der fünf genannten Ziele mit der Erläuterung, dass *„Ernährungs- und Landwirtschaftssysteme ein grundlegender Bestandteil der Bioökonomie sind, diese müssen jedoch dringend umgestaltet werden, um nachhaltiger, ernährungsbewusster, resilienter und integrativer zu werden, angesichts der wachsenden Weltbevölkerung, des Klimawandels und anderer Umweltprobleme, einschließlich Wasserknappheit und Verlust der biologischen Vielfalt.“*

Weiterhin befinden sich in Bioökonomie-Strategien andere Zielstellungen, wie etwa Bioökonomie-Ziel 7 (Substitution fossiler durch biogene Rohstoffe) im Zielkonflikt mit SDG 2.1 und 2.2. Zu erwähnen ist hier vor allem die energetische Nutzung von Biomasse.

5.3.1.1 Zielkonflikte Bioenergie vs. Ernährungssicherheit

Wie bei der Analyse der Entwicklungslinien und Potentiale der Bioökonomie (Kiresiewa et al. 2019) ausführlich erläutert wurde, hat die Tank-Teller-Debatte der letzten 10 Jahre gezeigt, dass es vielfältige Nutzungskonkurrenzen um Biomasse und landwirtschaftliche Nutzflächen gibt, die weiterreichende ökologische, soziale, ökonomische Folgen haben. Durch groß angelegte Förderungen der Bioenergie werden wirtschaftliche Anreize für die Umnutzung von Land von der Nahrungsmittelproduktion zur Bioenergieproduktion geschaffen, daraus resultieren Flächenkonkurrenzen, die den Hunger und die Ungleichheit verschärfen (Popp et al. 2014). Eine unausgewogene Nutzung von Land und Biomasse für Bioenergie kann die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln verringern und Zielkonflikte mit SDG 2.1 und SDG 2.2 hervorrufen (von Braun 2018). Im Kontext des Bioökonomie-Ziels 8 (effiziente Nutzung biogener Rohstoffe) ist daher das „Food First“-Prinzip eine allgemeine Forderung für die energetische und stoffliche Biomassenutzung. Mit Blick auf das Ziel, den Hunger und Unterernährung zu beenden, sind für einen Wechsel der Rohstoffbasis breit angelegte, differenzierte ex-ante Analysen notwendig, die alle Aspekte der Biomasseproduktion und Nutzung in einem Staat oder einer Region einbeziehen. Eine Vielzahl von Faktoren, einschließlich Märkte, Angebot, Nachfragesituation, Demographie, Importe/Exporte und Landnutzungsplanungen, sind dabei zu berücksichtigen.

Studien zeigen, dass die Produktion von Biokraftstoffen der ersten Generation in Ländern des Globalen Südens potenziell die Kalorienaufnahme beeinträchtigen und damit Unterernährung verschärfen kann, z.B. in Afrika könnte ein Ausbau der Biokraftstoffproduktion die derzeitige Kalorienaufnahme um ca. 8 Prozent reduzieren, wodurch sich die Zahl von unterernährten Schulkindern um 9.6 Millionen erhöhen würde (Rosegrant, Zhu, Msangi, & Sulser 2008). Die Ausweitung kommerzieller großflächiger Biokraftstoffproduktion verschärft die bestehenden Konflikte um Zugang zu Land und gefährdet somit die Ernährungssicherheit von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern (Rossi und Lambrou 2009). Auch impliziert die Ausweitung der kommerziellen Produktion von Biokraftstoffen der „ersten Generation“ einen stark erhöhten

Wasserbedarf mit potenziellen negativen Auswirkungen auf Kleinbäuerinnen und Kleinbauern (Rosegrant et al. 2015). Es besteht das Risiko, dass schlecht und ineffektiv gestaltete Bioenergieprogramme negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden der lokalen ländlichen Gemeinden haben, da die Produktion von Bioenergie-Rohstoffen mit den Produktionsmitteln und Ressourcen für den Anbau von Grundnahrungsmitteln konkurrieren kann, weil zusätzliche Ressourcen wie Land, Wasser, Arbeitskräfte und Düngemittel benötigt werden (Babu und Debnath 2019).

Die konsequente Realisierung des Konzepts der Kaskadennutzung (UBA 2014) könnte dazu beitragen, die Nutzungskonflikte um biogene Rohstoffe („Teller vs. Tank“) zu mildern und dazu beitragen, den weltweiten Hunger zu bekämpfen und die Verfügbarkeit, den Zugang und die Nutzung nahrhafter und gesunder Lebensmittel auf globaler Ebene für alle zu verbessern (SCAR 2015).

5.3.1.2 Nachhaltige Produktionssteigerung zur Hungerbekämpfung

Im Jahre 2018 litten rund 820 Million Menschen an chronischem Hunger und Mangelernährung (FAO; IFAD; UNICEF; WFP und WHO 2019). Der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zufolge stand die globale Nahrungsmittelproduktion 2013 bei 2884 kcal pro Kopf/Tag (FAOSTAT 2019), die verfügbaren Kalorien reichten theoretisch aus, um alle Menschen zu ernähren. Das dominante Narrativ, dass sich auch in bestehenden Bioökonomie-Strategien widerspiegelt, erachtet die Steigerung von Erträgen in der Landwirtschaft als notwendig, um globale Ernährungssicherheit zu gewährleisten (FAO 2019). Das Ziel ist daher synergistisch mit SDG 2.1 und SDG 2.2, obwohl für das Erreichen dieser beiden Unterziele nicht nur der Ausbau und Erweiterung der landwirtschaftlichen Produktion notwendig sind. Andere Aspekte, wie Landgrabbing, Zugangs- und Verteilungsfragen und die Konsumgewohnheiten, insbesondere in den industrialisierten Ländern des Globalen Nordens, müssen ebenfalls im Kontext von SDG 2.1 und SDG 2.2 beachtet werden. In vielen Regionen mit hoher Nahrungsmittelunsicherheit hat die Nahrungsmittelproduktion seit den 1960er Jahren größtenteils stagniert. Steigerung von Erträgen in der Landwirtschaft ist vor allem notwendig in den Regionen, in denen Hunger herrscht, um globale Ernährungssicherheit und Ernährungssouveränität zu erreichen. Die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität kann durch Alternativen zu konventioneller Intensivlandwirtschaft erreicht werden, z.B. durch Agrarökologie, ökologische Intensivierung, ökologischer Landbau (Garibaldi et al. 2017, Dawson et al. 2019)⁵³.

Bioökonomie-Investitionen in den sogenannten Entwicklungsländern können landwirtschaftliches Wachstum, Produktivität und Beschäftigung fördern, damit Ernährungssicherheit unterstützen (von Braun 2015). Auch erscheinen Forschung und Innovationen der Bioökonomie in den verlauteten Zielsetzungen synergistisch mit SDG 2.1 und 2.2. Zu nennen sind in diesem Kontext Anwendungen von Innovationen bei Kreislauf-Aquakulturanlagen, also intensive Fischproduktionssysteme, die mit einem reduziertem Wasser- und Flächenverbrauch einhergehen, können die Lebensmittelproduktion erhöhen und helfen, Eiweißmangel zu beheben (Plat et al. 2018; Sharma et al. 2018). Innovation im Bereich der Pflanzenzucht kann demnach dazu beitragen, Pflanzengesundheit zu verbessern und Pflanzenbestände resistenter gegen Schädlinge zu machen (Malyska und Jacobi 2018). Biofortifizierung⁵⁴ ist ein Ansatz, durch gezielte Kreuzung Lebensmittel zu züchten, die besonders nährstoffreich sind. Hierdurch können Pflanzen mit verbesserter Ernährungsqualität entwickelt werden, wodurch die genetische Vielfalt von Nutzpflanzen erhöht werden kann (Crop Trust, o.D.; Talsma und Pachón 2017). Beispiele sind

⁵³ Siehe hierzu vor allem Kapitel 5.2.

⁵⁴ Biofortifizierung ist der Prozess, durch den die Nährstoffdichte von Nahrungspflanzen durch konventionelle Pflanzenzüchtung und/oder verbesserte agronomische Praktiken und/oder moderne Biotechnologie erhöht wird (siehe hierzu z.B. Talsma und Pachón, 2017) <https://www.who.int/elena/titles/bbc/biofortification/en/>

angereicherte Grundnahrungsmittel, wie Bohnen oder Weizen mit erhöhtem Mineralstoffgehalt an Zink und Eisen, die dadurch die Ernährung durch die Aufnahme dieser Nährstoffe verbessern (Rosell 2016). Weltweit sind ca. 2 Milliarden Menschen von Mikronährstoffmangel betroffen, der sich aus Mangel an Zink und Eisen in Nahrungsmitteln ergibt, insbesondere in Ländern des Globalen Südens (Wakeel et al. 2018). Ein weiteres Beispiel sind in Afrika gezüchtete Süßkartoffel-Sorten (*Ipomoea batatas*), die einen erhöhten Vitamin-A-Anteil haben (Low et al. 2017). Biofortifizierung wird hauptsächlich durch konventionelle Pflanzenbaumethoden und -züchtung erreicht (Rosell 2016, Garg et al. 2018), und bisher werden keine gentechnisch veränderten biofortifizierte Pflanzen kommerzialisiert. Jedoch besteht die Befürchtung, dass in Zukunft unter dem Deckmantel der Biofortifizierung auch genetisch veränderte Organismen kommerzialisiert und verbreitet werden könnten (GRAIN 2019a).

5.3.1.3 Nachhaltige Ernährung und alternative Proteinquellen

Nicht nur eine verbesserte Pflanzenzucht und eine steigende Produktion sind relevant für SDG 2.1 und 2.2, sondern an allererster Stelle müssen Verteilungsfragen ausgeleuchtet und gerecht gelöst werden. Entscheidend dabei ist die Änderung der Konsumgewohnheiten zu nachhaltiger Ernährung. Vor allem die Reduzierung des hohen Anteils tierischer Produkte (Fleisch- und Milchprodukte) in der Ernährung in den Industrieländern sowie die Entwicklung alternativer Proteinquellen sind als wesentliche Strategien zu nennen.

Zum Erreichen von SDG 2.1 und 2.2 müssen sich Lösungsansätze nicht nur exklusiv mit der Landwirtschaft befassen, sondern auch mit dem gesamten Ernährungssystem, so auch den Wertschöpfungsketten und dem Nahrungsmittelkonsum. Die Ursachen und Verursacher des Hungers müssen konkret benannt werden, denn die alleinige Konzentration auf die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion als Mittel zum Erreichen von SDG 2.1 und 2.2 und der Bekämpfung des Hungers ist unzureichend und nicht zielführend. Eine wichtige Grundvoraussetzung, um Synergien zwischen SDG 2.1, 2.2 und Bioökonomie-Zielen zu erreichen, ist die Umstellung auf nachhaltige Ernährungsmuster vor allem in den industrialisierten Ländern sowie alternative Proteinquellen.

Eine der Hauptursachen für die Nicht-Nachhaltigkeit der globalen Landwirtschaft ist, dass ca. 26 Prozent der eisfreien Fläche der Erde für Viehweiden und 33 Prozent der Anbauflächen für die Viehfutterproduktion genutzt werden (FAO 2012a). 36 Prozent der weltweit produzierten Kalorien werden als Tierfutter für die Produktion tierischer Produkte verwendet, die hauptsächlich von einkommensstärkeren Bevölkerungsgruppen konsumiert werden (Mason und Lang 2017). Die Nutztierhaltung trägt weltweit über 15 Prozent zu den anthropogen verursachten Emissionen von Treibhausgasen bei, insbesondere durch CO₂ aus Brandrodung von (Tropen-)Wäldern für Weideland und Futtermittelanbau, Lachgas aus dem Einsatz von Düngemitteln zum Futtermittelanbau sowie Methan (UBA 2019). Für Europa ist die Reduzierung des Verzehrs von tierischen Produkten (insbesondere Rindfleisch) notwendig, um die Treibhausgas-Emissionen von Nahrungsmitteln zu reduzieren, einschließlich der Emissionen aus der Primärproduktion des internationalen Handels und aus Landnutzungsänderungen (Sandström et al. 2018). Der EAT-Lancet-Kommission zufolge muss die Produktion und der Verzehr von Nahrungsmitteln, wie rotem Fleisch und Zucker, halbiert werden, um die globalen Nachhaltigkeitsziele zu erreichen (siehe Willet et al. 2019).

Die Bevölkerung der Industrieländer und zunehmend auch die Mittelschichten in Ländern des Globalen Südens verbrauchen einen hohen Anteil an tierischen Produkten, die mehr Land und Wasser benötigen als pflanzliche Produkte, wodurch die natürlichen Ressourcen und Ökosysteme zusätzlich unter Druck gesetzt werden (Dernini 2019). Der übermäßige Konsum an tierischen Produkten in Verbindung mit Verlusten und Lebensmittelverschwendung ist nicht

nachhaltig. Nachhaltige Ernährung ist daher ein wichtiger Lösungsansatz für SDG 2.4, der die Möglichkeit bietet, nachhaltigere Ernährungssysteme zu schaffen, um die sichere Ernährung für alle Menschen zu garantieren, und gleichzeitig die natürlichen Ressourcen zu erhalten.

Experten halten es für wahrscheinlich, dass essbare Insekten wesentlich dazu beitragen könnten, Ernährungssicherheit in der Zukunft zu gewährleisten (siehe z.B. Glover und Sexton 2016). Entomophagie ist die Praxis des Verzehrs von essbaren Insekten, die als potenzielle umweltverträgliche und nahrhafte tierische Proteinquelle von Interesse sind. Es gibt weltweit mehr als 1.900 Arten von Insekten, die in der menschlichen Ernährung genutzt werden. Die Praxis der Entomophagie ist in vielen Kulturen und Nationen der Welt in bestehenden Traditionen verankert und ist ein wichtiges Element einer gesunden Ernährung. Essbare Insekten haben einen hohen Gehalt an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren und sind eine wichtige Quelle für Vitamine, Ballaststoffe und Mineralien. Schätzungsweise verwenden ca. 2 Milliarden Menschen aufgrund kultureller und religiöser Einflüsse und Praktiken regelmäßig Insekten in traditionellen Diäten (Alrifai und Marcone 2019). Insekten sind ein wichtiger Bestandteil der Ernährung auf afrikanischen, lateinamerikanischen und asiatischen Kontinenten und tragen zur Ernährungssicherheit und zum Lebensunterhalt bei. Ein Hauptgrund für die Förderung essbarer Insekten im Klimaschutzkontext und Ländern des Globalen Südens wäre, zusätzlich zu ihren Beiträgen zum Lebensunterhalt von Kleinbauern, dass Insekten signifikant weniger Treibhausgase ausstoßen als die meisten Nutztiere (Alrifai und Marcone 2019). Insektenbasierte Lebensmittel sind neben eiweißreichen Pflanzen wie Leguminosen möglicherweise eine nachhaltigere Möglichkeit, den zukünftigen Proteinbedarf zu decken als herkömmliches Fleisch.

Alternative Proteinquellen und Anwendungen von Innovationen im Bereich In-vitro-Fleisch (cultivated meat) und pflanzenbasierter Fleischersatz (plant-based meat) können die Nahrungsmittelproduktion nachhaltiger gestalten, indem die Massentierhaltung verringert wird (Vainio, Ovaska and Varho 2019, Froggatt and Wellesley 2019). Pflanzenbasierter Fleischersatz ist vor allem für die Länder und Konsumenten des Globalen Nordens relativ wichtig, da hier hohe, nicht-nachhaltige Mengen an Fleisch konsumiert werden und teilweise auch kulturelle Vorbehalte gegen Insekten als Proteinquellen bestehen. Er bietet neue Geschäftsmöglichkeiten und Marktpotentiale sowie Möglichkeiten für Innovation, Forschung und neue Qualifikationen und schafft somit Synergien mit Bioökonomie-Zielen 1 (Wirtschaftswachstum) und 4 (Forschung und Innovation).

5.3.2 Verdopplung landwirtschaftlicher Produktion kleiner Nahrungsmittelproduzentinnen und Produzenten durch resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden - SDG 2.3 und 2.4

Durch die Analyse des ICSU-Rahmenwerks wurde festgestellt, dass potenzielle Zielkonflikte zwischen SDG-Unterziel 2.3 (Verdopplung der landwirtschaftlichen Produktion von Kleinbauern) und einer Reihe von SDG-15-Unterzielen bestehen, einschließlich der Ziele zum Erhalt von Ökosystemen und Schutz von Wäldern, Böden und biologischer Vielfalt. Parallel dazu wurde durch die Analyse des ICSU-Rahmenwerks SDG-Unterziel 2.4 als ein wichtiges Ziel identifiziert, das eine Reihe von Synergien mit Unterzielen von SDG 15 erreichen kann.

Im Kontext dieser beiden SDG-Unterziele 2.3 und 2.4 und den Anforderungen, die sich hieraus für eine nachhaltige Bioökonomie ergeben, werden die folgenden zwei Fragen beantwortet: Wie kann Bioökonomie zur Ertragsteigerung beitragen, dabei sowohl die Nachhaltigkeit der Nahrungsmittelproduktion als auch die Erhaltung der Ökosysteme sicherstellen? Wie sieht ein Konzept für eine nachhaltige Intensivierung aus, das für alle nachfragenden Bereiche der Bioökonomie geeignet ist?

Zu Beantwortung dieser Fragen werden im Folgenden Möglichkeiten verschiedener landwirtschaftlicher Ansätze beschrieben und diskutiert, die der Bioökonomie helfen können, Anforderungen aus SDG 2.3 und SDG 2.4 zu erfüllen. Im Konkreten sind dies agrarökologische Ansätze, klima-resiliente Landwirtschaft (CSA), ökologischer Landbau, „Hightech“ Präzisionslandwirtschaft mit digitalen Anwendungen (die sogenannte Landwirtschaft 4.0), und nachhaltige bzw. ökologische Intensivierung.

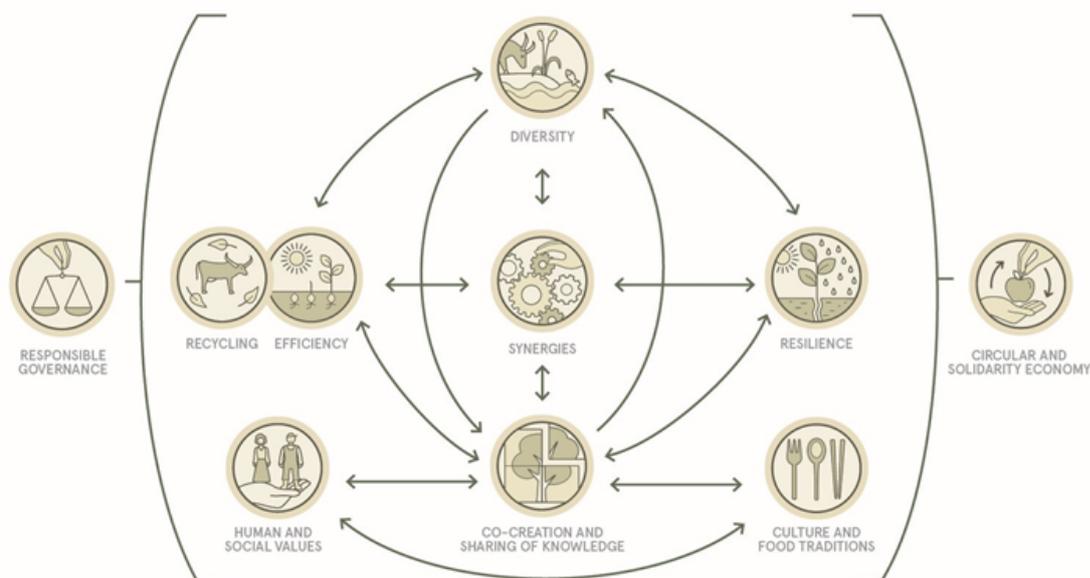
5.3.2.1 Agrarökologie

Die Agrarökologie bietet sich an als ein Modell für nachhaltige Landnutzung und für eine Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion, anwendbar in Ländern des Globalen Südens (Chappell und Bernhart 2018) sowie Ländern des Globalen Nordens, einschließlich Deutschland.

Auf internationaler politischer und praktischer Ebene wird das Konzept der Agrarökologie durch die FAO stark vorangetrieben. Dies geschieht durch partizipative Ansätze mit breiten, gut organisierten Beteiligungsprozessen, z. B. regionale Seminare. Die FAO fördert das Konzept und die Praktiken der Agrarökologie als Lösungsansatz für Länder, die zum Erreichen von SDG-2-Unterzielen ihre Ernährungs- und Agrarsysteme transformieren und eine nachhaltige Landwirtschaft etablieren. Der FAO-Ansatz der Agrarökologie beinhaltet 10 Elemente (FAO 2018b), die auf der wissenschaftlichen Literatur zur Agrarökologie basieren - insbesondere Altieris (1995) fünf Prinzipien der Agrarökologie und Gliessmans (2015) fünf Ebenen der agrarökologischen Transformation. Weiterhin wurden Beteiligungsprozesse von 2015-2017 durchgeführt, um die 10 Elemente gemeinsam mit Stakeholdern zu identifizieren.

Die 10 Elemente sind miteinander verbunden und voneinander abhängig: Vielfalt; Synergien; Effizienz; Resilienz; Recycling; Gemeinsame Schaffung und Weitergabe von Wissen (Beschreibung gemeinsamer Merkmale agroökologischer Systeme, grundlegender Praktiken und Innovationsansätze); menschliche und soziale Werte; Kultur und Ernährungstraditionen (Kontextmerkmale); verantwortungsvolle Governance; Kreislauf- und Solidarwirtschaft (förderliches Umfeld) (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13: Die 10 Elemente der Agrarökologie und deren Zusammenhänge



Quelle: FAO (2018b)

Wie die Elemente zeigen, ist es wichtig für die Agrarökologie, nicht in Wertschöpfungsketten, sondern in Wertschöpfungsnetzwerken zu denken. Die Agrarökologie gibt hierzu verschiedene Schritte bzw. Prinzipien vor, einschließlich die Einbeziehung der ökologischen Kreisläufe, die Integration von Biodiversität sowie die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit (siehe hierzu auch Kapitel zu SDG 15.3). Eine Regionalisierung und die Förderung von dezentralen Systemen (kleine dezentrale Verarbeitung von Biomasse) spielt eine große Bedeutung in Bezug auf SDG 2.4. Zu nennen sind auch technische Innovationen in der Agrarökologie, zum Beispiel Diversifizierung der Pflanzensorten, Nutzung von heimischem Saatgut und Kulturpflanzen, Kompostierung, Verminderung der Nutzung und Abhängigkeit von nicht-erneuerbaren Energien und Verbesserung der biologischen Interaktionen im gesamten System (Friends of the Earth 2018).

Für eine nachhaltigere Landwirtschaft durch Agrarökologie ist es notwendig, Synergien zwischen den teils in unterschiedlichen Verfahren zur Verbesserung der Biomasseversorgung und – Nutzung auf verschiedenen Ebenen zu erreichen. Auf die Landwirtschaft angewandt bedeutet dies eine bessere Integration der sogenannten „4Fs“ (Food-Feed-Fibre-Fuel) und die Integration der landwirtschaftlichen Sektoren der Pflanzenproduktion, Nutztierhaltung und Bioenergie (Lewandowski 2015).

Agrarökologie kann die Produktivität von kleinen Produzentinnen und Produzenten erheblich erhöhen und dadurch auch Synergien mit SDG 2.3 erreichen. Studien zeigen, dass der Ansatz der Agrarökologie die Produktion und Einkommen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern in Entwicklungsländern erhöht und somit auch zur Ernährungssicherheit beiträgt (Ortega-Espès 2018). Forschung und praktische Beispiele aus Indien, Brasilien und dem Senegal zeigen, dass Agrarökologie die Lebensgrundlagen der lokalen Gemeinschaften verbessert, indem sie deren Erträge und Einkommen erhöht, die Ernährungssicherheit verbessert sowie Ernährungssouveränität und ihre sozialpolitische Rolle stärkt (Chappell und Bernhart 2018). Im lateinamerikanischen Kontext wird die Agrarökologie nicht nur als eine Sammlung praktischer landwirtschaftlicher Anwendungen basierend auf ökologischen Prinzipien angesehen, sondern auch als soziale Bewegung. Das Ziel der Bewegung ist, zum einen die Landwirtschaft von einer industriellen und großflächigen Ausbeutung, die stark von fossilen Brennstoffen und externen Ressourcen abhängig ist, zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft zu transformieren. Zum anderen fördert die Bewegung gleichzeitig eine soziale Agenda der Landrechte der Kleinbäuerinnen und Kleinbauern und das Ziel der Ernährungssouveränität (Francis und Wezel 2015).

Agrarökologie ist auch im europäischen Kontext ein Lösungsansatz für SDG 2.4 und kann zur Nachhaltigkeit der europäischen Bioökonomie beitragen. Eine vergleichende Analyse von 17 Fallbeispielen diverser agrarökologischer Ansätze aus elf europäischen Ländern (van der Ploeg et al. 2019) zeigt, dass es bereits viele erfolgreiche agroökologische Verfahren in Europa gibt, die als Sprungbrett und Inspirationsquelle für die weitere Entfaltung der Agrarökologie in Europa dienen können. Aus dieser vergleichenden Analyse geht ebenfalls hervor, dass die agrarökologischen Ansätze überwiegend weniger von Subventionen abhängen als konventionelle und industrialisierte Landwirtschaft. Weiterhin zeigen die Fallbeispiele, dass Agrarökologie ein Einkommensniveau und eine Stabilität der Beschäftigung ermöglichen kann, welches unter den gegenwärtigen Umständen denen der konventionellen und industriellen Landwirtschaft überlegen sind.

5.3.2.2 Klimaresiliente Landwirtschaft (CSA)

Der von der FAO im Jahre 2010 definierte Begriff klimaresiliente Landwirtschaft (engl. „climate-smart agriculture“, CSA) ist ein Sammelbegriff für beabsichtigte Änderungen der landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf den Klimawandel. Obwohl spezifische Definitionen von CSA

variieren können, besteht der Ansatz aus typischerweise drei Säulen bzw. grundlegenden Prinzipien (siehe Teklewold et al. 2019; Makate 2019):

- ▶ (i) Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität auf nachhaltige Weise, Unterstützung einer gerechten Verbesserung des landwirtschaftlichen Einkommens, der Ernährungssicherheit und der Entwicklung,
- ▶ (ii) Stärkung der Widerstandsfähigkeit der Agrar- und Ernährungssysteme gegenüber Klimaschwankungen und -veränderungen und
- ▶ (iii) Verringerung der Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlichen Aktivitäten.

Der CSA-Ansatz zielt darauf, die Agrarsysteme zu transformieren und die Ernährungssicherheit unter sich ändernden klimatischen Konditionen zu gewährleisten, indem kontextspezifische und sozialverträgliche Lösungen angewandt werden (Lipper et al. 2014). Der CSA-Ansatz ist daher nicht nur relevant für SDG 2.4, sondern auch für das Bioökonomie-Ziel 9 Klimaschutz.

CSA ist allerdings politisch nicht unumstritten. Kritisiert wird, dass es an einem Gesamtkonzept für die Umsetzung und an klaren Vorgaben, wie sich CSA von einer nachhaltigen Landwirtschaft oder ökologischen Intensivierung der Landwirtschaft abgrenze, fehle. Das Konzept sei zu breit und es fehle daher an konkreten standortspezifischen Strategien und Instrumenten der Umsetzung (Gottmann et al. 2016). Weiterhin wurde das Konzept von vielen Akteuren weiterentwickelt und die Umsetzung wird, bspw. von der Global Alliance for Climate-Smart Agriculture (GACSA), gefördert. Die GACSA ist ein freiwilliger Zusammenschluss von Vertretern verschiedener Interessensgruppen des Agrarsektors, hauptsächlich aus Industrieländern und mit multinationalen Konzernen, beziehungsweise deren Interessenverbänden. Mit dieser Konstellation reproduziert die Allianz und der CSA-Ansatz die Machtungleichgewichte im globalen Ernährungssystem (Newell und Taylor 2017).

Trotzdem ist klimaresiliente Landwirtschaft vor allem für Länder des Globalen Südens wichtig, deren Ernährungssicherheit durch den Klimawandel bedroht ist. Erfahrungen und Studien (Newell et al. 2019) über CSA-Governance in den ostafrikanischen Ländern Kenia, Tansania, Äthiopien und Ruanda zeigen, dass die Bildung von Allianzen von Akteuren, vor allem Kleinbäuerinnen und Kleinbauern, notwendig sind, um integrativere Visionen einer klimafreundlichen Landwirtschaft zu erreichen, die mit den SDGs kompatibel sind. Die Herausforderung, wechselseitige Synergien zwischen SDGs zu schaffen und negative Kompromisse zu minimieren, kann nicht auf ein technokratisches Mapping oder Benchmarking reduziert werden. Es kann auch nicht durch die Entwicklung und Anwendung von Toolkits erreicht werden, die alle Länder gleichermaßen übernehmen können (Newell et al. 2019).

Eine Reihe von CSA-Technologien und -Praktiken, um die landwirtschaftliche Produktivität zu verbessern, die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen zu verringern, werden nichtsdestotrotz bereits aktiv und erfolgreich angewandt. In dem indischen Staat Maharashtra beispielsweise, einer Region, in der die Landwirtschaft einem hohen Klimawandelrisiko ausgesetzt ist, wendet eine Mehrheit der Kleinbäuerinnen und Kleinbauern bereits CSA-Ansätze, wie Nutzung von Stallmist für Dünger, Schachtbrunnen, Mischkulturen mit Hülsenfrüchten, Wurmkompostierung, Fruchtwechsel, verbesserte Saatgutvielfalt und Erntever sicherungen, an. Allerdings werden nicht alle CSA Ansätze von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern leicht akzeptiert. Die derzeitige Akzeptanz von Umleitungskanälen, Entwässerungsmanagement und klimafreundlichem Viehbestand liegt bei unter 50 Prozent. Viele CSA-Maßnahmen, wie Mikrobewässerungssysteme (z.B. Tropf- und Sprinkleranlagen), Mindestbearbeitungs- und Rückstandsaufnahme, Regenwassernutzung, Ernte- und Viehversicherung sowie Bodenwasserschutz durch Mulchen und Gründüngung, werden bisher nur selten angewandt (Khatri-Chhetri et al.

2019). Es bestehen weiterhin verschiedene Adoptionsbarrieren für wichtige CSA-Ansätze. Vor allem der Mangel an staatlicher Unterstützung, mangelnder Zugang zu Finanzierungsmitteln und die geringe Verfügbarkeit von ausgebildeten Arbeitskräften behindern das Skalieren von CSA-Ansätzen und Technologien erheblich.

Eine Studie über Prioritäten von CSA-Ansätzen für den Reisanbau in Laos zeigt, dass der erste Schritt mit der Einführung verbesserter Reissorten beginnt, die mit widrigen klimatischen Bedingungen (vor allem Dürren) besser fertig werden können. Die Einhaltung von Qualitätsstandards kann entweder in von der Regierung betriebenen Saatgutvermehrungszentren oder über Gemeindenahe partizipative Systeme erfolgen (Wassmann et al. 2019).

Verschiedene Studien aus Afrika zeigen, dass die Diversifizierung der Kulturpflanzen, eine multifunktionale Strategie von standortangepassten Agrarsystemen, auch ein wichtiges Element für CSA-Ansätze ist. Somit wird nicht nur landwirtschaftliche Resilienz erhöht, sondern auch die Verbesserung der Ernährungssicherheit von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern erreicht. Dadurch werden zusätzliche Synergien mit den SDG-Unterzielen 2.1 und 2.2, und dem Bioökonomie-Ziel Ernährungssicherheit geschaffen. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Pflanzenvielfalt, landwirtschaftlicher Produktion und Ernährungsvielfalt in ausgewählten Ländern südlich der Sahara, insbesondere Tansania, Kenia, Malawi und Simbabwe (Makate et al. 2016). CSA-Ansätze bieten Vorteile bei der Erhöhung der Ernährungssicherheit von Haushalten. Dieser Vorteil steigt mit der zunehmenden Anwendung von Kombinationen von CSA-Ansätzen, anstelle der isolierten Anwendung von einzelnen Praktiken (Teklewold et al. 2019). Eine zunehmende Diversifizierung der Kulturpflanzen wird den Landwirtinnen und Landwirten nicht nur mehr Möglichkeiten bieten, sich den ungewissen Wetterbedingungen zu stellen, die mit der zunehmenden Klimavariabilität einhergehen, sondern auch die Ernährungsmöglichkeiten verbessern. Der Erfolg von CSA-Ansätzen hängt oft von den Zielen der Regierungen und Entwicklungsorganisationen ab, die CSA fördern. Landbesitz spielt eine Schlüsselrolle bei den Präferenzen von Kleinbauern und Kleinbäuerinnen für die Annahme von CSA-Ansätzen (Schaafsma et al. 2019).

Der CSA-Ansatz ist nicht nur für Länder des Globalen Südens relevant, sondern auch für den Globalen Norden. Insbesondere die hohe räumliche und zeitliche Variabilität von Extremwetterlagen in Europa und in Deutschland ist für landwirtschaftliche Betriebe ein großes Planungsrisiko. Beispiele sind Hitzeperioden, Spätfröste insbesondere im Obst- und Weinbau, Starkregen sowie Dürren. Mögliche Anpassungsmaßnahmen für landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland beinhalten die Diversifizierung des Anbaus in der Fruchtfolgegestaltung und im Sortenmix, z.B. Verwendung von früh-, mittel- und spätreifen Sorten. Durch vielfältig angepasste Sorten und Arten lässt sich das Risiko für Schadensverluste (verursacht durch zunehmende Frostphasen und verringerte Bodenfeuchtigkeit) begrenzen (Kliem und George 2018).

5.3.2.3 Ökologischer Landbau

Synergien mit SDG 2.4 (Nachhaltigkeit und Resilienz des Agrarsystems sicherstellen) können geschaffen werden, wenn Bioökonomie-Strategien den ökologischen Landbau als wichtige Landbautechnik fördern. Ökologischer Landbau in Deutschland und der EU trägt bereits zur nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion bei. Das Ziel der Bundesregierung (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2016), bis 2030 den ökologischen Landbau auf 20 Prozent der Anbaufläche zu steigern, ist synergistisch mit SDG 2.4.

In der Europäischen Union wurde ein Anstieg von 5,0 Mio. ha im Jahr 2002 auf 11,9 Mio. ha im Jahr 2016 verzeichnet, was 6,7 Prozent der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche in der EU entspricht (EC 2016). In Deutschland hatte der Ökolandbau im Jahr 2019 einen Anteil von über 10 Prozent (ha) (BÖLW 2020), im Hinblick auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche

in Deutschland zwar noch gering, jedoch ist der Trend hin zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Feldern und Wiesen offensichtlich. Auch die Nachfrage nach Bioprodukten in Deutschland ist steigend, so wuchs der deutsche Biomarkt 2018 um 5,5 Prozent auf 10,91 Milliarden Euro (BÖLW 2019).

Dass die Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren auf ökologisch bewirtschafteten Äckern höher ist als auf konventionell betriebenen Feldern, haben bereits verschiedene Studien nachgewiesen (z.B. Hole et al. 2005; Sanders und Heß 2019). Aus diesen Studien geht hervor, dass die Vorteile des ökologischen Landbaus in Bezug auf Artenvielfalt durch die Bereitstellung einer größeren Menge und höherer Qualität sowohl von Kulturpflanzen als auch von Nichtkulturpflanzen als Lebensraum erreicht werden können. Biodiversität in der Agrarlandschaft wird durch eine geringere Düngungsintensität und Herbizidverzicht gefördert. Die Studie von Sanders und Heß (2019), die 2.816 Vergleichspaare ökologischer und konventioneller Landwirtschaft analysiert, zeigt deutlich, dass auch bei anderen Indikatoren für Umwelt- und Ressourcenschutz, wie etwa Wasserschutz, Bodenfruchtbarkeit, Klimaschutz, Klimaanpassung und Ressourceneffizienz, die ökologische Bewirtschaftung gegenüber der konventionellen Landwirtschaft in 58 Prozent der analysierten Fälle Vorteile aufwies. So konnten bei 28 Prozent der Fälle keine Unterschiede festgestellt werden; bei 14 Prozent der Vergleichspaare war die konventionelle Variante vorteilhafter.

Weiterhin unterscheidet sich der ökologische Landbau von der konventionellen Landwirtschaft durch die Existenz eindeutiger Vorgaben und Zertifizierungsmechanismen für biologische landwirtschaftliche Produkte, die in der landwirtschaftlichen Produktion befolgt werden müssen (Boone et al. 2019). Konventionelle Landwirtschaft hingegen zielt auf ein Maximum an Produktivität unter Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderungen in Bezug auf Umweltaspekte (z. B. Vorgaben der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU).

Ein Kritikpunkt in der aktuellen Debatte am ökologischen Landbau sind die niedrigeren Ernteerträge je Flächeneinheit, die mit ökologischen Landbaupraktiken im Vergleich zu konventionellen Anbausystemen erzielt werden. Grundsätzlich ist eine differenzierte Betrachtung der jeweiligen Bezugsebene (Fläche oder Ertrag) individuell nach Stoffgruppe und Leistung notwendig, um einseitige Sichtweisen zu vermeiden (Sanders und Heß 2019). Im Ackerbau sind die Ertragsunterschiede zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben am größten. In Deutschlands waren im Getreideanbau die Ernteerträge im Ökolandbau im Durchschnitt der Jahre von 2012 bis 2018 nur rund 48 Prozent der Erntemenge des konventionellen Anbaus. Im Freilandgemüsebau ist der Unterschied geringer, der Ertrag beläuft sich auf 77 Prozent der Mengen des konventionellen Gemüsebaus (Oekolandbau.de 2018). Trotz der niedrigeren Erträge bringt ökologischer Landbau wirtschaftliche Gewinne für Betriebe. Im Fall Deutschlands verglichen Batáry et al. (2017) die traditionell eher großräumige Landwirtschaft im Osten mit den kleinräumigen im Westen des Landes hinsichtlich Artenvielfalt und wirtschaftlichem Gewinn. Die Studie zeigt, dass eine Umstellung auf Ökolandbau für beide Landschaftstypen zwar mit geringen Ertragseinbußen verbunden ist, jedoch auch mit einer Verdopplung des Gewinns, vor allem wegen der geringeren Produktionskosten. Allein der Vergleich der Erträge je Flächeneinheit blendet aber die volkswirtschaftlichen Kosten, die aus den negativen Umweltwirkungen der konventionellen Landwirtschaft resultieren, aus. Zu nennen sind hier der Verlust der Biodiversität oder die Aufbereitungskosten für nitratbelastetes Grundwasser, die dann die Steuerzahler zu tragen haben. Diese Externalisierung von Umweltkosten gibt es im Ökolandbau nicht, auch im Hinblick auf Arbeitsplätze hat ökologischer Landbau volkswirtschaftlichen Nutzen: In der EU stieg die Zahl der Beschäftigten in vollständig ökologisch bewirtschafteten Betrieben zwischen 2013 und 2016 um fast 30 Prozent (Eurostat 2019a). Neue Arbeitsplätze in Bereichen

nachhaltiger Nahrungsmittelproduktion durch ökologischen Landbau in Deutschland und der EU schafft Synergien nicht nur mit SDG 2.4, sondern auch mit Bioökonomie-Zielen 1 und 2.

Es wird deutlich, dass die Aussagekraft von Analysen durch das alleinige, isolierte Betrachten und Vergleichen einzelner Systemkomponenten, wie z.B. der isolierte Vergleich von Ertragsmengen, limitiert ist. Der Vergleich von „ökologisch“ und „konventionell“ erwirtschafteten Gewinnen ist eine zu einseitige Sichtweise, vor allem im Kontext der Ernährungssicherheit (Blesh et al. 2019). Ökologische Landbaupraktiken erzielen essentielle Umweltvorteile, was sich in der Bereitstellung einer Reihe von Ökosystemdienstleistungen (z.B. regulierende Funktionen wie Kohlenstoffspeicherung, Schutz vor Bodenerosion und Bestäubung) widerspiegelt. Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen ist für die Bewertung notwendig, um ein Gleichgewicht zwischen der Produktivität und anderen vom Agrarökosystem gelieferten Rohstoffen zu finden, und um die ökologische Nachhaltigkeit von Agrarprodukten, die in konventionellen und ökologischen Anbausystemen erzeugt werden, vergleichen zu können. Durch die Ökosystemdienstleistungen wird die multifunktionale Rolle der Landwirtschaft und die Bemühungen der Ökolandwirtschaft, die nicht nur die Produktivität, sondern auch die ökologische Nachhaltigkeit steigern wollen, hervorgehoben (Boone et al. 2019), siehe hierzu auch die Abschnitte zum Schutz von Böden (vgl. Kap. 5.3.6) und Erhaltung der Biodiversität (vgl. 5.3.7).

5.3.2.4 Digitale Landwirtschaft

Die digitale Landwirtschaft und verwandte Begriffe wie „Smart Farming“ und „Precision Farming“ beziehen sich auf die zielgerichtete Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen – unter Einsatz intelligenter Elektronik (Giesler 2018). Diese Ansätze haben derzeit einen hohen Stellenwert in nationalen Bioökonomie-Strategien. Beispielsweise wird in der EU-Bioökonomie-Strategie postuliert, dass technologische Entwicklung, Innovationen und Digitalisierung angewandt in der Präzisionslandwirtschaft, große Potenziale für eine höhere Ressourceneffizienz, geringere Umwelt- und Klimaauswirkungen, höhere Widerstandsfähigkeit und geringere Kosten bietet (EC 2018).

Forschung und Innovationen der Bioökonomie im Bereich der digitalen Landwirtschaft können potenziell auch das Erreichen des SDG-Unterziels 2.4 für nachhaltige Nahrungsmittelproduktion unterstützen. Zum Beispiel können durch satellitengesteuerte sichere Spurführung der Landmaschinen und intelligente Sensoren Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel gezielt und reduziert eingesetzt sowie der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden. Mit Sensorik und Applikationstechniken können Produktionsabläufe und Wachstumsbedingungen optimiert werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren lassen sich somit Ressourcen- und Kosteneffizienz steigern und eine ökologische Entlastung erreichen (Giesler 2018).

Auch die spezialisierten Anwendungen (z.B. Remote Sensing) in der digitalen Landwirtschaft könnten helfen, die Resilienz und Nachhaltigkeit bestehender landwirtschaftlicher Systeme zu erhöhen. Bereits praktizierte Remote-Sensing-Anwendungen helfen bei Bewässerungskartierung, Feldabgrenzung und Schätzung des Wasserverbrauchs von Nutzpflanzen. Verbesserte Sensorensysteme mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung werden zukünftig die Bewirtschaftung von Ackerland präziser und effizienter gestalten können (Friedl 2018).

Es gibt derzeit jedoch nur wenige Studien, die aufzeigen, dass digitale Anwendungen und Präzisionslandwirtschaft in der praktischen Anwendung gleichzeitig sowohl die negativen Umweltauswirkungen verringern als auch die ökonomische Leistungsfähigkeit für Betriebe steigern. Die digitale Landwirtschaft stellt einen ausgeprägten technologischen Ansatz für die Landwirtschaft dar, der möglicherweise nicht den Bedingungen von Produzierenden mit geringem Input, extensiven oder ökologischen Landbaupraktiken entspricht (Barnes et al. 2019). Dies stellt die öffentliche Unterstützung für die Präzisionslandwirtschaft generell in Frage, da sie im Gegensatz zu

anderen ganzheitlichen Ansätzen, wie der Agrarökologie, durch eine stärkere Intensivierung zu einer stärkeren Nutzung der Betriebsmittel führen könnte. Dies kann ein Beispiel für einen „Rebound“-Effekt sein, bei dem eine höhere Effizienz der Ressourcennutzung durch digitale Anwendungen zu einer unbeabsichtigten Erhöhung der Ressourcennutzung führt. Rebound-Effekte können vor allem dadurch entstehen, wenn der Einsatz der ressourcensparenden Technologie die Profitabilität des Ressourcen-Einsatzes steigert und somit ein Anreiz für landwirtschaftliche Unternehmen entsteht, eine intensivere Nutzung der Ressource anzustreben (von Ahlefeld 2019), in welchem Fall die digitale Landwirtschaft dem Erreichen des SDG 2.4 entgegenwirken würde.

Wichtig im SDG 2.4 Kontext ist ebenfalls, dass diese technischen Anwendungen für „smart farming“ den Kleinbauern und Kleinbäuerinnen in den Ländern des Globalen Südens zugänglich gemacht würden (Walter et al. 2017). Diese verfügen aber derzeit in den meisten Fällen nicht über die grundlegenden Voraussetzungen, die derzeit verfügbaren Anwendungen zu nutzen und in Realität werden digitale Anwendungen bisher fast ausschließlich für große und industrielle Anbauflächen in Ländern, wie den USA oder Australien, entwickelt und entsprechend nur dort genutzt. Kleinbäuerinnen und Kleinbauern in Ländern des Globalen Südens haben generell viel geringere Kapazitäten (im Vergleich zu großen kommerziellen Betrieben), um das politische Umfeld zu gestalten, in dem neue landwirtschaftliche Innovationen entwickelt und Technologien eingeführt werden. Die Bedingungen für die Verbreitung bioökonomischer Innovationen in der Landwirtschaft, insbesondere diejenigen, die Investitionen erfordern, werden möglicherweise nicht angemessen auf die Bedürfnisse der Subsistenzlandwirtschaft abgestimmt (Adenle et al. 2019). Auch in Ländern des Globalen Nordens sind alternative Ansätze notwendig, damit Kleinbäuerinnen und Kleinbauern neue Qualifikationen erlangen und von (digitalen) Innovationen profitieren können. Selbst in der EU sind die hohen Investitions- und Anschaffungskosten der neuen digitalen Technologien ein großes Hindernis für kleinere Betriebe (Barnes et al. 2019).

Eine weitere Herausforderung stellt die Frage nach den Besitz- und Nutzungsrechten von landwirtschaftlichen Daten dar. Die Informationsverarbeitung in der digitalen Landwirtschaft erfolgt im zunehmenden Maße über Cloud-Systeme, durch die Daten automatisiert erfasst, analysiert und gespeichert werden. Der Vorteil der Cloud-Systeme besteht darin, dass Datenquellen von Dienstleistern genutzt werden können. Somit erhalten Landwirtinnen und Landwirte umfangreiche Informationen und Handlungsempfehlungen. Jedoch muss gewährleistet werden, dass die Daten den Landwirtinnen und Landwirten gehören und diese entscheiden können, mit wem und in welchem Umfang Daten geteilt werden (Giesler 2018).

5.3.2.5 Nachhaltige Intensivierung und ökologische Intensivierung

Das Konzept der „nachhaltigen Intensivierung“ gilt als Ansatz für die Steigerung der Nahrungsmittelproduktion auf bestehenden Anbauflächen in einer Weise, die die Umwelt weniger belastet als konventionelle, input-intensive Landwirtschaft. Der Ansatz ist daher ein politisches Ziel für eine Reihe nationaler und internationaler Institutionen geworden (z.B. FAO 2012b). In diesem Sinne scheint auf den ersten Blick die nachhaltige Intensivierung relevant für die Bioökonomie-Ziele 3 (Produktionssteigerung), 6 (Ernährungssicherheit) und 8 (Effiziente Nutzung) und für verschiedene Unterziele von SDG 2 zu sein.

Die Ursprünge von nachhaltiger Intensivierung liegen in Diskussionen über die Notwendigkeit von Ertragssteigerungen, vor allem von Ackerbaukulturen, angesichts des globalen Bevölkerungswachstums und der damit verbundenen globalen ökologischen Herausforderungen, die herkömmliche landwirtschaftliche Intensivierung in Frage stellen. Ein übergeordnetes Ziel der nachhaltigen Intensivierung ist daher die Steigerung der weltweiten Nahrungsmittelproduktion unter Einhaltung von Ökoeffizienzparametern. Der Ansatz wird jedoch kritisiert, als zu eng auf

die Produktion fokussiert angesehen, oder als im Wesentlichen eine Fortsetzung der derzeitigen Intensivierungsansätze mit negativen Umweltfolgen und hohen externen Kosten, nur mit einem Anschein von Nachhaltigkeit, betrachtet (siehe Mahon et al. 2017). Das Konzept bezeichnet außerdem in erster Linie das Ziel der Ertragssteigerung, gibt jedoch nicht an, wie dieses Ziel erreicht werden soll oder welche landwirtschaftlichen Techniken eingesetzt werden sollen (Garnett et al. 2013). Weiterhin spiegelt nachhaltige Intensivierung eine Agenda wider, die die Produktion und Versorgung gegenüber anderen Aspekten der Nahrungsmittelsicherheit (z. B. gerechter Zugang und Verteilung) privilegiert und daher nicht ausreicht, um Ernährungssicherheit zu garantieren (Cook et al. 2015).

Nachhaltige Intensivierung sollte daher als eine Komponente in einer umfassenderen Perspektive des Ernährungssystems betrachtet werden. Garnett et al. (2013) zufolge bedeutet nachhaltige Intensivierung nicht, dass die Umweltbelastungen der Produktion von Lebensmitteln nur durch geringfügige Verbesserungen gemildert werden. Stattdessen fordert nachhaltige Intensivierung ein Umdenken in der Nahrungsmittelproduktion, um die Umweltbelastungen erheblich zu reduzieren. In einigen Bereichen werden Ertragssteigerungen mit Umweltverbesserungen vereinbar sein. In anderen Fällen sind Ertragsreduzierungen oder Landumverteilungen erforderlich, um Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Zur Erreichung von Ernährungssicherheit und Ernährungssouveränität sind Anstrengungen auf mehreren Ebenen notwendig, indem die Eigentumsrechte der Landwirtinnen und Landwirte gestärkt und schutzbedürftigen Gruppen der Zugang zu Nahrungsmitteln gewährt wird (Cook et al. 2015).

Ein alternativer Ansatz zur nachhaltigen Intensivierung ist das **Konzept der „ökologischen Intensivierung“**. Die FAO (2013) definiert ökologische Intensivierung *„als wissensintensiven Prozess, der ein optimales Management der ökologischen Funktionen und der biologischen Vielfalt der Natur erfordert, um die Leistungen des Agrarsystems, die Effizienz und Lebensgrundlage der Landwirte zu verbessern“*. Während sich nachhaltige Intensivierung auf die Maximierung der Ernteerträge bei gleichzeitiger Minimierung der Umweltauswirkungen der Landwirtschaft konzentriert, zielt die ökologische Intensivierung darauf ab, die vom Agrarsektor erbrachten Ökosystemleistungen zu maximieren und das Produktionspotenzial an die physischen Grenzen der umgebenden Landschaft anzupassen (Cook et al. 2015). Ökologische Intensivierung beschreibt weiterhin eher einen Prozess als einen Endpunkt. Es bietet einen Weg zu höheren Ernteerträgen, der in den ursprünglichen Sinn einer nachhaltigen Intensivierung passt. Bei der ökologischen Intensivierung liegt der Schwerpunkt auf dem Management zur Verbesserung der ökologischen Prozesse, die die Produktion unterstützen, einschließlich der Regulierung biotischer Schädlinge, des Nährstoffkreislaufs und der Bestäubung. Der Erhalt und die Nutzung der funktionalen Biodiversität stehen ausdrücklich im Vordergrund (Garibaldi et al. 2017).

Ökologische Intensivierung bedeutet die Steigerung der Primärproduktion durch Miteinbeziehung der regulierenden Funktionen der Natur. Die Praktiken reichen von der Substitution industrieller Produktionsmittel durch Ökosystemdienstleistungen (z.B. natürliche Bestäubung, Stickstoff-Fixierung, biologische Kontrolle von Schädlingen) bis hin zur Gestaltung von Agrarökosystemen auf Landschaftsebene. Es sind Forschungsarbeiten erforderlich, um die ökologische Intensivierung von der Untersuchung einzelner Arten im Verhältnis zu ihrer Umwelt hin zur Untersuchung von Gruppen von Organismen oder Polykulturen im Verhältnis zueinander und zu ihrer Umwelt zu unterstützen. Weitere Einsichten in die Synergieeffekte von Kombinationen von Ökosystemdienstleistungsprozessen sind erforderlich, da die aktuelle Forschung hauptsächlich darauf abzielt, wie einzelne Dienstleistungsprozesse isoliert funktionieren (SCAR 2015).

Es gibt auch Unterschiede bei den Akteuren, die diese beiden unterschiedlichen Konzepte vertreten. Nachhaltige Intensivierung wird im Allgemeinen vor allem von vielen mächtigen internationalen Institutionen und der Agrarindustrie befürwortet. Die ökologische Intensivierung wird

hingegen von NROs, Basisbewegungen und Kleinbauerverbänden bevorzugt und vertreten (Levidov 2015, Cook et al. 2015).

Derzeitig werden agrarökologische Ansätze bzw. ökologische Intensivierung in den dominanten Bioökonomie-Strategien und -narrativen marginalisiert (Levidow 2015), zugunsten anderer Bioökonomie-Trends, die dem Erreichen des SDG-Ziels 2.4 potenziell entgegenwirken. Zu nennen sind hier vor allem biotechnologische Innovationen mit dem Ziel verbesserter Primärproduktion und Kommerzialisierung, die als Treiber in der landwirtschaftlichen Bioökonomie derzeitig bestimmend sind. Levidow (2015) bezieht sich vor allem auf die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU und deren Umsetzung in Frankreich, wo agrarökologische Ziele und Praktiken dem Zwang der Wettbewerbsfähigkeit von Agro-Food-Ketten untergeordnet wurden. Die europäische GAP fördert eine höhere Produktion oder einen höheren Ertrag pro Hektar, was zeigt, dass sich dieser Konflikt aus einer nachhaltigen Intensivierungsagenda ergibt, die einige agrarökologische Techniken einbezieht, aber gleichzeitig deren soziales und ökologisches Transformationspotenzial begrenzt (Levidow 2015). Als besonders problematisch wird die derzeitige EU-Förderung und Verteilung auf zwei Säulen der GAP bewertet: Die erste Säule bilden die Direktzahlungen an die Landwirte, die je Hektar landwirtschaftlicher Fläche gewährt werden. Die zweite Säule umfasst gezielte Förderprogramme für die nachhaltige und umweltschonende Bewirtschaftung und die ländliche Entwicklung. Die Ausgestaltung des neuen „Delivery-Modells“ unter der GAP (Birkenstock und Röder 2018) ist entscheidend für ganzheitliche Ansätze wie etwa Agrarökologie.

5.3.2.6 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen treffen: Um die Anforderungen aus SDG 2.4 zu erfüllen – d.h. die Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion sicherzustellen und resiliente landwirtschaftliche Methoden anzuwenden, die die Produktivität und den Ertrag von Agrarsystemen steigern – müssen bestehende Bioökonomie-Strategien verstärkt Lösungsansätze, wie ökologischen Landbau, Agrarökologie und klimaresiliente Landwirtschaft, in Betracht ziehen.

Vor allem müssen Änderungen auf der Konsumseite für nachhaltige Ernährung in Bioökonomie-Strategien beachtet werden, um SDG 2.4 und globale Ernährungssicherheit zu gewährleisten. Konkret bedeutet dies die Reduzierung des derzeitigen Fleischkonsums um 50 Prozent bis 2050 auf ein Niveau innerhalb planetarer Grenzen (Willet et al. 2019). Durch Ernährungsumstellungen (weniger Fleisch und Milchprodukte) könnten bis 2050 mehrere Millionen km² Land freigesetzt werden und ein technisches Minderungspotenzial von 8 Milliarden Tonnen CO₂eq pro Jahr in Vergleich zu den business as usual (BAU)-Prognosen entstehen (IPCC 2019).

Der derzeitige Fokus von Bioökonomie-Strategien auf digitale und technologische Entwicklungen im Kontext einer nachhaltigen Intensivierungsagenda ist nicht hinreichend, um die Anforderungen aus SDG 2.4 zu erfüllen.

Für die Bioökonomie-Ziele 3 (Ertragssteigerungen) und 8 (Effiziente Nutzung) wäre der *nachhaltige* Intensivierungsansatz durchaus ausreichend und synergistisch. In Hinblick auf das Bioökonomie-Ziel 6 (Ernährungssicherheit) würde jedoch der Ansatz der *ökologischen* Intensivierung voraussichtlich bessere Resultate liefern. Die Unterziele von SDG 2 würden durch nachhaltige Intensivierung nicht ausreichend adressiert, auch hier würde ein ökologischer Intensivierungsansatz eher die Anforderungen erfüllen, vor allem was Ressourcenverteilung und Stärkung der Einkommen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern (SDG 2.3) betrifft. Unter Einbeziehungen von agrarökologischen Prinzipien und sozialen Aspekten ist eine *ökologische* Intensivierungsstrategie ein besserer Ansatz, nicht nur um SDG 2.4 zu erreichen, sondern auch um Synergien mit weiteren SDG-Unterzielen, wie etwa 15.3 (Bodenschutz) und SDG 15.5 und 15.9

(Biodiversitätsschutz), und Bioökonomie-Zielen wie etwa Bioökonomie-Ziel 2 (Schaffung von Arbeitsplätzen), 6 (Ernährungssicherheit) und 9 (Klimaschutz) zu schaffen.

5.3.3 Erhalt der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG-Unterziel 2.5) und Faire Verteilung und Nutzung genetischer Ressourcen (SDG-Unterziel 15.6)

Die Bewahrung der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen (SDG 2.5) ist eng verknüpft mit der fairen Verteilung genetischer Ressourcen (SDG 15.6). Aus diesem Grund bilden diese SDG-Unterziele ein Themencluster und werden in diesem Kapitel, das sich mit Patentierung von biologischem Wissen und genetischen Ressourcen befasst, gemeinsam erörtert. Die gegenwärtige Ausgestaltung der Bioökonomie nutzt und kommerzialisiert genetische Vielfalt durch Patentierung geistigen Eigentums (engl. „intellectual property“, IP), die „Handelswährung“ der heutigen wissensbasierten Wirtschaft und des Technologietransfers. IP wird somit verkauft, lizenziert und sogar gegen Eigenkapital von Unternehmen gehandelt. Durch die Innovationstätigkeiten der Biotechnologie wurden bereits ungefähr 4 Prozent der taxonomisch beschriebenen Arten in das globale Patentsystem einbezogen (Oldham et al. 2013). Jedoch ist die Verwendung biologischer Vielfalt im Patentsystem ein anhaltend umstrittener Punkt. Die konkrete Frage, die in diesem Kapitel behandelt wird, ist: Wie wirkt sich die Patentierung von Pflanzen und Tieren im Rahmen von bioökonomischen Anwendungen und Techniken auf den Erhalt der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen und -tieren aus?

In der konventionellen Landwirtschaft hat die biologische Vielfalt der Nutzpflanzen und -tiere in den letzten Jahrzehnten stark an Beachtung verloren. Die genetische Vielfalt wird zwar in Züchtungsprogrammen genutzt, jedoch nicht im landwirtschaftlichen Anbau, wo Monokulturanbau für hohe Erträge ausgewählter Sorten priorisiert wird. Diese Art der landwirtschaftlichen Entwicklung ignoriert die negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt in der Landwirtschaft weitgehend (Visser 1998). Die Erhaltung der biologischen Vielfalt für die Ernährungssicherheit (SDG 2.1) für künftige Generationen und für eine nachhaltigere landwirtschaftliche Produktion (SDG 2.4) erfordert eine Änderung dieser Praktiken. Der derzeitige Verlust an genetischer Vielfalt stellt ein ernstes Risiko für die globale Ernährungssicherheit dar, da die Widerstandsfähigkeit vieler landwirtschaftlicher Systeme gegenüber Bedrohungen wie Schädlingen, Krankheitserregern und dem Klimawandel untergraben wird (IPBES 2019, Mastretta-Yanes et al. 2018). Ebenfalls bestehen positive Wechselwirkungen zwischen dem Bioökonomie-Ziel Klimaschutz und SDG 2.5. Durch die Verringerung der Vielfalt von Kulturpflanzen, wildlebenden Verwandten und domestizierten Arten werden Agrarökosysteme weniger widerstandsfähig gegen künftigen Klimawandel, Schädlinge und Krankheitserreger, mit potenziellen negativen Auswirkungen für den Kampf gegen den Hunger. Fortschreitender Klimawandel wiederum wird negative Auswirkungen auf genetische Vielfalt von Nutzpflanzen haben (IPBES 2019).

Es kann auch ohne Zweifel gesagt werden, dass eine nachhaltige Bioökonomie von einer intakten biologischen Vielfalt abhängig ist. Die genetische Vielfalt stellt im Sinne einer Optionsbereitstellung ein wesentliches Gut für die Bioökonomie dar. Bisher wird nur ein Bruchteil genutzt (vgl. Oldham et al. 2013). Dies gilt umso mehr für die bereits genutzten Arten und ihre Sortenvielfalt. Der Erhalt der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen ist relevant für alle Bioökonomie-Ziele. Es bestehen jedoch komplexe Wechselwirkungen sowohl Synergien als auch Zielkonflikte. Fortschritte in der Pflanzenforschung und -zucht können potenziell zu nachhaltiger Lebensmittel- und Biomasseproduktion beitragen. Die Bioökonomie-Forschung betont in diesem Kontext die "optimale Nutzung genetischer Vielfalt" als wichtige Voraussetzung (Malyska und Jacobi 2018). Der Erhalt der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen unterstützt u.a. auch das Bioökonomie-Ziel 1 (Wirtschaftswachstum in DE und EU). Die Nutzpflanzenvielfalt ist vor allem für das landwirtschaftliche Wachstum von grundlegender Bedeutung. Dank der Pflanzenvielfalt können

ertragreichere und produktivere Sorten entwickelt werden, welche die in der Landwirtschaft geforderten und verbraucherseitig gewünschten verbesserten Qualitätsmerkmale aufweisen (Croptrust o.D.). Auch kann die übermäßige Fokussierung von Bioökonomie-Strategien auf die Entwicklung und Nutzung neuer biotechnologische Züchtungsmethoden potenzielle Zielkonflikte hervorrufen. Um zu vermeiden, dass die steigende Nutzung und Patentierung genetischer Vielfalt in den verschiedenen Sektoren der Bioökonomie und -Technologien negative Effekte auf genetische Vielfalt haben wird, ist es notwendig, den Schutz genetischer Vielfalt von Nutzpflanzen in den Vordergrund des politischen Handelns zu rücken. Die Anforderungen aus SDG 2.5 und 15.6 sind dafür maßgebend.

5.3.3.1 Patentierung von Biotechnologien

Das geistige Eigentum ist die „Währung“ der heutigen wissensbasierten (Bio-)Ökonomie und des Technologietransfers, hauptsächlich in Form von Patenten. Ein Patent ist eine Form eines Schutzrechts. In der Praxis ist das physische Patentedokument die im Grunde greifbare Materialisierung des ansonsten immateriellen Vermögenswerts "Erfindung", welche die geschützte Erfindung in sogenannten Patentansprüchen beschreibt und definiert. Das Patent liefert den Vorteil einer zeitlich begrenzten Exklusivität der Erfindung für den Erfinder im Austausch für die Offenlegung gegenüber der Öffentlichkeit vor. Diese Exklusivität kann in der Regel bis zu 20 Jahre dauern (Kraus und Kutenkeuler 2018). Auf internationaler Ebene erhalten biotechnologische Innovationen durch das von der Welthandelsorganisation (WTO) verwaltete Übereinkommen über handelsbezogene Aspekte der Rechte des geistigen Eigentums (TRIPs) einen starken Patentschutz. Bei den meisten Patentanmeldern weltweit handelt es sich um multinationale Unternehmen (Oldham et al. 2018), die den Patentkooperationsvertrag (PCT) nutzen, um ihre Patentrechte durch die weltweite Erweiterung von Patentfamilien zu erweitern. Viele Unternehmen haben große IP-Portfolios entwickelt und verwenden diese, um erhebliche Lizenzerlöse zu erzielen, manchmal sogar, ohne diese IP tatsächlich für die Abdeckung ihrer eigenen Produkte zu verwenden. In der Praxis sind diese Prozesse sehr komplex und erfordern das Jonglieren mit einer Vielzahl von Interessen und Gesetzen einschließlich nationale und internationale Erfinderrechte, Patentgesetze, Vertragsgesetze, staatliche Gesetze, Steuergesetze.

Eine große Schwäche des Patentsystems sind die weitreichenden Auswirkungen und Implikationen der Verbreitung von kommerziellen Ansprüchen auf eine bestimmte Form von Eigentum für Wissenschaft und Gesellschaft. Diese Schwäche wird durch Kontroversen über die Patentaktivität für genetische Ressourcen und traditionelles Wissen unterstrichen. Die zunehmende „Einschließung“ (engl. „enclosure“) der biologischen und genetischen Ressourcen durch Patente wird als Bedrohung für die wissenschaftliche Grundlagenforschung und den freien Wissensaustausch in der Öffentlichkeit angesehen. Die Patentierbarkeit von biotechnologischen Erfindungen ist umstritten, mindestens ebenso, wie die Patentierbarkeit von Softwarepatenten (Oldham et al. 2013). Kritiker argumentieren, dass das Patentieren von biotechnologischen Erfindungen nichts anderes ist, als das Leben selbst zu patentieren und damit dem Leben gegenüber respektlos ist. Die Patentierung und Vorstellung, dass das Leben auf der Erde kommerzialisiert werden kann, wird aus ethischen Gründen abgelehnt (Hettinger 1995). Wie bei vielen anderen Erfindungen, läuft alles auf Definitionen hinaus, wie weit oder eng biotechnologische Erfindungen definiert werden. Kritiker argumentieren, es sei besser, überhaupt keinen Patentschutz für biotechnologische Erfindungen zu haben, da Patentierungspraktiken die Vielfalt von Nutztieren und Pflanzen gefährden. Kleine Landwirtschaftsbetriebe könnten durch solche Patente in ein Abhängigkeitsverhältnis gezwungen und der Marktmacht einiger Konzerne und Saatgutunternehmen und deren Patentstatus unterworfen werden. Mittelständische Züchter werden aus dem Markt gedrängt wodurch Landwirte und Konsumenten in wachsende Abhängigkeit von Konzernen geraten (Then und Tippe 2014).

Beim Schutz des geistigen Eigentums und der biologischen Vielfalt bestehen außerdem große Unterschiede und anhaltende Asymmetrien zwischen Industrieländern und Ländern des Globalen Südens. Angesichts der Biodiversität als Quelle wertvoller biologischer Materialien in der Bioökonomie, gibt es in Marktwirtschaften mit ausgedehnten Patentsystemen Anreize zur Patentierung, die für Länder des Globalen Südens als Biopiraterie angesehen werden, wenn die zugrundeliegenden Arten von dort stammen. Das Bioökonomie-Ziel der Weiterentwicklung und Nutzung biotechnologischer/gentechnischer Verfahren steht potenziell im Konflikt zu SDG 15.6. Falls es in der Folge der bioökonomischen Entwicklungen und Innovationen zu einer weitreichenden Patentierung und Vermarktung durch multinationale Unternehmen und Konzerne kommen sollte, wird sich dies voraussichtlich negativ auf eine ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile auswirken. Es würde den angemessenen Zugang zu diesen Ressourcen, vor allem für Akteure in Ländern des Globalen Südens, erschweren. Patentierung und umfassende Kapitalisierung von biotechnologischem Wissen und biologischer Materie können gerechte Verteilung und Nutzung von Ressourcen negativ beeinträchtigen, da sie andere Akteure von der Verwendung und Nutzung der Innovationen ausschließen.

Demgegenüber stehen das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) und das Nagoya-Protokoll zu ABS.⁵⁵ Dabei handelt es sich um wichtige multilaterale Instrumente in Bezug auf die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt, den Zugang zu genetischen Ressourcen und die Aufteilung der Vorteile zwischen Ursprungsländern und Verwertern. Das seit 2010 gültige Nagoya-Protokoll hat sich jedoch bisher nicht als wirksame Vorkehrung zum Schutz des traditionellen Wissens und der biologischen Vielfalt vor Biopiraterie erwiesen (Soria-Lopez und Fuentes-Paramo 2019).

In den Ländern des Südens, in denen die biologische Vielfalt eine Gemeinschaftsressource und die Grundlage des traditionellen Wissens ist, kann Patentierung sehr leicht zu Biopiraterie werden. In vielen Ländern des Globalen Südens ist der direkte Zugang zur biologischen Vielfalt ein starker Anreiz, da Vorschriften und behördliche Aufsicht fehlen. In der Tat könnten bestimmte Komponenten der biologischen Vielfalt und des traditionellen Wissens, die für ein Unternehmen einen relativen technologischen und wirtschaftlichen Wert haben, durch unbefugte oder unmoralische Bioprospektion⁵⁶ angeeignet werden. Es mangelt generell an Transparenz und Informationen über biologische Vielfalt und traditionelles Wissen im internationalen Patentsystem (Oldham et al. 2013). In vielen Ländern fehlt lokaler und nationaler Rechtsschutz für traditionelles Wissen und genetische Ressourcen, um Biopiraterie zu verhindern (Soria-Lopez und Fuentes-Paramo 2019).

Perspektivisch kommt ferner das Problem hinzu, dass genetisches Material für eine potenzielle Nutzung immer weniger aus den Ursprungsländern ausgeführt werden muss, sondern direkt vor Ort genetisch analysiert und sequenziert werden kann. Die Verbreitung der erhaltenen Daten (DSI, Digitale Sequenz-Informationen) können faktisch nicht kontrolliert werden (vgl. auch 5.3.3.2 zu öffentlichen DNA-Barcoding⁵⁷ Datenbanken). Vielfach sind sie online frei verfügbar.

Gleichzeitig gibt es eine Reihe von Vorteilen für Länder des Globalen Südens, die mit der Verwendung von DSI digitaler Sequenzinformationen verbunden sind. Der Beratungsgruppe für

⁵⁵ Englischer Name: Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization

⁵⁶ "Bioprospektion" ist die Erforschung der biologischen Vielfalt nach kommerziell wertvollen genetischen und biochemischen Ressourcen

⁵⁷ DNA-Barcoding (englisch DNA barcoding) ist eine taxonomische Methode zur Artenbestimmung anhand der DNA-Sequenz eines Markergens. Die Methode ermöglicht Nicht-Spezialisten die Bestimmung von Arten aus schwierigen und artenreichen Gruppen.

Internationale Agrarforschung (engl. CGIAR Consultative Group on International Agricultural Research) zufolge kann DSI folgende Möglichkeiten bieten (siehe CBD Sekretariat 2018):

- (a) verbesserter Zugang der Landwirte zu Technologien;
- (b) Leistungen zur Sicherung der Ernährung und des Lebensunterhalts;
- (c) Ausbau der institutionellen Kapazitäten von Forschungsorganisationen in Ländern des Globalen Südens;
- (d) Gemeinsame Forschungsergebnisse;
- (e) Lokale, nationale und regionale Wirtschaftsentwicklung, auch durch die Verfügbarkeit verbesserter Pflanzensorten (die auch den Landwirten Vorteile bringen, die sie nutzen).

Forscher weltweit und in Deutschland nutzen bereits DSI, auch für die Entwicklung von Produkten der Bioökonomie. Ein klareres Verständnis der monetären und nicht-monetären Vorteile, die sich aus dem offenen Zugang ergeben, ist notwendig. Die Anwendung des bestehenden bilateralen ABS-Systems auf DSI ist schwierig und alternative Regelungen müssen entwickelt werden (Karger 2018).

5.3.3.2 Open Innovation und ‚Global Commons‘-Saatgutbanken

Im Gegensatz zu problematischen Patentierungssystemen, könnten gemeinschaftliche „Open-Innovation“-Ansätze in der Bioökonomie-Forschung, die transdisziplinär sind und ein Netzwerk von vielfältigen Stakeholdern einschließen, den fairen Zugang zu wichtigen Ressourcen und neuem Wissen ermöglichen, wodurch Synergien zwischen Forschung und fairer Nutzung geschaffen werden (Van Lancker et al. 2016). Es gibt bereits einen zunehmenden Trend zu vernetzter und offener Innovation in einem Spektrum von Bereichen, einschließlich Biologie und Biodiversitätsforschung. Ein Beispiel sind öffentlich zugängliche DNA-Barcoding Datenbanken, die es unabhängigen Dritten und Wissenschaftlern ermöglichen Information abzurufen, zu prüfen und zu verifizieren. Das Europäische Nucleotide Archive (ENA)⁵⁸ ist ein Beispiel hierfür.

Mit dem weltweiten Trend zur Bioökonomie und die damit verbundene Ausweitung der biotechnologischen Innovationen und landwirtschaftlichen Produktionssysteme wird sich auch der Umfang und die Nutzung von Ressourcenpools erweitern. Ein „Global-Commons“-Ansatz gemeinsamer pflanzengenetischer Ressourcen bietet die Möglichkeit, das Spektrum der Akteure, die an der Erhaltung und Nutzung genetischer Ressourcen beteiligt sind, auszudehnen. Auch kann die gemeinsame Nutzung und Bewirtschaftung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft durch Gesetze unterstützt werden, die den Zugang zu genetischen Ressourcen regeln und die Aufteilung der Vorteile, die sich aus ihrer Nutzung ergeben (Halewood et al. 2013).

Commons-basierte und Open-Source-Modelle werden bereits in den Bereichen Software, Literatur und Bilder angewendet und bieten sich auch für die Bioökonomie an. Diese Modelle beruhen auf dem Urheberrecht und der Lizenzierung, um Materialien für eine breitere Verwendung unter den vom Anbieter festgelegten Bedingungen zu öffnen. Commons-Modelle stützen sich auch auf ein einfaches Menü von Optionen (z.B. Attribution, nicht-kommerziell), die sich sowohl auf zeitliche als auch geographische Nutzung anwenden lassen. Die Anwendung dieser Modelltypen im Fall der Biologie erfolgt typischerweise in Form von "Open Access", d. h. im Fall von Genomsequenzdaten. Die mögliche Anwendung von Commons-Modellen auf biologisches Material und traditionelles Wissen benötigt weitere Untersuchungen, um Anbietern genetischer Ressourcen eine größere Auswahl an Optionen zu den Bedingungen zu bieten, unter denen Material und Wissen verfügbar gemacht werden kann (Oldham et al. 2013).

⁵⁸ <https://www.ebi.ac.uk/ena/about>

In vielen Ländern des Globalen Südens gibt es erfolgreiche Modelle von gemeinschaftlich betriebenen Saatgutbanken, die vielfältige Zwecke einer nachhaltigen Landwirtschaft für Kleinbauern erfüllen. Diese Saatgutbanken dienen als zentrale lokale Anlaufstelle für die Aufrechterhaltung der einheimischen genetischen Vielfalt in ländlichen Regionen unter Einbeziehung der Bauerngemeinschaften. Saatgutbanken können den Zugang und die Verfügbarkeit verschiedener lokal angepasster Kulturen und Sorten verbessern und die damit verbundenen indigene Kenntnisse und Fähigkeiten des Pflanzenmanagements ebenfalls verbessern, einschließlich der Auswahl, Behandlung, Lagerung und Vermehrung. Saatgutbanken dienen ebenfalls als lokales und informelles Saatgutverteilungssystem, das in Dörfern ohne oder zu sehr geringen Kosten faire Verteilung ermöglicht. Diese Systeme werden von Landwirtinnen und Landwirten betrieben und gefördert, um qualitativ hochwertiges Saatgut und Inputs zu ermöglichen (Malik et al. 2013). Letztlich spielen gemeinschaftliche Saatgutbanken in Ländern des Globalen Südens auch eine wichtige Rolle in der Anpassung an den Klimawandel (Vernooy et al. 2017).

5.3.3.3 Schlussfolgerungen

Die Unterziele SDG 2.5 und 15.6 erfordern bessere Governance-Strukturen von Bioökonomien zum Erhalt der genetischen Vielfalt von Kultur- und Nutzpflanzen und faire Verteilung genetischer Ressourcen. Die bestehenden Patentierungspraktiken und Gesetze sind nicht ausreichend, um die genetische Vielfalt als lebenswichtige Ressourcen für Ernährungssicherheit und Armutsbekämpfung, vor allem in den Ländern des Globalen Südens (Andersen 2008), zu bewahren. **Die genetische Vielfalt von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ist für traditionelle Kleinbäuerinnen und Kleinbauern von wesentlicher Bedeutung und daher ein unverzichtbarer Faktor bei der Bekämpfung der Armut und für den Kampf gegen Hunger (SDG 2.1) und Unterernährung (SDG 2.2).** Weiterhin ist in vielen Ländern des Globalen Südens die biologische Vielfalt eine Gemeinschaftsressource und die Grundlage des traditionellen Wissens. Gleichzeitig fehlen aber gesetzliche Vorschriften und behördliche Aufsicht, was die Nutzung dieser biologischen Gemeinschaftsressourcen betrifft, was die Umstände und Anreize für Patentierung bzw. Biopiraterie Aktivitäten fördert (Soria-Lopez und Fuentes-Paramo 2019).

Um den Anforderungen aus den SDG 2.5 und 15.6 gerecht zu werden, müssen Bioökonomie-Strategien ein breiteres Spektrum der biologischen Vielfalt für Forschung und Entwicklung öffnen, basierend auf den Grundsätzen einer gerechten Aufteilung des Nutzens und der Einhaltung der Ziele der CBD, Menschenrechte und Ethik. Die kommerzielle Patentierung, die Unternehmen Exklusivität für auf Biodiversität basierende biotechnologische Innovationen bietet, sind problematisch. Stattdessen sind alternative Innovationsmodelle wie **Open-Source- und Commons-Modelle** erforderlich, um die biologische Vielfalt für die Forschung zu öffnen, die aktuelle und vernachlässigte Bereiche der menschlichen Bedürfnisse anspricht.

Die internationalen Regeln durch das Nagoya-Protokoll und access-benefit sharing (ABS), und die dadurch initiierten nationalen Gesetze sind Realität und stellen den gesetzlichen Rahmen für die Bioökonomie in diesem Feld. Sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie müssen Lösungen gefunden werden, um diese gesetzlichen Rahmenbedingungen umzusetzen. Zukünftige Forschung zu (Heil-)Pflanzen und anderen genetischen Ressourcen müssen sich mit den **Rechten indigener Stämme und Gemeinschaften** befassen, um faire Lösungen für beide Seiten zu finden (Efferth 2019).

5.3.4 Korrektur von Handelsbeschränkungen und -verzerrungen auf den Weltagarmärkten, Schaffung stabiler Märkte und Beseitigung aller Formen von Agrarexportsubventionen – SDG-Unterziele 2.B und 2.C

Mit SDG 2.B und 2.C wird die folgende Frage behandelt: Wie müssen bestehende landwirtschaftliche Handelspolitiken, einschließlich Exportsubventionen und Importpolitiken der EU und Deutschlands, reformiert werden, damit nachhaltige und gerechte Verteilung von Nahrungsmitteln und Biomasse global sichergestellt werden kann?

Es bestehen komplexe Zusammenhänge zwischen internationalem Handel, nationalen Bioökonomie-Strategien und den globalen Nachhaltigkeitszielen. Problematisch ist die derzeitige Ungleichgewichtigkeit der Handelsbeziehungen zwischen der EU und Ländern des Globalen Südens. Das Beispiel der EU zeigt, dass Import- und Exportpolitiken, Subventionen und Handelsbeschränkungen starken Einfluss darauf haben werden, ob die Nachhaltigkeit der Bioökonomie garantiert werden kann. Bioökonomie-Strategien der EU und DE stehen in potenziellem Konflikt mit SDG 2.B und SDG 2.C, wenn die bestehenden Ungleichheiten im Handel von landwirtschaftlichen Gütern zwischen Ländern des Globalen Nordens und Südens nicht reformiert werden.

5.3.4.1 EU (Export) Subventionen der GAP

Das Außenhandelsinstrument der EU die Exportsubventionen waren staatliche Leistungen für Warenexporte, um sonst nicht konkurrenzfähige Waren auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig zu machen. Als ein wichtiger Teil der früheren Landwirtschaftspolitiken der EU, die am meisten zu internationalen Handelsverzerrungen beigetragen hatten, wurden Exportsubventionen bereits in der Periode des 2014-20 Multiannual Financial Framework (MFF) reformiert oder beseitigt. Vor allem die Maßnahmen, die zur direkten Subventionierung des Exports von Agrarüberschüssen in Entwicklungsländer geführt haben, sind schrittweise abgeschafft worden. Ausfuhrerstattungen wurden seit Juni 2013 beseitigt, und die EU hat sich verpflichtet, nach 2020 keine Ausfuhrsubventionen mehr zu gewähren (Bureau und Swinnen 2018).

Dennoch ist die Agrarförderung mit rund 56 Milliarden Euro im Jahr 2018 der größte Ausgabenblock des EU-Haushalts. In Deutschland stehen für die Agrarförderung von 2014 bis 2020 jährlich rund 6,2 Milliarden Euro an EU-Mitteln zur Verfügung. Die landwirtschaftlichen Subventionen der EU sind nicht von Exporten entkoppelt und werden als Grundlage dafür angesehen, dass in der EU günstig produzierte Nahrungsmittel auch in Länder des Globalen Südens, z.B. afrikanische und asiatische Länder, exportiert werden können und dadurch in vielen Fällen die Lebensgrundlage der dortigen Kleinbäuerinnen und Kleinbauern zerstört wird (Pauly und Marquart 2018). Diese Praktiken und Förderungen führen zum sogenannten Dumping von landwirtschaftlichen Produkten (Berthelot 2018).

Von ihren Handelspartnern allerdings fordert die EU oft weitreichende Marktöffnung und die Abschaffung von Zöllen. Vor allem afrikanische und lateinamerikanische Länder sind von den Politikinstrumenten der GAP negativ betroffen. Ein Beispiel ist der Senegal, wo die angewandten Zölle für Geflügelimporte nach und nach von 55 Prozent im Jahr 1998 auf 20 Prozent im Jahr 2002 gesenkt wurden. Diese Senkung des angewandten Einfuhrzolls fiel zeitlich mit einem starken Anstieg der Importe von gefrorenem Hühnerfleisch im Wesentlichen aus der EU zusammen, die mit der lokalen Geflügelproduktion konkurrierten. Schätzungen der Erzeugerorganisationen zufolge sind 70 Prozent der Geflügelfarmen seit Beginn der Einfuhr von gefrorenem Hühnerfleisch in den 2000er Jahren verschwunden, da diese Importe zu Sonderpreisen hauptsächlich auf EU-Exportsubventionen zurückzuführen waren. (Dupraz und Postolle 2013).

Fleischexporte aus der EU werden auch weiterhin durch Subventionen (z. B. Direktzahlungen, Subventionen für Futtermittel) verbilligt, so dass Produzenten in Ländern des Globalen Südens

nicht mehr konkurrenzfähig sind und von ihren eigenen inländischen lokalen und regionalen Märkten verdrängt werden. Märkte in Ländern des Globalen Südens wurden mit billigen Fleischprodukten aus Europa bedient, die in Europa keinen Absatz finden. Die deutsche Landwirtschaft produzierte 2014 ca. 25 Prozent mehr Nahrungsmittel, als die deutschen Konsumenten verbrauchten (Hilse 2014). Den größten Teil der Ausfuhren machen verarbeitete Nahrungsmittel und Ernährungsgüter aus – mit entsprechend hoher Wertschöpfung durch die Verarbeitung. Die Hälfte des Fleisches aller inländischen Schlachtungen wird exportiert (BMEL 2018) Oft werden die in Deutschland nichtverkäuflichen Produkte preiswert nach Afrika verkauft. Dabei handelt es sich vor allem um minderwertige Fleischprodukte, die in Europa nicht gefragt sind (Hilse 2014). Im zweiten Quartal 2019 exportierte die EU Nahrungsmittel im Werte von 29,3 Milliarden Euro, den größten Anteil hatten Fleischprodukte mit 3,7 Milliarden Euro, an zweiter Stelle Milchprodukte mit 3,1 Milliarden Euro.⁵⁹ Um die Fleischproduktion und resultierenden Exporte zu vermindern, müssen bei der Preisgestaltung die externen Kosten der Tierproduktion, insbesondere der Umweltverschmutzung (z. B. durch Nitrate), vollständig berücksichtigt, d.h. internalisiert werden. Dies würde den Preis für europäisches Fleisch erhöhen, afrikanische Produkte wettbewerbsfähiger machen, den Verbrauch in Europa senken und sich darüber hinaus positiv auf die Umwelt auswirken. Die EU hat die Möglichkeit, in der bevorstehenden Reform der GAP für die Zeit nach 2020 geeignete Maßnahmen ergreifen (Rudloff und Schmiege 2016). Auch für andere Erzeugnisse der EU ist der afrikanische Kontinent ein wichtiger Absatzmarkt. Allein Nordafrika, das nur begrenzt selber produzieren kann, hat 2018/19 rund 40 Prozent der EU-Weizenausfuhren abgenommen, die Länder südlich der Sahara mehr als ein Viertel (Böll Agrar-Atlas 2019). Diese EU Exporte konkurrieren mit an die Standorte angepassten Nahrungspflanzen wie Hirse, Cassava und Yams, beeinflussen die dortigen Ernährungsgewohnheiten und schaffen neue Abhängigkeitsverhältnisse.

Auch für die Ernährungssouveränität schafft die europäische GAP-Politik weiterhin Zielkonflikte. Das Bioökonomie-Ziel der Ernährungssicherheit und SDG 2 in Ländern des Globalen Südens zu ermöglichen, bedeutet den weiteren Abbau von Subventionen für landwirtschaftliche Güter, die negative Auswirkungen auf Armutsreduzierung und langfristige Ernährungssicherheit in Ländern des Globalen Südens haben (Laborde und Díaz-Bonilla 2015). Die Bioökonomie-Ziele des Wirtschaftswachstums und Schaffung von Arbeitsplätzen in der deutschen und europäischen Landwirtschaft und anderen Bioökonomie-Sektoren stehen im Zielkonflikt mit SDG 2.B und dem Bioökonomie-Ziel Ernährungssicherheit, sofern diese Arbeitsplätze von Subventionen der EU abhängig sind und zu Exporten in Länder des Globalen Südens führen. Wenn die Intensivierung der Landwirtschaft durch Digitalisierung oder Präzisionslandwirtschaft, die durch Bioökonomie-Strategien vorangetrieben werden sollen, zu weiteren Überschüssen und Preisenkungen bei Agrarprodukten führt, resultieren daraus Exportsteigerungen von EU-Lebensmitteln in Länder des Globalen Südens mit der Folge der Verschärfung bestehender Problemlagen.

Ebenfalls verstärkend auf die Ernährungsunsicherheit wirken Maßnahmen, die Preisschwankungen bei Nahrungsmitteln auf dem internationalen Markt erhöhen. Dazu zählen Beihilfsquoten für Biotreibstoffe sowie Exportsubventionen, die sich nur an den Versorgungsfragen in der EU orientieren. Starke politische Eingriffe ins Preisgefüge, beispielsweise sehr hohe Zollpräferenzen in Europa, können ebenfalls zu Preisschwankungen beitragen (Brüntrup 2017) und damit Nahrungsmittelmärkte destabilisieren, was im Zielkonflikt mit SDG 2.C steht.

⁵⁹ https://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/publications_documents/FoodDrinkEurope - Trade Bulletin - Q2 2019.pdf

5.3.4.2 EU-Importe von Biomasse

Die Bioökonomie-Strategien der EU und Deutschlands, die darauf angewiesen sind, bestehenden und neuen biobasierten Industrien durch internationalen Handel Zugang zu preisgünstigen biogenen Rohstoffen (meist aus Ländern des Globalen Südens) zu schaffen, stehen in Konflikt mit sowohl SDG 2 und SDG 15.

Derzeitig verbraucht die EU einschließlich Handel und Beweidung mehr als 1 Milliarde Tonnen Biotrockenmasse pro Jahr, wobei mehr als 60 Prozent in der Futter- und Lebensmittelindustrie eingesetzt werden, gefolgt von Bioenergie (19,1 Prozent) und Biomaterialien (18,8 Prozent) (Camia et al. 2018). Die EU ist insgesamt ein Nettoimporteur von Biomasse. Die Ausfuhren von tierischen und verarbeiteten landwirtschaftlichen Erzeugnissen, Holzprodukten sowie von Papier und Pappe werden durch die Einfuhren von pflanzlichen Lebensmitteln, Biomasse und festen Biobrennstoffen übertroffen. Dadurch nimmt Europa außerhalb seiner Grenzen zunehmend Boden in Anspruch. In anderen Weltregionen werden Nahrungs- und Futtermittel für Europa angebaut, dadurch verschieben EU-Länder die Umweltbelastungen ihre Konsums (z.B. Treibhausgasemission aus Landnutzungsänderungen) in andere Länder (Sandström et al. 2018).

Bereits heute sind die Einfuhr und der Verbrauch nicht nachhaltiger Rohstoffe in der EU bereits zu hoch und nicht mit globalen Nachhaltigkeitsanforderungen vereinbar. So wurden beispielsweise bereits in den Jahren zwischen 2002 und 2006 bis zu 18 Prozent der brasilianischen Entwaldungsemissionen durch die Importe der EU verursacht (Ziegler 2017). Damit war die EU der größte ausländische Entwaldungstreiber in Brasilien. Sie war vor allem durch Sojaimporte für ungefähr 780.000 ha Entwaldung verantwortlich und folglich für 200 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen, was 18 Prozent der brasilianischen Entwaldungsemissionen entspricht (siehe Ziegler 2017). Experten der unabhängigen Nichtregierungsorganisation GRAIN befürchten, dass auch das neue EU-Mercosur Handelsabkommen⁶⁰ zu Landnutzungsänderungen und Entwaldung in Südamerika beitragen wird. Schätzungen zufolge würde der verstärkte Handel von acht Produktkategorien (Rindfleisch, Käse, Ethanol von Zuckerrohr, Milchpulver, Säuglingsnahrung, Geflügel, Reis und Zucker) zu zusätzlichen 9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent führen, ein Anstieg um 34 Prozent verglichen mit dem derzeitigen Handel dieser Produkte. 30 Prozent dieser Emissionen würden von Landnutzungsänderungen und Entwaldung verursacht werden, sowohl in Lateinamerika als auch in der EU (GRAIN 2019b).

Die Regeln des Welthandelsregimes bieten potenzielle Spielräume für Bioökonomie-Strategien, internationalen Handel mit Biomasse nachhaltiger zu gestalten. So können bei Biomasseimporten aus unökologischer Produktion importsteuernde und vermarktungsregulierende Maßnahmen ergriffen werden. Umweltpolitische Maßnahmen der EU können insbesondere auf der Basis von GATT Art. XX gerechtfertigt werden. Dieser Art. XX ermöglicht potenziell, bestimmte Anforderungen an die Nachhaltigkeit zu stellen, zum Beispiel mit Blick auf die Biodiversität und die Nutzung von Naturschutzflächen. Das WTO-Recht setzt hingegen deutliche Grenzen für den Gestaltungsspielraum der ökologischen Nachhaltigkeitskriterien, denn die ökologischen Nachhaltigkeitskriterien dürfen nicht diskriminierend sein und müssen zudem wissenschaftsbasiert sein (Brandi 2017).

Anforderungen aus SDG 2.B zum weiteren Abbau von Handelsrestriktionen für Nahrungsmittel- und Biomasseexporte aus Ländern des Globalen Südens würden vor diesem Hintergrund zur Steigerung nicht nachhaltiger Biomasseimporte führen. Handelsrestriktionen und Importstopps für nicht nachhaltig produzierte Biomasse aus Ländern des Globalen Südens, z.B. Palmöl Produkte aus Indonesien und Malaysia, können zwar den Schutz von Ökosystemen (siehe SDG 15.1

⁶⁰ https://ec.europa.eu/germany/news/20190701-eu-und-mercosur-staaten-umfassendes-freihandelsabkommen_de

und SDG 15.2) und Klimaschutz unterstützen, sie stehen, zumindest formal allerdings im Zielkonflikt mit SDG 2.B (Verhinderung von Handelsrestriktionen).

5.3.4.3 Nachhaltigkeitsstandards für Biomasse- und Nahrungsmittel

EU-Normen und Standards für Nahrungsmittel haben starke Auswirkungen auf den internationalen Handel und die globalen Wertschöpfungsketten, und bieten Möglichkeiten, die Importe von Biomasse und biogenen Rohstoffen nachhaltiger zu gestalten. Die Harmonisierung von europäischen Normen und die Entwicklung von Zertifizierungssystemen sind zentrale Ansätze, um mögliche negative Auswirkungen des zunehmenden Handels mit Biomasse zu beheben. Trotz vieler bestehender Mängel sind Zertifizierungssysteme ein wichtiges Instrument. Sie schaffen allerdings sowohl Hindernisse als auch Möglichkeiten für Produzierende aus Ländern des Globalen Südens, um vom Zugang zu EU-Verbrauchermärkten zu profitieren.

In Kontext des SDG 2.B könnten der Ausbau von Nachhaltigkeitsstandards, Standardisierung und Zertifizierung für Biomassenutzungen in der EU und deutschen Bioökonomie als protektionistische Reaktionen aufgefasst werden, sogenannte Non-Trade Barrieren (NTB). Die Produzenten globaler Wertschöpfungsketten, die sich den verschärfenden öffentlichen und privaten EU-Standards in Bezug auf Sicherheit, Qualität, Nachhaltigkeit und soziale Bedingungen nicht anpassen können bzw. wollen, wären hiervon negativ betroffen. Andererseits könnten die Produzierenden, die es schaffen, sich in diese nachhaltigeren Wertschöpfungsketten zu integrieren, durch ein höheres Einkommen aus der Produktion qualitativ hochwertiger Erzeugnisse, durch neue Beschäftigung oder durch Vertragslandwirtschaft profitieren. Somit können andere Unterziele von SDGs unterstützt werden, z. B. SDG 2.3 (Verdopplung der Einkommen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern).

Bilaterale Handelsverträge, z.B. das aktuelle EU-Mercosur Abkommen⁶¹, bieten Ansatzpunkte für die Etablierung und Einführung von Nachhaltigkeitsstandards für biogene Industrierohstoffe und landwirtschaftliche Produkte. Die Anwendung des Vorsorgeprinzips kann ebenfalls in geplanten Handelsabkommen angewendet werden, was vor allem für den Handel mit genetisch modifizierten Produkten und anderen biotechnischen Innovationen von Relevanz ist. In bestehenden Handelsvertragstexten der EU ist das Vorsorgeprinzip allerdings nicht hinreichend verankert. Auch in den auf WTO-Ebene getroffenen Übereinkommen findet sich kein expliziter Verweis auf das Vorsorgeprinzip (Rudloff 2017).

Wenn Wirtschaftswachstum in Bioökonomie-Sektoren in der EU und DE zu steigenden Importen von höherwertigen Produkten aus Ländern des Globalen Südens führt, kann dies positive Auswirkungen auf die Produktion und Einkommen von Kleinbauern haben, wenn vor allem Fair Trade Produkte und Zertifizierungsprogramme für nachhaltige Landwirtschaft effektiv genutzt und gefördert werden. Die Fairtrade-Bewegung macht die ökologischen und sozialen Beziehungen von landwirtschaftlichen Produkten sichtbar und fordert die Verbraucher auf, die wahren Produktionskosten zu tragen. Fairer Handel zielt darauf ab, gleichzeitig die realen sozialen und ökologischen Kosten aufzuzeigen und fairere Handelsbeziehungen für die Erzeuger zu schaffen (Raynolds 2020). Fair-Trade-Handel hat sich nachweisbar positiv auf kleine Erzeugerorganisationen, Bauern und Nachbargemeinden ausgewirkt (Fair Trade 2014, Raynolds 2020) und kann auch im Kontext von Bioökonomie-Strategien und SDG 2.B und 2.C relevant sein.

5.3.4.4 Schlussfolgerungen

Um den Anforderungen aus SDG 2.B und 2.C Genüge zu tun, darf die Weiterentwicklung der Handels- und Agrarpolitiken der deutschen und europäischen Bioökonomien die

⁶¹ https://ec.europa.eu/germany/news/20190701-eu-und-mercosur-staaten-umfassendes-freihandelsabkommen_de

Ressourcenkonkurrenz und negativen Auswirkungen auf Ökosysteme und Klima in Ländern des Globalen Südens nicht noch weiter verschärfen, sondern muss zu einer deutlichen Entlastung beitragen.

Im Kern der europäischen Bioökonomie- und Rohstoffpolitik sollte nicht länger der freie Zugang zu den billigen biogenen Rohstoffen anderer Länder stehen, die in Europa weiterverarbeitet und veredelt werden, sondern der nachhaltige Umgang mit den natürlichen Ressourcen innerhalb der EU. Ebenso müssen Rohstoff und Biomasseimporte aus Nicht-EU Ländern Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, um die negativen Auswirkungen auf dortige Ökosysteme zu minimieren.

Gleichzeitig ergibt sich aus SDG 2.B und SDG 2.C, dass sich Europas Märkte weiter für Produkte aus Ländern des Globalen Südens öffnen müssen. Die Importe von höherwertigen landwirtschaftlichen Produkten und biogenen Ressourcen, die strenge Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, kann ebenfalls zu Steigerung von Einkommen bei kleinen Produktionsbetrieben (SDG 2.3) beitragen.

Es bestehen Möglichkeiten, in bilateralen Handelsabkommen (z.B. EU-Mercosur Abkommen) Verfahren einzubinden, die gewährleisten, dass Umweltwirkungsanalysen in den Abkommen Beachtung finden. Um diesen Prozess sicherzustellen, gibt es mittlerweile in der EU verschiedene Instrumente: Der Aufnahme von Handelsverhandlungen sollten verbindliche Nachhaltigkeitsbewertung von Importen und Exporten landwirtschaftlicher Produkte und biogenen Ressourcen vorgeschaltet werden. In dem von der neuen EU Kommission verabschiedeten European Green Deal für die Periode von 2019-2024)⁶² sind entsprechende Maßnahmen angekündigt, jedoch sind diese noch vage. Eine nachhaltige EU-Handelspolitik im Rahmen des EU Green Deal benötigt bessere Nutzung der Folgenabschätzungen, auf denen die EU-Handelsabkommen beruhen. Weiterhin sind wesentliche Verbesserungen der Nachhaltigkeitsbestimmungen in Handelsvereinbarungen notwendig, einschließlich ihrer durchsetzungsfähigeren Umsetzung (Kettunen et al. 2020).

Als Lösungsansätze für Handel in einer nachhaltigen Bioökonomie können sich Welthandel und regionaler Handel gegenseitig unterstützen. Förderung regionaler Märkte, auf denen Produkte aus der Region an Menschen aus der Region verkauft werden, unterstützen lokale Wirtschaftskreisläufe von Biomasse, verringern das Transportaufkommen und ermöglichen engere Beziehungen zwischen Produzenten und Konsumenten.

5.3.5 Nachhaltige Nutzung und Schutz von Ökosystemen und Wäldern – SDG-Unterziele 15.1 und 15.2

Durch die Bioökonomie wächst der Druck auf Ökosysteme und Wälder durch die steigende Nachfrage nach Biomasse und Holz von verschiedenen Industriesektoren, vor allem Bioenergie, Holzprodukte und Zellstoff und Papier. Dies ruft neue Spannungsfelder hervor. Diese Kernthemen und potenziellen Zielkonflikte vieler Bioökonomie-Strategien wurden im Rahmen der durchgeführten Analyse der Bioökonomie-Strategien abgehandelt (siehe dazu Kiresiewa et al. 2019). Intensivierung der Forstwirtschaft und Produktionssteigerungen beeinträchtigt die Bewahrung der Diversität und Widerstandsfähigkeit von Waldökosystemen. In Bioökonomie-Strategien wird Intensivierung der Forstwirtschaft oftmals gestärkt bzw. gefördert, jedoch hat die gesteigerte Verwendung von Holz und Biomasse für Bioenergie als angedachter Beitrag zum Klimaschutz negative Auswirkungen auf die klimaregulierenden Funktionen von Wäldern und deren Biodiversität. Um die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen zu reduzieren, besteht die Gefahr eine neue Importabhängigkeit von Biomasse zu schaffen. Dadurch wird potenziell verstärkt

⁶² https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Druck auf Wälder ausgeübt, vor allem in tropischen Regionen in Ländern des Globalen Südens. Nicht nur die Nachfrage nach Holz, sondern auch die Bedeutung von aus Zuckerrohr und Ölpflanzen, wie Palmöl, gewonnenen Biokraftstoffen nimmt weiterhin zu, mit negativen Folgen für Wälder. Diese Entwicklungen stehen im Konflikt mit den Anforderungen, die sich aus SDG 15.1 und 15.2 ergeben.

Wirtschaftswachstum in Deutschland und der EU, das aus einer Wald-basierten Bioökonomie hervorgeht, hat potenzielle negative Auswirkungen auf den Schutz von Ökosystemen und Wäldern sowohl in Deutschland als auch in der EU und Drittländern, wenn keine konkreten Nachhaltigkeitsanforderungen eingehalten werden. Es bestehen Zielkonflikte zwischen Bioökonomie-Ziel 1 Wirtschaftswachstum und den SDGs 15.1 und 15.2, wenn Wirtschaftswachstum einen signifikanten Anstieg des Bedarfs an Biomasse für biobasierte Materialien sowie einen Anstieg des Bedarfs an Biomasse für Bioenergie hervorruft (Scarlat et al. 2015). Produktionssteigerung in der Forstwirtschaft hat potenzielle Zielkonflikte mit SDG 15.2, vor allem wenn sich die Produktionssteigerung auf Holzprodukte und Primärproduktion bezieht (Wolfslehner et al. 2016). Weiterhin zeigen Studien, dass das Produktivitätsniveau der Produktionsfaktoren (z.B. Erträge pro Hektar Land oder Wald) in den heutigen entwickelten Volkswirtschaften um viele Größenordnungen höher ist als das Tempo und die Dichte des Biomasseangebots und die Senkenkapazität natürlicher Prozesse, z.B. für Kohlenstoff. Eine ökologisch nachhaltige Bioökonomie wird die wirtschaftlichen Prozesse und Wachstum voraussichtlich verlangsamen. Wirtschaftswachstum in der Bioökonomie wird daher voraussichtlich geringer sein müssen als Wachstumsraten einer auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft (Giampietro 2019).

Infolgedessen ist es notwendig bestehende Erkenntnisse und nachhaltige Ansätze zum Schutz von Wäldern, nachhaltiger Forstwirtschaft und Wiederaufforstung zu identifizieren und in Bioökonomie-Strategien zu integrieren. In den folgenden Unterkapiteln wird folgende Fragestellung bearbeitet: Welchen Beitrag kann und muss die Bioökonomie leisten, um eine nachhaltige Bewirtschaftung aller Waldarten zu fördern, die Entwaldung zu beenden, geschädigte Wälder wiederherzustellen und die Aufforstung und Wiederaufforstung zu erhöhen?

5.3.5.1 Schutz von Wäldern und Wiederaufforstung

An erster Stelle der Anforderungen aus SDG 15.1 und 15.2 an die Bioökonomie steht Schutz von bestehenden Waldökosystemen und Wiederaufforstung. Für Bioökonomie-Strategien und wirtschaftliche Aktivitäten ist es daher notwendig, nicht in Konflikt mit bestehenden Natur- und Waldschutzgebieten zu treten, sondern eher Erhaltungsziele zu unterstützen. Das heißt, Biomasse und biogene Ressourcen aus geschützten Gebieten, wie etwa Natura 2000⁶³ in Europa, stehen grundsätzlich nicht für bioökonomische Aktivitäten zur Verfügung, wenn dies zur Verschlechterung der Wälder und natürlichen Lebensräume führt, die als Schutzgebiet ausgewiesen wurden.

In vielen Ländern haben die Auswirkungen des Klimawandels, einschließlich Waldbrände, Extremwetterereignisse mit Stürmen und Dürre und anhaltendem Schädlingsbefall zu massiven Schäden von Wäldern geführt. Daher ist Wiederaufforstung eine Priorität für die Bioökonomie, nicht nur um die Waldökosysteme an sich zu erhalten, sondern auch um Wälder als wirtschaftliche Ressource nicht zu verlieren. In Anbetracht der stark ansteigenden Waldschäden in Deutschland ist dies wichtig für Deutschlands Bioökonomie-Strategie. Im Jahr 2018 summierte sich die Schadholzmenge aus Stürmen und den Bäumen, die wegen des Befalls mit Borkenkäfern gefällt werden mussten, bundesweit auf 32 Millionen Festmeter (BMEL 2019). Der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Waldbesitzerverbände (AGDW) zufolge sind insgesamt 2018 durch Stürme,

⁶³ Siehe Natura 2000 https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/faq_de.htm#4-0

Dürre, Brände und Borkenkäferbefall mehr als 110.000 Hektar Wald verloren gegangen (Jahberg 2019). Die massiven Waldschäden erfordern daher eine Wiederaufforstung von standort- und klimaangepassten Mischwäldern, um Wälder und Forstwirtschaft in Deutschland stärker an den Klimawandel anzupassen. Für Wiederaufforstungen als Element von Bioökonomie-Aktivitäten sind die Erfahrungen aus bestehenden Programmen und nationalen und internationalen Initiativen wichtig, vor allem von kosteneffizienten und praxiserprobten Methoden zur Regeneration und Aufforstung existierender Waldgebiete.

Im internationalen Kontext ist vor allem die „Bonn Challenge“ zu erwähnen. Dieses globale Projekt hat das Ziel, 150 Millionen Hektar des weltweit abgeholzten und degradierten Landes bis 2020 und 350 Millionen Hektar bis 2030 wiederherzustellen. Es wurde 2011 von der Bundesregierung und der IUCN ins Leben gerufen und später auf dem UN-Klimagipfel 2014 durch die New Yorker Walderklärung bestätigt und erweitert. Der Bonn Challenge liegt der Ansatz zur Wiederherstellung der Waldlandschaft (engl. Forest Landscape Restoration, FLR)⁶⁴ zugrunde, der darauf abzielt, die ökologische Integrität wiederherzustellen und gleichzeitig das Wohlbefinden des Menschen durch multifunktionale Landschaften zu verbessern.

5.3.5.2 Nachhaltige Forstwirtschaft

Die Anwendung des Konzepts der Mehrfach- bzw. Kaskadennutzung (UBA 2014) von Biomasse und Holz kann dazu dienen, tragfähige Lösungen für nachhaltigere Waldnutzung und Forstwirtschaft zu finden. Durch Kaskadennutzung kann die Flächen- und Ressourceneffizienz gesteigert und der steigende Druck auf Waldökosysteme vermindert werden. Somit können Synergien zwischen effizienter und nachhaltiger Nutzung und Schutz von Waldökosystemen geschaffen werden. Weiterhin bieten zirkuläre Bioökonomie-Konzepte und deren Anwendung in Bioraffinerien Potenziale, um die Nutzung von Biomasseressourcen aus Wäldern effizienter zu machen und zu nachhaltiger Forstwirtschaft beizutragen (IEA 2016, Temmes und Peck 2019).

Die kaskadierte Nutzung von Biomasse aus Wäldern, in der Produkte und Ressourcen wiederverwertet werden, kann mit Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft verknüpft werden. Dies erfordert sowohl die kaskadierte Nutzung von Biomasse als auch die Nutzung von Nebenprodukten, damit möglichst viele Produkte aus der Biomasse vor ihrer energetischen Nutzung hergestellt werden. Ein ähnliches integratives Konzept, das relevant ist, um Bioökonomie und landwirtschaftliche Methoden nachhaltig zu gestalten, ist das der biomassebasierten Wertschöpfungsnetze (englisch: „biomass-based value webs“) (Scheiterle et al. 2018). Im Gegensatz zu derzeitigen Wertschöpfungsketten ermöglichen Wertschöpfungsnetze die Kaskadennutzung von Biomasse, die in verschiedenen Wertschöpfungsketten genutzt werden kann. Das Konzept kann auch zur Analyse der Umweltvorteile herangezogen werden, die sich aus der Kaskadennutzung von Biomasse und aus gemeinsamen Produktionsplänen ergeben, wie z. B. der Verringerung der Treibhausgasemissionen (Scheiterle et al. 2018). Solange Biomasse nicht in Energie umgewandelt wird, sondern als Kohlenstoffsенke fungiert, tragen die Verwendung von Nebenprodukten und die Kaskadennutzung von Biomasse zu einer geringeren Umweltbelastung bei, einschließlich Klimaschutz und Erhalt der Biodiversität (Scheiterle et al. 2018).

Das Konzept der Kaskadennutzung ist auch relevant für die Weiterentwicklungen von Bioraffinerien, um den Wettbewerb und mögliche Konflikte um Holznutzung zu reduzieren. Das Potenzial zur Etablierung und Integration von Bioraffinerien mit bestehenden Branchen und Sektoren hängt in hohem Maße von der Verfügbarkeit von Rohstoffen ab. Um den Druck auf die Wälder durch konkurrierende Ressourcenanforderungen zu verringern, können sich Bioraffinerien auf die Weiterentwicklung bereits vorhandener, gut entwickelter technologischer

⁶⁴ siehe hierzu <http://www.bonnchallenge.org/content/forest-landscape-restoration>

Infrastrukturen (z. B. Zellstoff- und Papier-, Sägewerks- oder Biogasanlagen) sowie auf Forschungsinitiativen konzentrieren, die darauf abzielen, durch Kaskadennutzung zusätzliche Wertschöpfungsketten aus den bestehenden Branchen zu generieren (Giurca und Späth 2017).

Es bestehen ebenfalls Möglichkeiten, Konzepte der Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie (sog. zirkuläre Bioökonomie) für die Nachhaltigkeit der Forstwirtschaft zu nutzen. Diese Möglichkeiten sind insbesondere relevant für Bioraffinerien. Beispiele aus Skandinavien zeigen allerdings, dass die Art und Weise, in der Kreislaufwirtschaftskonzepte für forstwirtschaftliche Bioraffinerien kommuniziert und angewendet werden, derzeit nicht einheitlich und kohärent sind. Auch werden die hohen Erwartungen an eine höhere Wertschöpfung der Produkte und eine höhere Nachhaltigkeit durch das Schließen der Stoffkreisläufe in vielen Fällen noch nicht erfüllt. Durch Biogaserzeugung aus Abfallströmen kann auf fossile Brennstoffe verzichtet werden und es gibt neue Schritte in der prozesschemischen Rückgewinnung, die den Gesamtbedarf an Einsatzchemikalien reduzieren. Allerdings müssen technische Innovationen und Anwendungen für saubere Produktionstechnologien und verbesserte Ressourceneffizienz hierzu noch weiter ausgebaut und verbessert werden (Temmes und Peck 2019).

Für nachhaltige Forstwirtschaft ist die Schaffung von neuen "grünen" Arbeitsplätzen in der Forstwirtschaft und verwandten Branchen notwendig. Dies kann den ökologischen Umbau von Unternehmen und Wertschöpfungsketten unterstützen und potenziell positive Auswirkungen auf Ökosysteme und Wälder haben, z.B. Arbeitsplätze in regenerativer Forstwirtschaft, Wiederherstellung von degradiertem Land und Wiederaufforstung und diverse Bereiche erneuerbarer Energien (Internationales Arbeitsamt 2013, ILO 2018). Dies benötigt Investitionen und Unterstützung durch Aufbau von Kapazitäten, Umschulungen, Vermittlung neuer Fertigkeiten und Wissen, z.B. durch Entrepreneurship-Programme für Forstfachleute.

5.3.5.3 Agrarforstwirtschaft

Agrarforstwirtschaft ist die bewusste Integration von Bäumen und Holzgewächsen in eine extensive landwirtschaftliche Produktion. Der Ansatz wurde von der FAO der Vereinten Nationen als eines der erfolgversprechendsten Möglichkeiten hervorgehoben, um sowohl Verminderung des als auch Anpassung an den Klimawandel in der Forst- und Landwirtschaft zu erreichen (FAO 2013). Dies wird erreicht durch die Integration von Bäumen mit Nutzpflanzen und auf Weideflächen. Agrarforstwirtschaft bietet sich daher an für Bioökonomie-Strategien, nicht nur um SDG 15.1 und 15.2 zu unterstützen, sondern auch um die Bioökonomie-Ziele Klimaschutz und Ernährungssicherheit zu erreichen. In Europa belegen Agrarforstsysteme nur ca. 19,77 Millionen Hektar, was ca. 4.1 Prozent des gesamten EU-Territoriums entspricht, oder 11.5 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche (173 Millionen Hektar im Jahr 2016) entspricht (Eurostat 2019). Zu nennen sind hier vor allem Wald- und Huteweiden, die den Großteil davon ausmachen (Mosquera-Losada et al., 2018). Obwohl sowohl ökonomisch als auch ökologisch vielversprechend, sind Agrarforstsysteme in Deutschland bisher wenig verbreitet. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass es in Deutschland bislang noch keine Förderung für derart genutzte Flächen gibt (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2020).

Eine Reihe von Ländern des Globalen Südens einschließlich Peru, Kolumbien, Brasilien und Costa Rica haben groß angelegte Agrarforstprogramme und -strategien entwickelt, um die Ziele des Pariser Klimaabkommens (engl. Nationally Determined Contributions, NDCs) zu erreichen (Rosenstock et al. 2019). Das Ausmaß der Agrarforstwirtschaft in gemäßigten Klimazonen ist eher gering wegen der bestehenden Intensivierung der landwirtschaftlichen Systeme sowie der mangelnden Integration von Wald- und Agrarflächen.

5.3.5.4 Wälder und Klimaschutz

Es bestehen wichtige Wechselwirkungen zwischen intakten Waldökosystemen und dem globalen Klima. Das Bioökonomie-Ziel Klimaschutz ist synergistisch mit dem SDG Zielen 15.1 und 15.2, daher ist es äußerst wichtig, dass die Bioökonomie die klimaregulierenden Funktionen von Waldökosystemen nicht negativ beeinträchtigt (IPBES 2019). Wälder und nachhaltige Forstwirtschaft sind von besonderer Bedeutung, um diese Synergien mit dem Klimaschutz aufrechtzuerhalten, d.h. ohne nachhaltige Forstwirtschaft ist kein Klimaschutz möglich. Die möglichen Kompromisse zwischen Kohlenstoffbindung und stärkerer Ressourcennutzung von Wäldern müssen abgewogen werden. Die Herausforderung an Politik und Bioökonomie-Strategien ist es zu erreichen, dass Wälder und der Forstsektor bei gleichbleibenden Anreizen weiterhin den wichtigen Beitrag zur Eindämmung des Klimawandels leisten, und gleichzeitig anderen Zielen der Bioökonomie dienen (Wolfslehner et al. 2016).

Es bestehen nachgewiesene Zielkonflikte zwischen dem Bioökonomie-Ziel 7 (fossil zu biogen) und Klimaschutz in Bezug auf die Stärkung bzw. Schwächung natürlicher CO₂ Senken Kapazitäten von Wäldern durch die Nutzung von Biomasse aus Wäldern für Bioenergie. Der in Wäldern gespeicherte Kohlenstoff ist am höchsten, wenn die Nutzung von Biomasse aus dem Wald gering bleibt. Eine Erhöhung der Biomassenutzung aus Wäldern, um mehr Bioenergie zu produzieren, steht im Widerspruch zum direkten Nutzen des Waldes als Kohlenstoffsенke (Hoel und Sletten 2016). Einseitige politische und wirtschaftliche Maßnahmen zur Unterstützung der Biomassenutzung aus Wäldern für energetische Nutzung haben gezeigt, dass dadurch die Zielkonflikte verschärft werden. Um diese zu vermeiden ist es notwendig forstwirtschaftliche Politikmaßnahmen aus der Perspektive von Ökosystemleistungen zu entwickeln, damit die vielfältigen Funktionen von Waldökosystemen einschließlich Kohlenstoffspeicherung erhalten bleiben und gestärkt werden (Makkonen et al. 2015).

5.3.5.5 Biotechnologische Forschung im Bereich Waldschutz und Forstwirtschaft

Technologische Innovationen und Entwicklungen, wie DNA Barcoding, können für den Schutz von Wäldern und nachhaltige Forstwirtschaft angewandt werden (Philip 2018). DNA-Barcoding kann zum Beispiel zur Identifizierung von Holzarten genutzt werden und damit Produktfälschung und Fehlidentifikationen vermeiden und illegalem Handel mit Tropenholz vorbeugen. Kombiniert mit Satellitenüberwachung kann das DNA Barcoding als wirksames Überwachungs- und Durchsetzungsinstrument in einer forstwirtschaftlichen Bioökonomie dienen. Weitere Synergien zwischen Bioökonomie-Ziel 4 und SDG 15.2 können geschaffen werden, wenn in tropischen Regenwaldregionen Biodiversitätswissen – in Kombination mit angewandter Forschung und lokal verankerten Bioökonomie-Ansätzen – zur nachhaltigen Nutzung von Wald- und Biodiversitätsressourcen und zur Verbesserung der Lebensgrundlagen der lokalen Bevölkerung beitragen kann.⁶⁵

Es gibt ebenfalls erste angewandte Forschung, um durch Biotechnologie und sogenannte gentechnisch veränderte Bäume die Erträge von Plantagenwäldern zu erhöhen, und damit die Intensivierung der Forstwirtschaft zu fördern. Zum Beispiel zeigen Studien, dass CRISPR/Cas9 Anwendungen bei Bäumen Holzbiomasse mit erhöhten Verarbeitungseigenschaften für verbesserte Zellstoffproduktion produzieren können (Fenning und Gershenzon 2002, Maloney et al. 2018). Dadurch könnten Wälder intensiver bewirtschaftet werden, was allerdings zu ökologischen Nebenwirkungen führen kann. **Zudem müssen diese Technologien, die sich derzeit in Entwicklungsstadien befinden und nicht zugelassen sind, umfassend und kritisch bewertet werden.** Gerade vor dem Hintergrund der langen Generationszeit von Bäumen stellen sich

⁶⁵ Global Bioeconomy Summit 2018: <https://gbs2018.com/workshops/innovation-environment-biodiversity/>

ganz neue Herausforderungen für die Risikobewertung. Zudem besteht bisher äußerst wenig Erfahrung mit der Freisetzung transgener Bäume. Die verpflichtende Umweltrisikoprüfung muss Risiken für Mensch und Umwelt bewerten und möglichst ausschließen, bevor es zu kommerzieller Nutzung kommen kann. Gentechnisch veränderte Bäume könnten zwar eine zusätzliche Ressource für die Holzproduktion und Bioenergie und andere Anwendungen darstellen, jedoch sind kommerzielle Verwendungen durch ökologische Risiken stark eingeschränkt. Generell wird die Nutzung von Gentechnik bei Nutzpflanzen und Bäumen zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Praxis führen, die grundsätzlich als nachteilig für die Biodiversität angesehen werden muss.

Demnach ist die Nutzung von Biotechnologie im DNA-Barcoding als Chance anzusehen, während die Freisetzung transgener Bäume wegen der Intensivierung der Forstwirtschaft und den potenziellen Risiken durch die gentechnische Veränderung für die Biodiversität momentan als potenzielle Gefährdung für das SDG 15 zu betrachten ist.

5.3.5.6 Nichtholzprodukte und Ernährungssicherheit

Wenn das Bioökonomie-Ziel 6 Ernährungssicherheit durch konventionelle landwirtschaftliche Praktiken angestrebt wird, die Landnutzungsänderungen und Entwaldung verursachen, hat dies negative Auswirkungen auf den Schutz von Waldökosystemen. Entwaldung wurde größtenteils durch die landwirtschaftliche Produktion vorangetrieben und hat zu einem Verlust von 1,8 Milliarden Hektar Wald geführt. Vor allem der Anbau von Soja und Ölpalmen sowie die Rinderhaltung ist für einen Großteil der Entwaldung in tropischen Ländern verantwortlich (Runyan und Stehm 2019). Die großflächige Produktion von Nahrungsmitteln, die die Umwandlung von Wäldern in Agrarflächen für den Anbau von Monokulturen vorantreiben, schaffen somit langfristig Zielkonflikte, auch wenn sie kurzfristig zur Ernährungssicherheit beitragen (WWF 2018).

Gleichzeitig spielen Wälder und Waldökosystemleistungen eine wichtige Rolle für Ernährungssicherheit, z.B. durch Nichtholzprodukte (engl. non-timber forest products NTFP). Die Nutzung von NTFPs anstelle von Abholzung kann zu Ernährungssicherheit beitragen, vor allem in tropischen Ländern, aber auch in Europa. Der Gesamtwert der NTFP in Europa beläuft sich auf 2,27 Milliarden Euro (State of Europe's Forests 2015 Report). Die großflächige Abholzung von tropischen Wäldern stellt daher eine große Bedrohung für die globale Ernährungssicherheit dar (IFAD 2008). Ein eklatantes Beispiel ist die Situation im peruanischen Amazonas, wo zwischen 2010 und 2014 ein Viertel der Kinder unter fünf Jahren an chronischer Unterernährung litt, verursacht durch Zerstörung von Waldressourcen (Andrieu et al. 2019).

Ein Beispiel eines NTFP wäre nachhaltiger Anbau von Naturkautschuk, der als eine bioökonomische Aktivität etliche Vorteile bieten könnte. Die CO₂-Absorption des Kautschukbaums ist sehr hoch, er ist gut für Agroforstwirtschaft geeignet und der Anbau von Naturkautschuk ist noch immer sehr stark von kleinbäuerlichen Strukturen geprägt (UBA 2017), so dass bei angemessenen Preisen auch wichtige soziale Effekte erzielt werden können, die SDG 2.3 und andere unterstützen.

5.3.5.7 Partizipation in nachhaltiger Bewirtschaftung von Wäldern

Bürgerbeteiligung und Partizipation, wichtige Elemente für den Schutz und nachhaltige Nutzung von Wäldern wurden in den aktuellen Bioökonomie-Diskursen und -Strategien noch nicht ausreichend berücksichtigt. Erfahrungen aus Finnland zeigen, dass für eine nachhaltige forstwirtschafts-basierte Bioökonomie die öffentliche Partizipation ein wichtiger Aspekt ist (siehe Mustalahati 2018, Näyhä 2019). Die Forstwirtschaft-basierte zirkuläre Bioökonomie umfasst ein vielseitiges Netzwerk verschiedener Akteure, die unterschiedliche Ansprüche, Erkenntnisse, Rohstoffbedürfnisse, Produkte, Dienstleistungen und Nachhaltigkeitsvorstellungen haben. Aufgrund

dieser Vielseitigkeit sind die Erwartungen und die mit verschiedenen Akteuren und Prozessen verbundenen Bedrohungen für nachhaltige Forstwirtschaft sehr unterschiedlich. Das Erkennen der verschiedenen Perspektiven, aus denen sich verschiedene Akteure mit den Themen befassen, ist sowohl für die Akteure selbst als auch für ihre Interessengruppen, zu denen Politik, Forschung und Nichtregierungsorganisationen, gehören, wichtig. Um Zielkonflikte zwischen forstwirtschaftlichen Bioökonomie-Strategien und den SDG Zielen 15.1 und 15.2 zu vermeiden, ist es erforderlich, dass offene Dialoge und eine aktive Zusammenarbeit zwischen Interessengruppen und Akteuren stattfinden, insbesondere darüber, wie und wo Biomasse-Ressourcen auf Holzbasis nachhaltig genutzt werden können.

Bürger verfügen über Fähigkeiten, an Entscheidungen über Angelegenheiten mitzuwirken, die sich unmittelbar auf ihr Wohlergehen auswirken. Die forstwirtschafts-basierte Bioökonomie erfordert die Einbeziehung von Bürgerinnen und Bürgern in einen interaktiven, kooperativen Prozess, um über die Möglichkeiten und Ziele der Bioökonomie mitzuzentscheiden. Bestehende Erfahrungen aus den Natura 2000 Prozessen zeigen, dass für Konfliktlösungen im Zusammenhang mit der Walderhaltungspolitik bestehende Probleme in mehrstufigen Prozessen angegangen werden müssen, die aktiv zwischen lokalen und übergeordneten Instanzen vermitteln, um die Entscheidungsprozesse zu steuern (Pecurul-Botines et al. 2019).

5.3.5.8 Schlussfolgerungen

Aus den Zielen SDG 15.1 und 15.2 erschließen sich die eindeutigen Anforderungen, **dass Bioökonomie-Strategien konkrete Maßnahmen zum Schutz der Wälder und zur Bekämpfung der Entwaldung enthalten müssen**. Dies würde auch die Finanzierung von Wiederaufforstungsbemühungen und Investitionen in regionale und kommunale Natur- und Waldschutzprojekte beinhalten, zum Beispiel im Kontext der von der Bundesregierung ins Leben gerufenen „Bonn Challenge“. Bioökonomie-Strategien können zur Erreichung der Ziele beitragen, 150 Millionen Hektar des weltweit abgeholzten und degradierten Landes bis 2020 und 350 Millionen Hektar bis 2030 wiederherzustellen.

Dabei ist Agrarforstwirtschaft ein vielversprechender Ansatz, um Synergien zwischen Klimaschutz, nachhaltiger Forst- und Landwirtschaft und Schutz von Wald-Ökosystemen zu schaffen. Im europäischen Kontext fehlt bisher eine angemessene Politik zur Förderung der Agrarforstwirtschaft. Maßnahmen zur Unterstützung der Agrarforstwirtschaft sind komplex und umfangreich, was sich aus den bestehenden Regelungen der GAP ergibt.

Technologische Innovationen und Entwicklungen, wie etwa DNA-Barcoding, können für den Schutz von Wäldern und nachhaltige Forstwirtschaft angewandt werden. Kombiniert mit Satellitenüberwachung kann das DNA-Barcoding als wirksames Überwachungs- und Durchsetzungsinstrument in einer forstwirtschaftlichen Bioökonomie dienen. Biotechnologische Innovationen, die zu Produktionssteigerungen von Holz und Biomasse genutzt werden könnten, bergen derzeit hohe ökologische Risiken durch die mögliche ungeplante Verbreitung von transgenetischem Material.

Bürgerbeteiligung und Partizipation sind wichtige Elemente für den Schutz und nachhaltige Nutzung von Wäldern, was in den aktuellen Bioökonomie-Diskursen und -Strategien noch nicht ausreichend berücksichtigt wird. Die Einbeziehung der Bürger in einen interaktiven, kooperativen Ansatz, um über die Möglichkeiten und Ziele der Bioökonomie mitzuzentscheiden, ist wichtig.

Die Nutzung von Nischholzprodukten anstelle von Abholzung kann zu Ernährungssicherheit beitragen, vor allem in tropischen Ländern, aber auch in Europa. Der Schutz tropischer

Wälder erfordert außerdem mehr Unterstützung für indigene Völker, die oft die Rolle von „Forest Stewards“ haben, und deren Wissen für deren Schutz unerlässlich ist.

5.3.6 Bodenschutz – SDG-Unterziel 15.3

Im Allgemeinen bemüht sich die Bioökonomie-Forschung um einen systemischen Ansatz zur Erforschung der Bodenfunktionen, welche eine wichtige Basis und Ressource für den weiteren Ausbau der Bioökonomie darstellen (Bioökonomierat 2018). Allerdings sind die Zusammenhänge, insbesondere die Wechselwirkungen und Zielkonflikte zwischen einer Bioökonomie und globalem Bodenschutz und -qualität in der vorliegenden wissenschaftlichen Literatur bisher noch nicht ausreichend erforscht worden.

Im Folgenden wird deshalb untersucht, ob und wie eine Bioökonomie zum globalen Bodenschutz beitragen kann (Synergien) und wie sie diesen beeinträchtigt (Zielkonflikte). Weiterhin wird diskutiert, wie Bioökonomie-Politiken Bodennutzung nachhaltiger regulieren könnten und welche Chancen diese Politiken in globalem Maßstab hätten. Dazu werden in einem ersten Schritt die Bioökonomie-Ziele der Bundesregierung herangezogen und grundsätzlich untersucht, ob Synergien oder Zielkonflikte zum Bodenschutz bestehen. Die wichtigsten Zielkonflikte der neun Bioökonomie-Ziele (vgl. Kap. 5.2.3) mit Bodenschutz sind demnach:

- ▶ **Wirtschaftswachstum in DE/EU (Bioökonomie-Ziel 1):** Eine ausschließlich auf Wirtschaftswachstum ausgerichtete BÖ hat potenziell negative Auswirkungen auf Böden und Bodenqualität in anderen Regionen der Erde (Juergens & Hansjürgens 2018). Dies gilt insofern, dass der globale Handel Bodenflächen „mobil“ macht, indem Industrie- und Schwellenländer Land mittels der dort angebauten Produkte „importieren“.
- ▶ **Produktionssteigerung (Bioökonomie-Ziel 3):** Obwohl weltweit immer mehr chemische Dünger eingesetzt werden, sind die Ertragssteigerungen gering. Vielmehr werden dadurch Bodenorganismen zerstört. Dies führt dazu, dass die Bodenfruchtbarkeit mittel- bis langfristig durch Übernutzung sinkt (Chemnitz et al. 2015).
- ▶ **Transformation der Energiesysteme von fossil zu biogen (Bioökonomie-Ziel 7):** Durch den weltweit rasant steigenden Ausbau der Anbauflächen von Energiepflanzen steigt der Flächendruck auf verfügbare, fruchtbare Böden massiv an (Chemnitz et al. 2015).
- ▶ **Effiziente Nutzung von biogenen Ressourcen (Bioökonomie-Ziel 8):** Wenn effiziente Ressourcennutzung nur im Sinne einer Intensivierung der Landwirtschaft verstanden wird, so steigt das Risiko, dass dieser Intensivanbau zu einem sinkenden Humusgehalt in den Böden führt. Dadurch sinkt wiederum deren Fruchtbarkeit (Chemnitz et al. 2015).

Gleichzeitig bestehen Synergien zwischen einem effektiven Bodenschutz und folgenden Bioökonomie-Zielen:

- ▶ **Ernährungssicherheit (Bioökonomie-Ziel 6):** Das mittel- bis langfristige Garantieren der Ernährungssicherheit einer wachsenden Weltbevölkerung ist nur mit einem effektiven Schutz der Böden möglich (Böll Bodenatlas 2015, Parr et al. 2009⁶⁶).
- ▶ **Klimaschutz (Bioökonomie-Ziel 9):** Maßnahmen zur Erhöhung des Humusgehalts führen zu einer Speicherung von Kohlenstoff in Böden. Dies ist eine wirksame, aber bislang wenig genutzte Möglichkeit, Kohlenstoff zu binden und gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit an

⁶⁶ <https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-alternative-agriculture/article/soil-quality-attributes-and-relationship-to-alternative-and-sustainable-agriculture/FEB16F9D7CE013FB32EDEF98EEE5D20B>

Klimaänderungen zu steigern (BMZ 2017). Neueste Forschungen zeigen, wie Kohlenstoff als organische Substanz im Boden gebunden wird (Schmidt et al. 2011, Rumpel & Kögel-Knabner 2011)

Auf Grundlage der oben analysierten Zielkonflikte werden im Folgenden Maßnahmen diskutiert, die dazu beitragen können, die Zielkonflikte abzumildern sowie die identifizierten Synergien zu befördern.

5.3.6.1 Institutionen zur nachhaltigen Bodenbewirtschaftung

Ein generelles Problem im Spannungsfeld zwischen Bioökonomie und Bodenschutz besteht darin, dass derzeitige Institutionen zur Bodenbewirtschaftung („Soil Governance“), z.B. die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU, sehr viele Defizite aufweisen. Sie sind oft stark fragmentiert, haben Defizite bei der Definition öffentlicher Güter im privaten Bodeneigentumsrecht und ungenügende Mechanismen für den Bodenschutz (Juergens und Hansjürgens, 2018). Konkret kommt es typischerweise zur Übernutzung von Böden, wenn Eigentumsrechte nicht eindeutig vergeben sind („Konzessionen“). Dies wird in der ökonomischen Theorie als „Tragik der Gemeinschaftsgüter/Allmendegüter“ bezeichnet (Hardin 1968, Feeny et al. 1990⁶⁷, Ostrom et al. 2002).

Dies ist vor allem vor dem Hintergrund relevant, dass aktuelle Bioökonomie-Konzepte Anreize in Richtung einer steigenden Nachfrage nach Biomasse setzen, wobei Böden nur mit einer kurzfristigen Zeitperspektive verwaltet werden. Die dadurch verursachten negativen Auswirkungen auf die Bodenqualität sind jedoch langfristig. Zudem stammt eine große Zahl der Biomasse aus Regionen des Globalen Südens, wodurch dort der Druck auf Flächen steigt - Land wird quasi importiert (Rodrigo 2015)⁶⁸.

Die kurzfristigen Kosten und Nutzen von Entscheidungen über die Bodennutzung unterscheiden sich damit häufig von den langfristigen Kosten und Nutzen einer nachhaltigen Bodennutzung. Die Herausforderung einer Steuerung der Nutzung von Böden („Bodengovernance“) besteht darin, Kompromisse und Übertragungseffekte langfristig zu regulieren. Dies ist für die Steuerung eines Übergangsprozesses in Richtung einer nachhaltigen Bioökonomie von wesentlicher Bedeutung (Juergens und Hansjürgens 2016). Erweiterte multi-level „Governanceansätze“, die sowohl staatliche als auch nicht-staatliche Akteure involvieren, sind notwendig, um die Bodenqualität im Kontext der Bioökonomie zu sichern.⁶⁹

Hinsichtlich des Bioökonomie-Ziels einer Transformation der Energiesysteme von fossil zu biogen (Bioökonomie-Ziel 8) kann eine Bioenergieproduktion aus Ernterückständen durch Biomassekaskadennutzung die Effizienz der Ressourcennutzung erhöhen.⁷⁰ Andererseits kann die Verwendung von Ernterückständen für die Bioenergieherstellung aber auch dazu führen, dass weniger Kohlenstoff und Nährstoffe auf dem Ackerland verbleiben. Dadurch werden die Bodenqualität und die Kohlenstoffspeicherung in den Böden verringert und das Risiko von Kohlenstoffverlusten durch Bodenerosion erhöht. Aus diesen Gründen ist die Nutzung von Ernterückständen aus Sicht des Bodenschutzes höchst fragwürdig.

⁶⁷ <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00889070>

⁶⁸ <https://www.boell.de/de/bodenatlas>

⁶⁹ Ein typisches aktuelles Beispiel für die besteht aus dem OPAL-Projekt der ETH Zürich in Indonesiens Palmölsektor: <http://www.opal-project.org/>

⁷⁰ In den Tropen werden Ernterückstände häufig als Futtermittel eingesetzt (Smith et al., 2014).

In Bezug auf das Bioökonomie-Ziel Forschung und Innovation kann die Ausweitung der Bioökonomie (vor allem durch Monokulturplantagen) den Einsatz schwerer Maschinen in der Landwirtschaft und die Digitalisierung in der Landwirtschaft (die sogenannte „Landwirtschaft 4.0“⁷¹) fördern und somit potenzielle negative Auswirkungen auf Böden und Bodenqualität hervorrufen, die zu Veränderungen der Bodenstruktur und Bodenfunktionalität führen. Neue digitale Technologien können aber auch dazu beitragen, dass die negativen Wirkungen des Einsatzes schwerer Maschinen technologisch eingedämmt werden. Beispielsweise können Satellitenanwendungen und Fernerkundung in der Präzisionslandwirtschaft dabei helfen, Bodeneigenschaften zu ermitteln und negative Veränderungen der Bodenstruktur und -funktionalität frühzeitig zu erkennen. Durch Informationen über eine Vielzahl von Bodeneigenschaften, einschließlich Bodenfeuchtigkeit und Gehalt an organischer Substanz tragen sie dazu bei, diese Bodenschädigungen zu vermeiden, (Ben-Dor et al. 2008). Durch intelligente digitale Systeme und angepasstes Management können Bodenschädigungen vermieden und ein gesunder Bodenzustand, der für eine mittel- und langfristigen Fruchtbarkeit wichtig ist, ermöglicht werden (Bioökonomierat 2018). Mögliche Synergien entstehen auch durch die Anwendung von Innovationen der mikrobiellen Biotechnologie, die dazu beitragen kann, degradierte Böden in Trockengebieten wiederherzustellen und die Wüstenbildung zu bekämpfen. Ein konkretes Beispiel sind Maßnahmen durch Verwendung von biokrustenbildenden Cyanobakterien, die eine Schlüsselrolle bei der Aufrechterhaltung der Ökosystemstruktur von Böden spielen (Maestre et al. 2017).

5.3.6.2 Kontrolliert ökologischer Landbau

Schließlich besteht, wie oben dargestellt ein erheblicher Zielkonflikt zwischen den Bioökonomie-Zielen einer Produktionssteigerung (Bioökonomie-Ziel 3) sowie der „effizienten“ Nutzung (Bioökonomie-Ziel 8) von Flächen und einem langfristigen Schutz der Böden weltweit. In beiden Fällen führt eine Übernutzung der Böden in Kombination mit hohem Düngemiteleinsatz langfristig zu einer sinkenden Bodenfruchtbarkeit. In diesem Kontext ist zu definieren, ob Effizienz im Sinne einer kurzfristigen Ertragssteigerung zu Lasten zukünftiger Generationen in einer Bioökonomie erwünscht ist oder ob ein langfristiges nachhaltiges Gleichgewicht gefunden werden kann, in dem die Fruchtbarkeit der Böden erhalten bleibt.

Ein solch langfristiges Gleichgewicht bezieht zukünftige Generationen in das Kalkül der Produktionssteigerung bzw. effiziente Nutzung mit ein, anstatt Erträge nur kurzfristig zu maximieren. Vor diesem Hintergrund kann eine Bioökonomie, die Bodenschutzaspekte berücksichtigt, nur auf der Grundlage einer kontrolliert ökologischen Landwirtschaft (kontrolliert ökologischer Landbau, köL) nachhaltig sein, die so die Interessen und Ansprüche zukünftiger Generationen mitberücksichtigt.

Im Ökolandbau werden verschiedene Methoden zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und zur langfristigen Sicherung der Ertragsfähigkeit angewendet (z.B. gründungsgesegnete Fruchtfolgen, Leguminosen- und Zwischenfruchtanbau, Gründüngung, ganzjährige Bodenbedeckung, Einbringen von Hornspänen etc.). Der Schutz von Mikroorganismen in Böden führt zu einer gesunden Ernährung der Pflanzen sowie zu einer guten Bodenstruktur (Beste 2015⁷²). Diese sterben jedoch ab, wenn der Dünger nur die Pflanze versorgt (ebenda). Zahlreiche Konzepte wie Fruchtfolgen und ganzjähriger Bodenbewuchs schützen zudem die Oberfläche vor Verschlammung, Erosion und sorgen für eine starke Durchwurzelung der Böden. Darüber hinaus sind Konzepte, wie Mischkulturen oder Permakultur, in tropischen Ländern erprobt, in denen gleichzeitig

⁷¹ https://www.dbu.de/projekt_35500/23_db_2409.html

⁷² <https://www.boell.de/de/bodenatlas>

mehrere Früchte, Gemüse, Sträucher und Bäume stockwerkartig stehen. Auf diese Weise können verschiedene Pflanzen wechselseitig ihr Wachstum stimulieren und Schädlinge reduzieren.

Eine Auswertung von 160 Studien in Industrieländern ergab, dass der Ertrag des Ökolandbaus durchschnittlich 92 Prozent des konventionellen Anbaus betrug (Chemnitz et al. 2015). Eine vergleichbare Auswertung von 133 Studien in tropischen Ländern zeigte, dass die Erträge sogar um 74 Prozent gegenüber dem konventionellen Anbau stiegen. Sanders und Heß (2019) kommen in einer Studie, in der sie 2.816 Vergleichspaare ökologischer und konventioneller Landwirtschaft analysiert haben, zu dem Ergebnis, dass auch bei Indikatoren wie Bodenfruchtbarkeit die ökologische Bewirtschaftung gegenüber der konventionellen Landwirtschaft Vorteile aufweist. In diesem Fall wird also der potenzielle Zielkonflikt aus Erträgen und Bodenschutz zu einer Synergie. Der Ökolandbau hat einen erheblichen, positiven Effekt auf die CO₂-Bilanz von Böden (Lal R. 2015). Durch den Verzicht auf Mineraldünger und durch die bessere Bodenqualität schlagen beim Ökolandbau ein Drittel weniger fossile Energie pro Hektar zu Buche als beim konventionellen Landbau. Gleichzeitig speichert er durchschnittlich etwa doppelt so viel CO₂ im Boden. Der generelle, sehr enge Zusammenhang von Boden- und Klimaschutz wird u.a. in (Rumpel & Kögel-Knabner 2011) dargestellt.

5.3.6.3 Schlussfolgerungen

Aus den Analysen zu den Zielkonflikten und Synergien eines effektiven Bodenschutzes mit den Bioökonomie-Zielen ergeben sich folgende Erkenntnisse und Anforderungen an eine umweltgerechte Bioökonomie zum Schutz von Böden:

Extensive Formen der Landwirtschaft, wie etwa kontrolliert ökologischer Landbau, verzichten auf chemisch-synthetische Mineraldünger und Pestizide, steigern die Fruchtbarkeit des Bodens mit ökologisch angepassten Methoden (Chemnitz et al. 2015; S. 34) und leisten einen unverzichtbaren Beitrag zur langfristigen intertemporalen Ernährungssicherheit (Bioökonomie-Ziel 3) zukünftiger Generationen. Auf eine kurzfristig ausgerichtete Ertragsmaximierung wird verzichtet. Gleichzeitig leistet ein konsequenter Bodenschutz einen nach neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen (Rumpel & Kögel-Knabner 2011) unverzichtbaren Beitrag zu Klimaschutz (Bioökonomie-Ziel 9). Die Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management der FAO (FAO 2017) zeigen deutlich, dass nachhaltiger Bodenschutz zu Erreichung der SDGs beitragen kann, einschließlich SDG 2 (Kein Hunger).

Eine konkrete Definition von Bodenrechten im internationalen Kontext ist notwendig für Bodenschutz und sogenannte „Bodengovernance“. Institutionell sollten dafür die Gestaltungsprinzipien für gemeinsame Pool-Ressourcen nach E. Ostrom (2002⁷³) berücksichtigt werden. Diese sind

- (1) Klar definierte Grenzen,
- (2) Kongruenz,
- (3) kollektive Wahlmöglichkeiten,
- (4) Monitoring,
- (5) abgestufte Sanktionen,
- (6) Konfliktlösungsmechanismen, sowie
- (7) die minimale Anerkennung des Rechts auf Organisation.

Neben den oben genannten grundlegenden Problemen der Eigentumsrechte um Böden, vor allem in Ländern des Globalen Südens, spielt die Problematik des „Land-Grabbing“ eine zentrale Rolle beim Bodenschutz. Im Kontext der kurzfristigen Anreize und der ungeklärten

⁷³ http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2002000100002script=sci_arttext

Eigentumsrechte (s.o.) ist nachhaltiger Bodenschutz im internationalen Kontext nur möglich, wenn Instrumente gefunden werden, die Land-Grabbing entgegenwirken. In diesem Kontext sind die Voluntary Guidelines on the Governance of Tenure⁷⁴, die 2012 von dem Komitee für Welternährungssicherheit (engl. Commission on World Food Security) offiziell bestätigt wurden.

In Bezug auf die Energiebereitstellung durch den Anbau von Pflanzen für energetische Nutzung sollte die Nahrungsmittelproduktion für Gemüse, Obst und anderen klimafreundlichen Nahrungsmitteln (vgl. Klimaschutz) Vorrang eingeräumt werden (vgl. auch Empfehlungen, die sich aus SDG 2 ergeben). Hintergrund ist die Tatsache, dass die Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen in sehr vielen Fällen die natürlichen Ökosysteme stark belastet und wenig effizient ist (Peinl & Tomiak 2015).

In Bezug auf internationale Handelsbeziehungen führt starkes Wirtschaftswachstum (Bioökonomie-Ziel 1) im Globalen Norden dazu, dass Produkte importiert werden (z.B. Palmöl), die massiv Flächendruck auf Regionen des Globalen Südens ausüben.

Die räumliche Vernetzung von Naturschutzgebieten ist auf nationaler Ebene und weltweit zu unterstützen. Die neuen Forschungsarbeiten zur Rolle der Böden beim Klimaschutz zeigen die große Notwendigkeit, dass die Bioökonomie einen Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele leisten muss.

5.3.7 Erhaltung der Biodiversität – SDG-Unterziele 15.5 und 15.9

Trotz jahrzehntelanger Erhaltungsmaßnahmen und zweier strategischer 10-Jahrespläne der CBD ist es bisher nicht gelungen, den Verlust an biologischer Vielfalt zu bremsen (IPBES 2019). Die Nutzung der Biodiversität als Ressource steht in vielen Bioökonomie-Zielen und Biotechnologianwendungen an erster Stelle. Die Biodiversität wird als die biologische Basis der Bioökonomie angesehen, womit dieser eine potenzielle weitere Gefahr als zusätzlicher Antrieb des Verlusts von Biodiversität darstellt. Das Ziel, diese biologische Ressourcenbasis zu erweitern, steht somit in potenziellem Zielkonflikt mit den SDG Zielen 15.5 und 15.9 zur Erhaltung der Biodiversität.

Auch Klimawandel und Biodiversität sind eng miteinander verbunden. Die biologische Vielfalt ist einerseits in zunehmendem Maße vom Klimawandel betroffen, allen voran die Korallenriffe (IPBES 2019). Andererseits leistet die Biodiversität durch unterstützende Ökosystemleistungen auch einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel. Folglich ist die Erhaltung der biologischen Vielfalt auch für die Bekämpfung des Klimawandels von entscheidender Bedeutung. Das Klimaschutzziel 9 (Klimaschutz) und SDG 15.5 sind daher synergistisch.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Frage: Welchen Beitrag kann eine nachhaltige Bioökonomie leisten zur Erhaltung der Biodiversität und der natürlichen Lebensräume, um den Verlust der biologischen Vielfalt zu stoppen und bedrohte Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern?

Wie schon in vorhergehenden Kapiteln 3.1 und 3.2 erörtert, haben landwirtschaftliche Produktionssteigerung durch herkömmliche Methoden der Intensivierung in der Landwirtschaft erhebliche negative Auswirkungen auf Ökosysteme und biologische Vielfalt. Diese Erkenntnisse sind nicht neu, sie sind der Landwirtschaft und der Politik bereits seit Anfang der 1980er Jahre bekannt (siehe hierzu SRU 1985). Die konventionelle Landwirtschaft gilt als Treiber für Degradierung von Ökosystemen und für rund 70 Prozent des prognostizierten weltweiten Verlusts an

⁷⁴ <http://www.fao.org/tenure/voluntary-guidelines/en/>

terrestrischer Biodiversität (Garibaldi et al. 2017, Scarlet et al. 2015). Auch die Umstellung von natürlichen Flächen zu Ackerland für Produktion von Biokraftstoff-Rohstoffen ist mit negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt verbunden (Ghosh et al. 2019). Im Gegensatz hierzu können vielfältige agrarökologische Systeme und ökologischer Landbau sehr produktiv sein und gleichzeitig Vorteile für die biologische Vielfalt gewährleisten (Sunderland 2011; IUCN 2018; Vijay et al. 2016, Ulian et al. 2019) (siehe hierzu auch Abschnitte 5.3.2.1 und 5.3.2.3). Der Schutz der Biodiversität und damit der genetischen Vielfalt ist notwendig, um eine nachhaltige zukünftige Nahrungsmittelproduktion zu garantieren. Die konkreten Vorteile der biologischen Vielfalt sind jedoch oft kontextspezifisch, abhängig vom jeweiligen Produktionssystem und Umfeld. Synergien zwischen Ernährungssicherheit und SDG 15.5 können durch Bioökonomie-Strategien geschaffen werden, die biologische Vielfalt bei der Unterstützung der zukünftigen Lebensmittelversorgung einbeziehen. Viele wilde verwandte Arten von domestizierten Kulturpflanzen besitzen einen ausgedehnten genetischen Pool, der für die Entwicklung produktiverer, nahrhafter und widerstandsfähigerer Pflanzensorten nützlich ist (Dawson et al. 2019, Garibaldi et al. 2017, Ulian et al. 2019).

Auch die diversen Lösungsansätze zum Schutz von Ökosystemen und Wäldern der SDG 15.1 und 15.2, wie in Kapitel 5.3.5 analysiert und beschrieben, tragen dazu bei, den Verlust der Biodiversität zu stoppen. Zu nennen sind hier Wiederaufforstung von degradierten Flächen, Agrarforstwirtschaft, Kaskadennutzung von Biomasse, und Nutzung von Nichtholzprodukten.

5.3.7.1 Nutzung und Bewahrung von Biodiversitätswissen

Es bestehen Synergien zwischen Bioökonomie-Ziel 5 (Forschung und Innovation) und SDG 15.5. Lokales ökologisches Wissen und die speziellen Landnutzungspraktiken, die sich auf diese Form des Wissens stützen, spielen eine entscheidende Rolle für den Erhalt der biologischen Vielfalt. Das Verständnis und die Ansätze dieses Wissens sind oft vielfältig. Jedoch ist das potenzielle Zusammenspiel von „traditionellen“ Naturschutzpraktiken, die auf lokalem ökologischem Wissen beruhen, und wissenschaftlich fundierten „modernen“ Paradigmen nicht systematisch erforscht und entwickelt (Joa et al. 2018). In vielen Regionen kann Biodiversitätswissen - in Kombination mit angewandter Forschung und lokal verankerten traditionellen Institution - zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und zur Verbesserung der Lebensgrundlagen der lokalen Bevölkerung beitragen.

Lokale und regionale Samenbanken sind ebenfalls ein Teil eines breiteren Bestrebens, die biologische Vielfalt zu bewahren. Samenbanken sammeln nicht nur Pflanzensamen, sie sind ebenfalls Datenbanken, in denen Biodiversitätswissen anhand von Daten und Material archiviert und darzustellen versucht wird. Solche Samenbanken und Sammlungen versuchen eine umfassende Darstellung des Lebens auf der Erde, können jedoch nicht die gesamte Komplexität der biologischen Vielfalt aufnehmen oder abbilden. Es können jedoch nicht alle Pflanzen als Saatgut gelagert werden. Einige Pflanzen produzieren keine Samen, andere liefern Saatgut, das keine Lagerung toleriert (Peres 2016). Für Samenbanken ist es notwendig, die Anforderungen an gerechte und faire Verteilung von Biodiversitätswissen und Ressourcen zu beachten (siehe hierzu auch Kap. 5.3.3.2).

Weitere technologische Innovationen und Entwicklungen, die im Kontext der Biodiversität an Wichtigkeit gewinnen, sind DNA-Barcodes, die für den Biodiversitätsschutz angewendet werden können (Philip 2018). Meta-Barcoding-Technologie kann die kennzeichnenden Arten, die in Umwelt-DNA-Proben vorhanden sind, schnell erfassen und analysieren. Meta-Barcode Stichproben sind taxonomisch umfassend und nicht von Sachverständigen abhängig und für die Beilegung von Streitigkeiten nachprüfbar. Dies kann daher eine zuverlässige Möglichkeit der Informationen über biologische Vielfalt für politische Entscheidungsträger bieten (Europäische

Kommission 2015). Es bestehen Anwendungspotenziale für verschiedene Biodiversitätsschutzansätze, zum Beispiel für Restaurierung von Ökosystemen, für systematische Planung für Arten-erhaltung (Ji et al. 2013), zur Bewertung von Artengrenzen und zur Dokumentation neuer Arten, und zur gezielten Identifikation von Lebensräumen für die Erhaltung von Arten (Kress et al. 2015).

5.3.7.2 Nutzung des Konzeptes der Ökosystemleistungen zur Inwertsetzung der Natur

Ökosystemleistungen sind definiert als die Nutzenstiftungen bzw. „Vorteile“ (engl. *benefits*), die Menschen von Ökosystemen beziehen (IPBES 2019). Das Konzept von Ökosystemleistungen und die Anwendung von Maßnahmen zur Inwertsetzung der Natur kann zum Erreichen der Bio-diversitätsziele beitragen und ist ebenso wichtig für Bioökonomie-Strategien, um nicht-nachhal-tige Nutzung von Biodiversitätsressourcen zu vermeiden. Das Konzept der Ökosystemleistungen hat seine Ursprünge in den 1970er- und 80er-Jahren und zielt darauf ab, das gesellschaftliche Bewusstsein für diese Leistungen zu schärfen sowie den wirtschaftlichen Wert der Natur sicht-bar zu machen, ihn wertzuschätzen und folglich, um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten. (Schwaiger et al. 2015). Für nachhaltige Bioökonomien muss die Langfristigkeitsperspektive in den Mittelpunkt rücken und der Bestand des Naturkapitals (einschließlich Biodiversität) gesi- chert werden, weil es wichtige Beiträge zur Umsetzung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele leistet, unter anderem Versorgung mit Nahrung, sauberer Luft, Wasser und nachwachsen- den Rohstoffen.

Bei Anwendungen des Konzeptes der Ökosystemleistungen der Natur ist es wichtig, dass nicht einzelne von ihnen selektiv maximiert werden, sondern der Blick auf das ausgewogene Bündel an Ökosystemleistungen gerichtet wird. Dieser Ansatz ist relevant für Bioökonomie-Strategien, d.h. es ist wichtig, nicht einzelne Ziele zu priorisieren. Dies kann besonders anschaulich an der agrarischen Nutzung von Landschaften gezeigt werden: Naturnahe Ökosysteme erbringen in der Regel geringere Leistungen für die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln oder Roh- stoffen (TEEB DE 2018). Intensive Landbewirtschaftung schafft demgegenüber hohe Produktivi- tätssteigerungen, die insbesondere für marktgängige Versorgungsleistungen genutzt werden können. Diese Produktivitätsfortschritte erfolgen aber sehr oft auf Kosten anderer, gesellschaft- lich ebenso relevanter Ökosystemleistungen, und ebenso der Biodiversität, bis hin zu deren Ver- lust (TEEB DE 2018). Eine Priorisierung des Bioökonomie-Ziels 3 (Produktionssteigerung) in der Landwirtschaft zur kurzfristigen Maximierung einzelner selektiver Leistungen steht daher nicht nur im Zielkonflikt mit SDG-Unterzielen 15.5 und 15.9, sondern schafft auch Zielkonflikte mit gesellschaftlich relevanten Nachhaltigkeitszielen.

Im Gegensatz hierzu steht die stärkere Berücksichtigung von Nicht-Versorgungsleistungen von Ökosystemen. In einer naturschonenden Landbewirtschaftung führt dies zwar unter Umständen zu verminderten Erträgen, liefert aber gleichzeitig höhere andere Ökosystemleistungen und Bei- träge zu vielen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Zielen (TEEB DE 2018), wie etwa kosten- günstige Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen (SDG 13), weniger Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Nahrungsmitteln (SDG 5), Nutzung nachhaltiger Rohstoffe (SDG 12), Erhaltung fruchtbarer Böden (SDG 15. 3) und Gewässerreinigung (SDG 14). Eine Bioökonomie, die sich bemüht integrativ zu agieren, muss die ökonomischen Ansätze der Ökosysteme und Bio- diversität im Sinne der Natur nutzen, und nicht umgekehrt.

5.3.7.3 Möglichkeiten und Risiken der Biotechnologie im Kontext Biodiversitätsschutz

Biodiversitätserhalt und Biotechnologien sind traditionell entgegengesetzte Ansätze und For- schungsfelder der biologischen Wissenschaften mit wenigen Anknüpfungspunkten. Im Kontext des „affirmativen“ Bioökonomie-Diskurses nimmt die Biotechnologie einen wichtigen

Stellenwert ein, wohingegen der „kritische“ Bioökonomie-Diskurs der Biotechnologie, und vor allem der Gentechnik, kritisch gegenüber steht in Wechselwirkung (siehe Kiresiewa et al. 2019). Im Kontext der Bewahrung von Biodiversität und der Bioökonomie werden neue Ansätze diskutiert, die allerdings, wenn es zu Freisetzungen von gentechnisch veränderten Organismen kommt (GVO), weitgehend mit hohen Risiken verbunden sind, die im Folgenden erörtert werden. Zudem bringen einige der diskutierten Ansätze, wie beispielsweise der Einsatz von Gentechnik in geschützten Arten, auch konzeptionelle Herausforderungen für den Naturschutz mit sich (CBD//SYNBIO/AHTEG/2019/1/3). Bei gentechnischen Anwendungen in der Bioökonomie, die nicht freigesetzt werden sollen (fermenter-basierte Produktion beispielsweise von Biopharmazeutika), gehen in der Regel nur geringe Risiken von den GVO selbst aus. Allerdings wird dieser Bereich einen enormen Biomassebedarf entwickeln, so dass sich eine Intensivierung der Biomasseproduktion negativ auf die Biodiversität auswirken kann.

Neue DNA-Sequenzierungsmethoden können den Schutz der biologischen Vielfalt unterstützen. Die Sequenzierung kann wichtige Informationen zu Arten liefern, die von Belang für die Erhaltung der biologischen Vielfalt sind und Überwachung und Schutz bestehender Artengemeinschaften erleichtert (Supple und Shapiro 2018). Die Vielzahl und Details der durch DNA-Sequenzierung erhaltenen Daten können für die Bewertung von Naturschutzmaßnahmen, Landnutzungsplanung, die Überwachung von Umweltauswirkungen und für die Analyse der Funktionalität wiederhergestellter Ökosysteme genutzt werden (Corlett 2017).

Die Nutzung und Anwendungen aus dem Bereich der synthetischen Biologie werden in Bezug auf die biologische Vielfalt kontrovers diskutiert, je nachdem, wie sie konzipiert sind und auf welche Ziele sie abzielen (IUCN 2019). So wird darüber nachgedacht, ob zum Schutz bedrohter Arten synthetische Alternativen zu Wildtierprodukten eingesetzt werden können. Hier ist allerdings unklar, ob diese Maßnahmen den illegalen Handel mit geschützten Arten nicht eher ausweiten. Das Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen (CITES) hat hierzu eine Arbeitsgruppe eingesetzt, um dieser Frage nachzugehen. Zu beachten ist hierbei die gerechte Verteilung des Nutzens der Innovationen und Vermeidung von Biopiraterie (siehe hierzu die Diskussion 5.3.3.1)

Diskutiert wird auch der Einsatz von gentechnologisch hergestellten Biopharmazeutika, um den Nutzen von pflanzlichen oder tierischen Quellen zu reduzieren. Ein Beispiel sind die vom Aussterben bedrohte Pfeilschwanzkrebse. Die Blutzellen der Krebse enthalten *Limulus Amebocyte Lysate* (LAL), das in der weltweit gebräuchlichen Methode zum Nachweis von Endotoxinen genutzt wird. Es ist weiterhin ein wesentlicher Bestandteil in der Herstellung von Impfstoffen und Medikamenten. Die Erfindung einer wirksamen synthetischen Alternative zum LAL-Test böte eine Gelegenheit zur Erhaltung der Pfeilschwanzkrebse und der von ihnen abhängigen Trophieebenen (z.B. Vögel) (Maloney, Phelan und Simmons 2018).

Eine Anwendung von gentechnischen Entwicklungen kann sich potenziell nachteilig auf den Erhalt und die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt auswirken. Mögliche schädliche Auswirkungen können durch die Auskreuzung von Genen oder das Entweichen von gentechnisch veränderten Organismen entstehen, wodurch Auswirkungen auf Nichtziel-Populationen auftreten können. Dies hätte nicht nur umfassendere Auswirkungen auf Ökosysteme, sondern auch Einfluss auf die Lebensgrundlage von indigenen und lokalen Gemeinschaften, die in hohem Maße von der biologischen Vielfalt abhängen (Redford et al. 2019). Detaillierte Risikobewertungen, wie sie regelmäßig in der klassischen biologischen Kontrolle zur Bewertung von Risiken verwendet werden, sind demnach für Anwendungen der synthetischen Biologie notwendig. Weiterhin muss Transparenz und Engagement der Öffentlichkeit bei Entscheidungen über die Anwendung der synthetischen Biologie für den Erhalt der biologischen Vielfalt garantiert werden (Piaggio et al. 2017).

Besondere Vorsorge im Biodiversitätskontext muss bei neuen gentechnischen Verfahren gelten, wie etwa bei der Anwendung von Genome Editing (z.B. CRISPR/Cas-9) in der Pflanzenzucht. Im Gegensatz zu konventionellen Züchtungsverfahren bieten die neuen gentechnischen Verfahren zwar Möglichkeiten für potenziell zielgerichtete, kosten- und zeitsparende Veränderungen des Genoms von Organismen⁷⁵. Allerdings ist das Wissen über die komplexen Zusammenhänge im Stoffwechsel der Organismen und den umgebenen Ökosystemen begrenzt, so dass die Auswirkungen dieser Veränderungen sorgfältig bewertet werden müssen. Bestimmte Anwendungen der neuen gentechnischen Verfahren könnten bei einem massiven Umbau der landwirtschaftlichen Praxis hin zu nachhaltigen Abläufen, nur potentiell Chancen in Hinblick auf eine nachhaltigere Ausrichtung von Landwirtschaft und industriellen Produktionsprozessen bieten.

Mit der neuen Gentechnik (z.B. Genome Editing) sollen auch Pflanzen mit neuen oder erhöhten Inhaltsstoffen erzeugt werden, die für die industrielle Weiterverarbeitung geeignet sind. Diese neuen Möglichkeiten, Pflanzen als Rohstoff für industrielle Zwecke zu nutzen, erhöht gleichzeitig den Druck auf die Biomasse, was wiederum negative ökologische Folgen mit sich bringen kann. Die neuen gentechnischen Verfahren sollten jedoch im Vergleich zur „klassischen“ Gentechnik nicht allein deshalb grundsätzlich als sicherer betrachtet werden, weil die Anwendung möglicherweise zielgerichteter erfolgt. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von neuen gentechnischen Verfahren mit z.T. erheblichen Risiken verbunden ist. Auskreuzung in wildverwandte Arten oder Verunreinigungen in Futter- und Lebensmitteln können eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen. Die Risikobewertung dieser speziellen Pflanzen ist komplex, sie erfordert nicht nur die Bewertung von deren Auswirkungen auf die Umwelt, sondern auch die umgekehrten Einflussfaktoren der Umwelt auf die Organismen, was zu nicht-linearen, rückgekoppelten Effekten führen kann. Weiterhin müssen kombinatorische Wirkungen miteinbezogen werden. Im Zusammenhang mit der Vermehrung von GVO (beabsichtigt oder unbeabsichtigt) können bei den Nachkommen auch Effekte auftreten, die nicht auf der Ebene der vorangegangenen Generationen vorhergesagt werden können. (siehe Bauer-Panskus et al. 2020)

Zu den Risiken gehören insbesondere sogenannte Off-target Effekte in *trans*⁷⁶ oder in *cis*⁷⁷. Vor allem die Anwendung von CRISPR/Cas in der Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung hat möglicherweise ungeplante und langfristige negative Auswirkungen auf Biodiversität, vor allem durch derzeit noch unzureichend untersuchte Umweltrisiken und eine Intensivierung der Landwirtschaft (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung 2018). Daher bedarf es bereits bei ihrer Entwicklung einer sorgfältigen Kontrolle und eines entsprechenden Monitorings.

Besondere Beachtung und Vorsicht verdienen in diesem Zusammenhang sogenannte "Gene Drive"-Organismen. Diese werden derzeit entwickelt, um die genetischen Eigenschaften ganzer Populationen von Tieren zu verändern. Es lassen sich zwei Gene Drive Ansätze unterscheiden: Der sogenannte *suppression drive* hat das Ziel, eine Population zu reduzieren oder gar vollständig auszulöschen. Das wird erreicht, indem die Fortpflanzungsfähigkeit der Organismen gestört wird, zum Beispiel wenn ein Geschlecht unfruchtbar gemacht wird. Bei einem *alteration drive* können sich die Organismen zwar weiter fortpflanzen, sie können aber zum Beispiel einen Krankheitserreger nicht mehr übertragen (Irmer 2019). Gene Drives werden zur Lösung von

⁷⁵ Tatsächlich müssen solche Organismen bei Freisetzungen eine umfassende Risikobewertung, inklusive Umweltaspekte, durchlaufen. Erst wenn solche für eine substantielle Zahl an genomeditierten GVO durchgeführt wurde, kann abgeschätzt werden, ob Faktoren wie Präzision und Zeitersparnis sich bewahrheiten.

⁷⁶ Bei Off-Target-Effekten in *trans* handelt es sich um Schnitte des CRISPR/Cas-Ribonukleinkomplexes an falschen Stellen, die unerwünschte Mutationen hervorrufen können (vgl. Kosicki, Tomberg, & Bradley 2018).

⁷⁷ Bei Off-Target-Effekten in *cis* schneidet der CRISPR/Cas-Ribonukleinkomplex zwar am beabsichtigten Gen-Ort, führt aber ebenfalls zu ungewollten Veränderungen des Erbguts (vgl. Li et al., 2016).

komplexen Problemen vorgeschlagen, allerdings handelt es sich derzeit lediglich um Grundlagenforschung. Inwieweit Gene Drives allgemein die hohen Erwartungen, die an sie gestellt sind, erfüllen können, ist derzeit nicht absehbar. Es werden allerdings jetzt schon signifikante Mittel zur Erforschung von Gene Drives bereitgestellt, auch für Fragen des Naturschutzes. Diese Mittel sind für Forschung alternativer und etablierter Maßnahmen nicht einsetzbar.

Ein Beispiel ist die Erforschung von Gene Drives zur Ausrottung von invasiven Nagetieren auf empfindlichen Inselökosystemen (Godwin et al. 2019). Ob es sich um eine realistische Alternative zu etablierten Methoden handelt, muss bezweifelt werden. Die Zeiträume, die für einen Gene Drive benötigt werden, sind wahrscheinlich völlig ungeeignet, um den voranschreitenden Biodiversitätsverlust zu verhindern: Ein Gene Drive in Nagetieren wird voraussichtlich Jahrzehnte brauchen, um eine Population auf einer Insel auszurotten. Zu diesem zeitlichen Horizont kommt die räumliche Komponente. Es muss ein *Containment* von Gene Drive Organismen sichergestellt sein, da je nach System das Entkommen einzelner Gene Drive Nagetiere von einer Insel zu einer Ausbreitung führen. Wie dies über einen langen Zeitraum sichergestellt werden soll ist unklar. Auch die nativen Habitate sind dann nicht vor einer Invasion durch den Gene Drive geschützt.

Es gibt derzeit noch keine etablierten Möglichkeiten, die möglichen Langzeitfolgen bei Freisetzungen verlässlich abzuschätzen. Die Umweltrisikobewertung muss hier substanziell weiterentwickelt werden. Ökosysteme könnten erheblich geschädigt und das Artensterben beschleunigt werden. Die Bewertung von Umweltrisiken durch den Einsatz Gene Drives wird wesentlich mehr Informationen und Basisdaten als bisherige Risikobewertung von GVOs erfordern (Simon, Otto und Engelhard 2018). Selbst wenn unbeabsichtigte Veränderungen auf Genomebene rückgängig gemacht werden könnten, hätte jede zahlenmäßig reduzierte Population potenziell eine geringere genetische Vielfalt und könnte anfälliger für natürlichen oder anthropogenen Druck sein (Oye et al. 2014). Gene Drives bergen daher Risiken für Biodiversität und können das Erreichen von SDG 15.5 und 15.9 gefährden.

5.3.7.4 Schlussfolgerungen

Die Nutzung der Biodiversität als wesentliche und teilweise neue Ressource steht in vielen Bioökonomie-Zielen und Biotechnologeanwendungen an erster Stelle. Die Biodiversität wird als die biologische Basis der Bioökonomie angesehen und kann damit auch durch die Bioökonomie weitergehend gefährdet werden. **Damit Bioökonomie-Strategien zum Schutz von Biodiversität beitragen können, müssen notwendigerweise Schlüsselthemen des Biodiversitätsschutzes stärkere Beachtung finden.** Spezifische Faktoren, die den Verlust der biologischen Vielfalt fördern, müssen adressiert werden. Hierzu gehören vor allem das Überernten von Wildpflanzen und -Tieren, Ausdehnung der industriellen Landwirtschaft, Klimawandel und Entwaldung.

Der Schutz der Biodiversität ist notwendig, um eine nachhaltige zukünftige Nahrungsmittelproduktion zu garantieren. Die konkreten Vorteile der biologischen Vielfalt sind jedoch oft kontextspezifisch, abhängig vom jeweiligen Produktionssystem und Umfeld. Synergien zwischen Ernährungssicherheit und SDG 15.5 können durch Bioökonomie-Strategien geschaffen werden, die biologische Vielfalt bei der Unterstützung der zukünftigen Lebensmittelversorgung einzubeziehen. Extensive landwirtschaftliche Produktion und Ansätze, wie Agrarökologie, ökologischer Landbau oder ökologische Intensivierung, können den Druck der Nahrungsmittelproduktion auf Biodiversität verhindern.

Die Nutzung und Bewahrung von Biodiversitätswissen wie auch traditionelles Wissen und moderne wissenschaftliche Erkenntnisse über Biodiversität, sind notwendig. Lokale und regionale Samenbanken sind ebenfalls ein Teil eines breiteren Bestrebens, die biologische

Vielfalt zu bewahren. Samenbanken sammeln nicht nur Pflanzensamen, sie sind ebenfalls Datenbanken, in denen Biodiversitätswissen anhand von Daten und Material archiviert wird. Bioökonomie-Strategien, die auf Nutzung dieses Wissens angewiesen sind, müssen die faire Verteilung und Zugang zu diesen Biodiversitätsressourcen gewähren.

Neue gentechnische Anwendungen von z.B. Genom-Editierung mit CRISPR/Cas-9 bergen ein Risiko, die Biodiversität zu schädigen. Daher ist weiterhin eine Zulassung mit umfangreicher Risikoprüfung notwendig. Insbesondere langfristige, indirekte negative Auswirkungen auf die Biodiversität müssen umfangreich geprüft werden, bevor es zu einer Freisetzung kommen kann. Zudem sind die aktuell verfolgten Ansätze noch nicht weit entwickelt, so dass unklar bleibt, ob die mit dieser Technologie verbundenen Hoffnungen auch erfüllt werden können. Viele für eine nachhaltige Landwirtschaft benötigten Eigenschaften sind komplex und an viele Gene gebunden. Die gentechnische Veränderung einzelner oder weniger Gene kann zwar einen kurzfristigen Effekt haben, langfristig die Erfordernisse einer Nachhaltigen Landwirtschaft kaum erfüllen. Die neuen gentechnischen Verfahren können zudem beim Einsatz in der Landwirtschaft nur dann einen Beitrag für mehr Nachhaltigkeit leisten, wenn sie sinnvoll mit anderen ökologisch relevanten Innovationen und Praktiken kombiniert werden und mit diesen kompatibel sind: In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu prüfen, ob die o.g. Funktionalitäten und Merkmale negative ökologische Auswirkungen, z.B. auf die Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit, haben können. Zudem muss geprüft werden, ob alternative Instrumente nicht geeigneter sind, um das Ziel einer nachhaltigen Landwirtschaft zu erreichen. In diesem Zusammenhang ist auch zu diskutieren, ob in der Forschungsförderung alternative Ansätze (beispielsweise Zucht alter Sorten, polygenetische Ansätze) ausreichend gewürdigt werden.

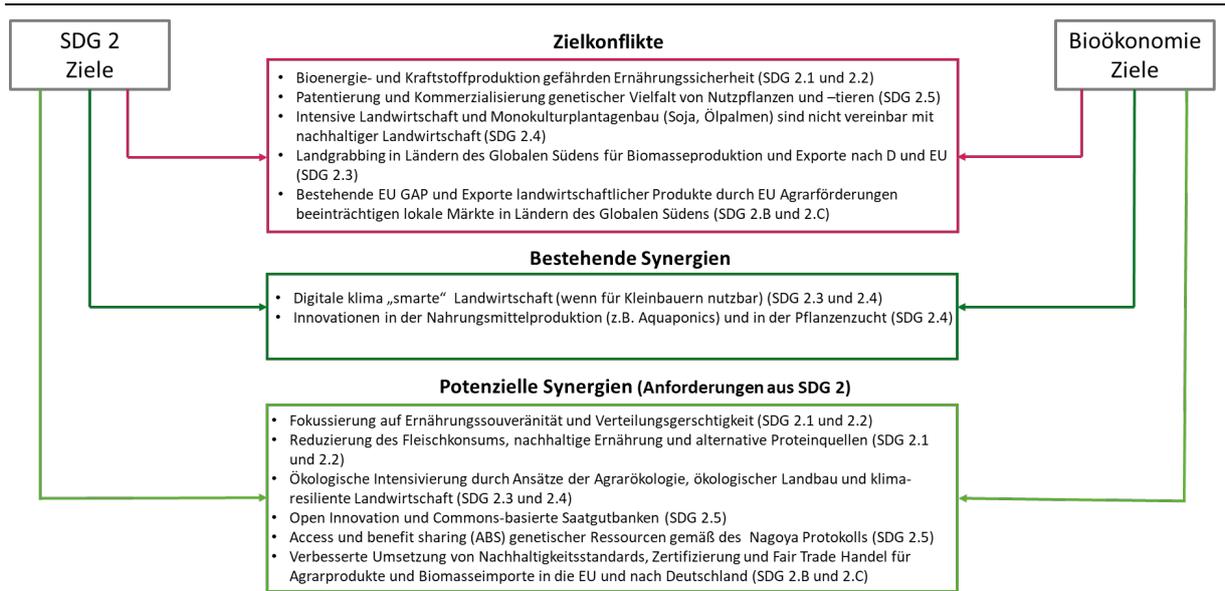
Besondere Vorsicht muss bei sogenannten „Gene Drives“ gelten, da zufällige und ungewollte Verbreitung sich selbst ausbreitender Gene Drives unbeabsichtigte ökologische Nebenwirkungen auf Wildorganismen haben könnte. Gene Drives sollen zwar für Biodiversitätsschutz eingesetzt werden, zum Beispiel in der Bekämpfung von invasiven Arten, bergen aber auch erhebliche Risiken für Biodiversität. Für viele risikorelevante Fragen sind die notwendigen Kenntnisse, Daten und Methoden nicht ausreichend, um die spezifischen Risiken einzuschätzen, die Gene Drive Organismen für die Umwelt und den Naturschutz darstellen können (Dolezel et al. 2020). Es bestehen zudem derzeit keine Möglichkeiten, die möglichen Langzeitfolgen bei Freisetzung verlässlich abzuschätzen. Ökosysteme könnten somit erheblich geschädigt und das Artensterben beschleunigt werden, wodurch dem Erreichen von den Biodiversitätsschutzzielen SDG 15.5 und 15.9 entgegengewirkt würde.

5.3.8 Zusammenfassung – Zielkonflikte und Synergien SDG 2 und SDG 15

Aus den Analysen in Kapitel 5.3 zeigt sich, dass die Zielkonflikte zwischen SDG 2, SDG 15 und den Bioökonomie-Zielen überwiegen und derzeit nur eine begrenzte Anzahl von offensichtlichen Synergien bestehen. In der vorangehenden Analyse werden eine Vielzahl von Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese Zielkonflikte vermieden und wie neue Synergien geschaffen werden können.

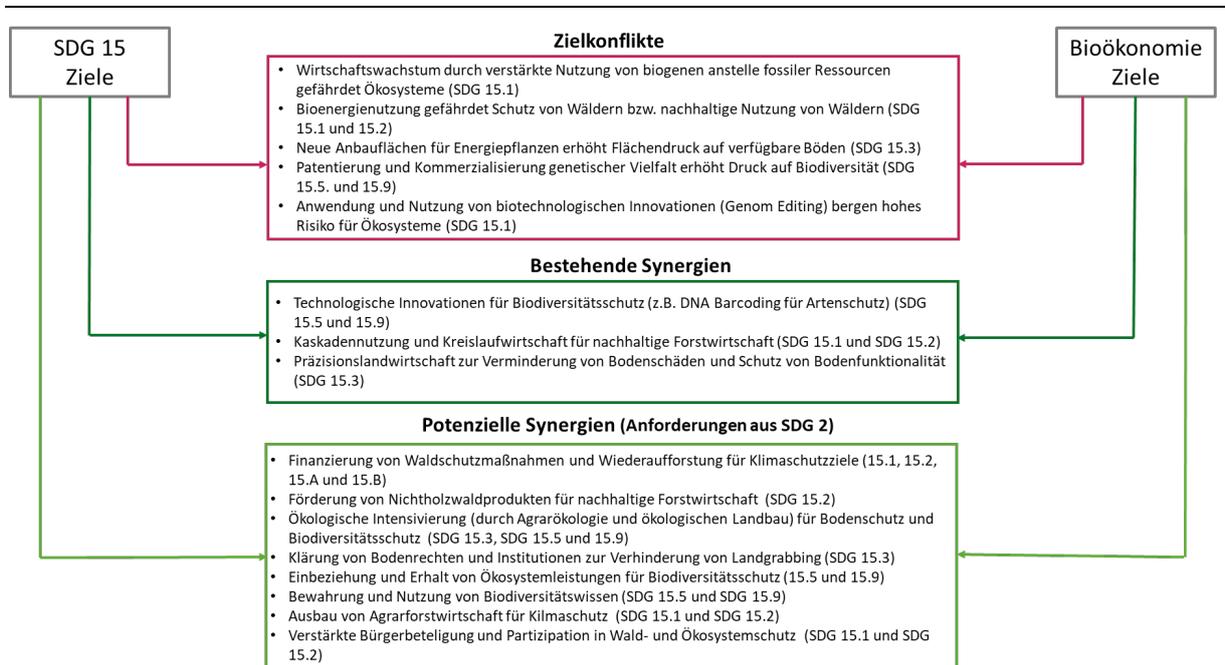
Die wichtigsten Zielkonflikte, bestehende Synergien und potenzielle Synergien sind in den folgenden Abbildungen Abbildung 14 (SDG 2) und Abbildung 15 (SDG 15) zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 14: Zielkonflikte, bestehende Synergien und potenzielle Synergien zwischen SDG 2 und Bioökonomie-Zielen



Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

Abbildung 15: Zielkonflikte, bestehende Synergien und potenzielle Synergien zwischen SDG 15 und Bioökonomie-Zielen



Quelle: Institute of Development Studies (eigene Darstellung)

5.4 Illustrierende Länderfallstudien

Im vorliegenden Kapitel werden drei länderspezifische Untersuchungen durchgeführt, um die globalen Verflechtungen der Bioökonomie mit Wertschöpfungsketten in Anbauregionen des Globalen Südens aufzuzeigen. Unsere Motivation für die Erstellung dieser Länderfallstudien ist es, Ansatzpunkte zu identifizieren, inwieweit verschiedene Bioökonomie-Konzepte zum Erreichen der Ziele von SDG 2 und SDG 15 beitragen können. Die Länderfallstudien betrachten:

- ▶ Indonesien zum Produktpfad Palmöl,
- ▶ Kolumbien zum Produktpfad Zuckerrohr und
- ▶ Südafrika zur Grünen Gentechnik
- ▶ sowie die damit jeweils verbundenen Problemfelder in Hinblick auf eine Nachhaltige Entwicklung.

Die drei Fallstudien sind eine repräsentative Auswahl von Ländern mit verschiedenen Bioökonomie-Strategien sowie von Produktketten, die für den internationalen Handel von Agrarrohstoffen besonders relevant sind. Die Länderfallstudie „Indonesien / Palmöl“ wurde ausgewählt, da es sich bei Palmöl um ein bedeutendes ökologisches, soziales und handelspolitisches Thema von internationaler Wichtigkeit handelt. Der Fokus auf Kolumbien zeigt die Biomasse-Nutzungen (Bioethanol) für energetische Zwecke auf, jedoch in erster Linie mit der Perspektive der Kaskadennutzung. Südafrika wurde als Fallstudie ausgewählt, weil die Bioökonomiestrategie dort einen starken Fokus auf Biotechnologie legt und Südafrika auf diesem Gebiet eine Vorreiterrolle auf dem afrikanischen Kontinent einnimmt.

Die übergreifenden Fragestellungen für die drei Länderfallstudien sind:

- ▶ Wie verhalten sich die nationalen Bioökonomie-Strategien und SDGs zu einander?
- ▶ Wie kann eine nachhaltige Bioökonomie dazu beitragen, die bestehenden Nachhaltigkeitsprobleme z.B. für Palmöl, Zuckerrohr und Biotechnologie in den drei Ländern zu adressieren?
- ▶ Wie könnten die deutsche und europäische Entwicklungskooperation nachhaltige Bioökonomie-Ansätze unterstützen?

5.4.1 Länderfallstudie Indonesien – Palmölproduktion

5.4.1.1 Übersicht zur Bioökonomie in Indonesien – Narrative, nationale Politiken und Hauptakteure

Palmöl spielt eine bedeutende Rolle in Indonesiens Wirtschaft, denn es wird weltweit gehandelt. Aufgrund der guten Produkteigenschaften und der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von Palmöl ist die weltweite Nachfrage nach Palmöl stark gestiegen, ein auch künftig sich fortsetzender Trend. Verschiedene Regierungen und Unternehmen fördern den Einsatz von Biokraftstoffen, die zunehmend auch Palmöl enthalten.

In Indonesien existiert derzeit keine explizite Bioökonomie-Strategie, jedoch ist die neue „Grand Strategy of Agricultural Development 2015-2045“ (GSAD) Indonesiens sehr eng verknüpft mit dem von uns analysierten Konzept der Bioökonomie und dessen Zielen (s. Kiresiewa et al. 2019). Hauptakteur ist das indonesische Ministerium für Landwirtschaft und landwirtschaftliche Entwicklung.

Die Hauptzielrichtung der GSAD ist der Übergang von einer Primärlandwirtschaft zu einer integrierten landwirtschaftlichen Bioindustrie (Republic of Indonesia, Ministry of Agriculture 2015). Mit der Strategie strebt Indonesien eine landwirtschaftliche und ländliche Entwicklung an, welche den großen gesellschaftlichen Herausforderungen, wie Klimawandel, Bevölkerungswachstum, Verknappung natürlicher Rohstoffe, gerecht wird (ebd.). Dabei wird in der Strategie der Begriff „**agricultural bioindustry**“ genutzt, der dem Konzept „bioeconomy“ gleichzusetzen ist.

Das Ziel der indonesischen Regierung ist es, mit der GSAD bis 2045 eine „würdige, unabhängige, entwickelte, gerechte und erfolgreiche Landwirtschaft“ aufzubauen. Bis 2045 soll die Landwirtschaft industrielle und landwirtschaftliche Dienstleistungen anbieten (als „industrial and agroservice farmers“) (Sydaryanto 2015). Die Mehrheit der GSAD-Zwischenziele sind soziökonomischer Natur, wie etwa mehr Einkommen für Landwirte und Landwirtinnen, verbesserte Lebensqualität, Wohlfahrt, Ernährungssicherheit und Energieunabhängigkeit (durch Bioenergie). Ein konkretes Ziel in Bezug auf die Bioökonomie ist es, fossil-basierte Produkte bis 2025 um 25 Prozent und bis 2030 um 75 Prozent zu reduzieren. Darüber hinaus wird die Entwicklung von bio-basierten und Landwirtschafts-basierten Dienstleistungen in allen Dörfern bis 2040 sowie die Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie in den ländlichen Regionen bis 2045 angestrebt (ebd.). Was unter „sustainable bioeconomy“ oder „bioservices“ verstanden wird und wodurch die Erdöl-basierten Produkte ersetzt werden sollen, wird nicht ersichtlich. Es lässt sich vermuten, dass es sich dabei um die Etablierung von Bioökonomie-Geschäftsmodellen handelt, die eine Kaskadennutzung von Biomasse voraussetzen, bspw. Bioraffinerien, die mit Zitronengras, Maniok oder Früchten arbeiten. Um eine nachhaltige Landwirtschaft zu realisieren, wird laut Selbstauskunft ein System der Bioindustrie angestrebt, in welchem verschiedene gesunde Lebensmittel und biobasierte Produkte mit hoher Wertschöpfung aus tropischen landwirtschaftlichen und marinen Bioressourcen produziert werden.⁷⁸

Die Energiepolitik Indonesiens konzentriert sich auf die Entwicklung erneuerbarer Energiequellen, die fossile Energieträger ersetzen können. Im Jahr 2014 verabschiedete Indonesien ein Energiegesetz (National Energy Policy, Government Regulation No. 79/2014), das sich direkt auf die Bioökonomie durch die Förderung von Biomasseproduktion bezieht. Bioenergietechnologien sollen nicht nur zur inländischen Energiesicherheit beigetragen, sondern auch exportiert werden (Jaelani et al. 2017). Mit dieser Energiepolitik will das Land bis 2025 23 Prozent seiner Energie aus neuen und erneuerbaren Quellen beziehen (gegenüber 4 Prozent im Jahr 2014) und 31 Prozent bis 2050⁷⁹. Indonesien verfügt mit mehr als 10 Millionen Hektar über ein außerordentlich großes Anbaugebiet von Ölpalmenplantagen, das über die Hälfte der weltweiten Palmölproduktion ausmacht. Um sicherzustellen, dass diese Ressource zum nationalen Energieplan beiträgt, hat die indonesische Regierung ein sogenanntes **B30 Biodiesel-Mandat** ausgearbeitet, das seit Dezember 2019 die verpflichtende Beimischung von 30 Prozent Biodiesel innerhalb Indonesiens regelt (Christina, 2019). Hierzu wurde auch ein Förderprogramm für die Biokraftstoffproduktion aufgelegt. Im Oktober 2017 kündigte die Regierung Indonesiens an, Klimaschutzmaßnahmen in die Entwicklungsagenda des Landes (GSAD) aufzunehmen⁸⁰. Daraufhin initiierte das Ministerium für nationale Entwicklungsplanung (BAPPENAS) die „Low Carbon“-Entwicklungsinitiative mit dem Ziel, die Kohlenstoffemissionen explizit in die Planung einzubeziehen. Unter der Leitung von BAPPENAS werden dafür schwerpunktmäßig Forschungsarbeiten zum Energie- und zum Landnutzungssektor durchgeführt und Empfehlungen ausgearbeitet, da diese Sektoren zusammen etwa 80 Prozent der Treibhausgasemissionen des Landes ausmachen.

Neben dem erwähnten indonesischen Ministerium für Landwirtschaft und landwirtschaftliche Entwicklung gestalten weitere politische Akteure die Bioökonomie in Indonesien maßgeblich mit, wie bspw. das Ministerium für Energie und Mineralressourcen. Bei der Ausarbeitung und Entwicklung der Strategien für Landwirtschaft und Bioökonomie wird das Ministerium für

⁷⁸ Vortrag von Robert Manurung (Head of Research Group: Agricultural and Bioproducts Technology – Bandung Institute of Technology Expert Team for Grand Strategy of Indonesian Agricultural Development (2015-2045), Ministry of Agriculture).

⁷⁹ https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Mar/IRENA_REmap_Indonesia_report_2017.pdf

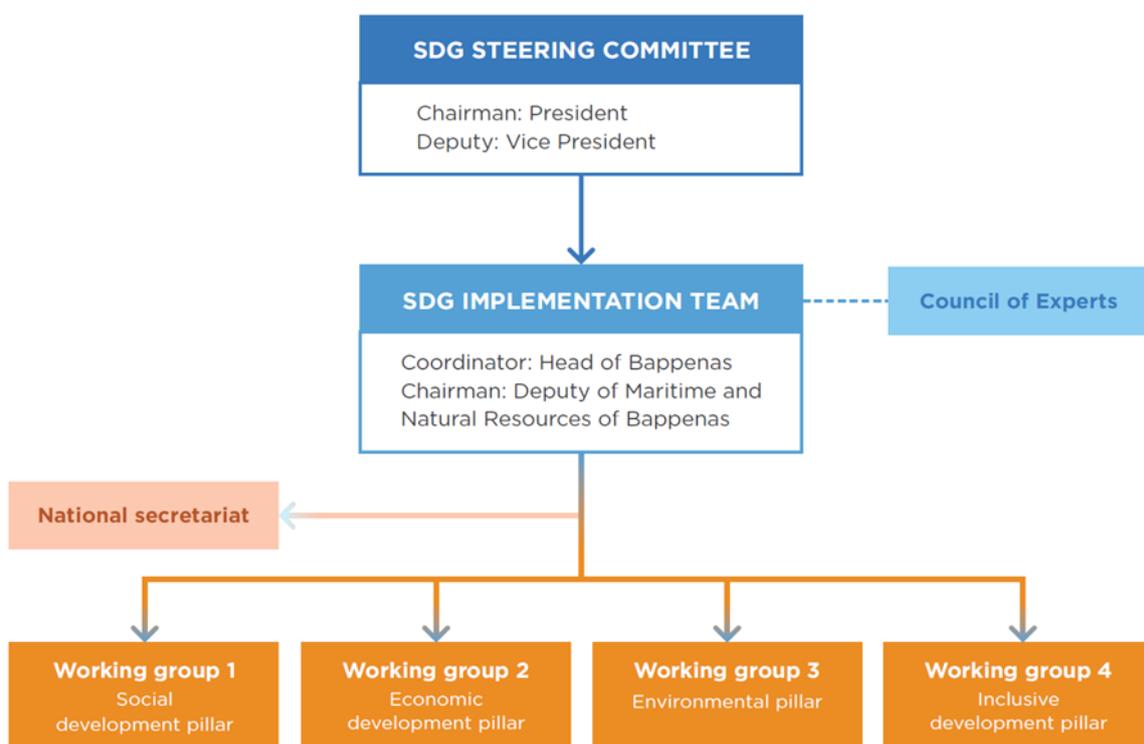
⁸⁰ <https://www.carbonbrief.org/the-carbon-brief-profile-indonesia>

Landwirtschaft und landwirtschaftliche Entwicklung durch die Asiatische Entwicklungsbank (ABD) unterstützt (Kiresiewa et al. 2019).

In Indonesien gibt es einen SDG-Implementierungsplan, dessen Organisationsstruktur die folgende Abbildung 16 zeigt. Es besteht derzeit kein direkter Zusammenhang zwischen der GSAD und dem Implementierungsplan für die SDGs, welcher vom Ministerium für Nationale Planung und Entwicklung⁸¹ geleitet wird (UNDP 2017).

Die Regierung Indonesiens hat die SDGs und SDG-Indikatoren mit ihrem nationalen, mittelfristigen Entwicklungsplan („Rencana Pembangunan Jangka Menengah. Nasional“) verknüpft. Der im Juli 2017 unterzeichnete Präsidialerlass Nr. 59/2017 befasst sich mit der Umsetzung der SDGs einschließlich der SDG-Governance-Struktur, der Überwachung und der Berichterstattung. Federführend ist hier das Ministerium für nationale Entwicklungsplanung (BAPPENAS). Das Ministerium benutzt für das Monitoring der SDGs unter anderem ein Dashboard, welches entsprechende Datensätze visualisiert⁸².

Abbildung 16: Organisationsstruktur für SDG Koordinierung und Implementierung in Indonesien



Quelle: UNDP 2017

5.4.1.2 Wechselwirkungen zwischen Bioökonomie-Zielen und SDGs im indonesischen Palmöl-Sektor

Die weltweite Palmölproduktion wird von den Ländern Indonesien und Malaysia dominiert. Diese beiden Länder machen zusammen rund 85 bis 90 Prozent der gesamten weltweiten Palmölproduktion aus. Indonesien ist global der größte Produzent und Exporteur von Palmöl, das weltweit als Rohstoff in verschiedenen Sektoren der Bioökonomie eingesetzt wird. Palmöl spielt

⁸¹ Indonesischer Name: Bappenas

⁸² <https://www.unglobalpulse.org/news/indonesian-government-develops-monitoring-dashboard-sdgs>

die wichtigste Rolle in Indonesiens Landwirtschaft. So trug Palmöl im Jahr 2015 mit 20,75 Mrd. USD zu den Exporteinnahmen Indonesiens bei (Purnomo et al. 2018).

Im letzten Jahrzehnt kam es zu massiven Anstiegen der Anbaufläche von Ölpalmen, deren Anbaufläche sich von 2005 bis 2015 auf ca. 11,4 Mio. ha verdoppelte (Purnomo et al. 2018). Davon befinden sich rund 41 Prozent im Besitz von kleinlandwirtschaftlichen Betrieben, 52 Prozent in Hand von Großunternehmen und Staatsunternehmen kontrollieren 7 Prozent der Anbauflächen. Zusätzlich zu den über 11 Millionen Hektar, die bereits bepflanzt sind, besitzen Unternehmen vorläufige Lizenzen für weitere 7 Millionen Hektar in sogenannten "Landbanken" (Li 2018). Der relativ hohe Anteil von Anbauflächen im Besitz von kleinlandwirtschaftlichen Betrieben macht den Palmölanbau direkt relevant für SDG 2.3 (Verdopplung der Erträge und Einkommen von kleinen Produzentinnen und Produzenten).

Palmöl wird seitens der indonesischen Regierung eine wichtige Rolle für das Erreichen der SDGs zugeschrieben, insbesondere für soziale und wirtschaftliche Nachhaltigkeitsziele, wie Armutsbekämpfung, Gesundheit, Bildung, wirtschaftliche Entwicklung und produktive Vollbeschäftigung (Pradipta 2018).

Gleichzeitig jedoch ist der Palmölsektor in Indonesien für eine Reihe von Zielkonflikten zwischen wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung (SDG 6, SDG2) und Umweltschutz (SDG 15) verantwortlich. Im Mittelpunkt dieser komplexen Wechselwirkungen von SDG 2 und SDG 15 stehen die Verdopplung der landwirtschaftlichen Produktion von Kleinbauern (SDG 2.3), Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion (SDG 2.4) und der Schutz von Wäldern (SDG 15.2) und Böden (SDG 15.3). Besonders hervorzuheben sind die Erhaltung der Biodiversität und der Schutz bedrohter Arten (SDG 15.5). Die Expansion von Ölpalmen könnte einer Situationsanalyse des IUCN zufolge 54 Prozent aller bedrohten Säugetiere und 64 Prozent aller bedrohten Vögel weltweit betreffen (Meijaard et al. 2018). Es bestehen darüber hinaus auch Zielkonflikte mit den von uns identifizierten allgemeinen Bioökonomie-Zielen (s. Kiresiewa et al. 2019), insbesondere bei den Zielen Ernährungssicherheit, effiziente Nutzung von Rohstoffen und Klimaschutz.

Aufgrund der guten technischen Eigenschaften von Palmöl und der daraus folgenden vielseitigen Einsatzmöglichkeiten wächst die weltweite Nachfrage nach Palmöl seit etwa drei bis vier Jahrzehnten weiter, bei langfristig noch steigender Tendenz (Bevölkerungswachstum, steigender Konsum von Nahrungsmitteln und weiterer palmöhhaltiger Produkte). Zahlreiche Regierungen und Unternehmen fördern zudem den Einsatz von Biokraftstoffen auf Basis von Palmöl.

Verschiedene Studien (u.a. Yamamoto 2019, Li 2018) zeigen, dass der durch Ölpalmenplantagen verursachte Waldverlust negative Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktivität hat, vor allem bei Reis, Früchten und Gemüse, die in kleinbäuerlichen Strukturen angebaut werden. Der Rückgang der landwirtschaftlichen Produktivität aufgrund von Waldbedeckungsverlusten wird auf ca. 45 Prozent für die Jahre zwischen 2001 und 2014 geschätzt, was einem Verlust von 2,63 Milliarden USD durchschnittlicher Produktion im Jahr 2014 entspräche (Yamamoto et al. 2019). Somit steht der Monokulturanbau der Ölpalme auch im Zielkonflikt mit der Verdopplung von Erträgen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern (SDG 2.3), einer nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion (SDG 2.4) und den Bioökonomie-Zielen Ernährungssicherheit, effiziente Nutzung von Ressourcen und Klimaschutz.

Die großflächigen Ölpalmenplantagen, die auf Konzessionsflächen im Vertragsanbau betrieben werden, haben auch negative soziale Konsequenzen. Sie führen eine materielle, soziale und politische Veränderung des ländlichen Lebens herbei, mit negativen Auswirkungen für Millionen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern, denen vorhandene Landnutzungen (z. B. Subsistenzproduktion von Nahrungsmitteln und Kautschuk) durch die Plantagen zerstört werden (Li 2018). Damit stehen Ölpalmenplantagen in direktem Konflikt mit den Nachhaltigkeitszielen zur

Hungerbekämpfung sowie zur Sicherstellung von Ernährungssicherheit und Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft (SDGs 2.1, 2.4 und 2.5).

In der realen Bioökonomie Indonesiens bestehen weitere Konflikte mit den Nachhaltigkeitszielen Geschlechtergleichheit (SDG 5), menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum (SDG 8), Reduzierung von Ungleichheiten (SDG 10) und zur Förderung von Frieden, Gerechtigkeit und starken Institutionen (SDG 16). In vielen Fällen werden Kleinbäuerinnen und Kleinbauern durch mafia-ähnliche Praktiken (Li 2018) dazu gezwungen, auf Plantagen unter prekären Arbeitsbedingungen ohne Rechtsschutz zu arbeiten. Vor allem Frauen, die als Gelegenheitsarbeiterinnen auf Plantagen arbeiten, sind besonders durch ausbeuterische Praktiken gefährdet und stark sexualisierter Gewalt ausgesetzt (Li 2018).

5.4.1.3 Anforderungen aus SDG 2 für den Palmölanbau

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass der als „nachhaltige Intensivierung“ (englisch „sustainable intensification“) bezeichnete Ansatz zur Steigerung der Erträge pro Flächeneinheit (FAO 2011) auch Potenziale zur Steigerung der indonesischen Palmölerträge bietet (z.B. Oberthür et al. 2012). Nachhaltige Intensivierung wird durch Konzepte wie „Best Management Practices“ (BMP) bereits vorgenommen, um höhere Flächenerträge und erhöhte Ölextraktionsraten zu erreichen und damit die Ölmenge pro Flächeneinheit zu steigern. Nachhaltige Intensivierung kann Produktionsrückgänge verhindern und die Wettbewerbsfähigkeit von Kleinbauern in Indonesien auf dem weltweiten Palmölmarkt aufrechterhalten. Die indonesische Regierung konzentriert sich bei der Umsetzung nachhaltiger Intensivierung zunächst auf die kleinbäuerliche Palmölproduktion, da diese im Palmölsektor Indonesiens mit 41 Prozent der Anbaufläche (Sollman et al. 2016) eine wesentliche Rolle einnimmt. Im Jahr 2015 trug die kleinbäuerliche Landwirtschaft mit 34 Prozent zur landesweiten Rohpalmölproduktion bei. Die Erträge von Kleinbauern sind jedoch im Durchschnitt um 50 Prozent niedriger als die moderner Unternehmen (Sollman et al. 2016). Nachhaltige Intensivierung hätte das Potential, Ertragssteigerungen zu erzielen, was SDG 2.3 (Verdopplung von Erträgen von Kleinbauern) und SDG 2.4 (Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion) unterstützen würde.

Der Roundtable for Sustainable Palmoil (RSPO) hat sich seit seiner Gründung 2004 zu einem zentralen Knotenpunkt im globalen Palmölversorgungsnetz entwickelt. Er ermöglicht Austausch von umweltrelevanten Informationen zwischen Erzeugern, Verarbeitern und Nichtregierungsorganisationen und unterstützt den Aufbau von Strukturen und Wertschöpfungsketten für „nachhaltiges Palmöl“ (Oosterveer 2015). Die mehr als 3000 Mitglieder des RSPO sind Händler und Unternehmensgruppen (z.B. Wilmar, Musim Mas Group, Golden Agri Resources, Cargill).

Die Effektivität des RSPO und die freiwillige Zertifizierung als Mittel zur Eindämmung der Entwaldung wird jedoch zunehmend in Frage gestellt (May-Toben und Goodman 2014), weil die Expansion von Palmölplantagen in Waldgebiete dadurch nicht reduziert wurde (Pirard et al. 2015). Von 2001 bis 2016 litten etwa 40 Prozent der Fläche in RSPO-Konzessionen unter Waldverlust, entweder durch direkte Entwaldung, Brände oder andere Baumschäden (Gatti et al. 2019). Im Jahr 2018 hat der RSPO in den Hauptproduktionsländern Indonesien und Malaysia sich u.a. auf ein „No Deforestation“-Prinzip im Rahmen der Revision seiner Prinzipien und Kriterien geeinigt. Ob dieses Prinzip eingehalten wird, bleibt abzuwarten. Einige der wichtigsten Palmöl-Konzerne haben bereits einen Teil ihrer Tätigkeiten auf der Grundlage der Standards RSPO zertifiziert. Obwohl der Anteil an nachhaltig zertifiziertem Palmöl seit 2013 stetig steigt, waren von den weltweit produzierten ca. 68 Mio. Tonnen Palmöl im Jahr 2017 nur rund ein Viertel nachhaltig zertifiziert (FONAP 2018).

Zertifizierte Palmöl Konzessionen unterscheiden sich in Bezug auf den Prozentsatz des Baumverlusts nicht wesentlich von nicht-zertifizierter Palmölproduktion. Sie führt

immer noch zu starker Entwaldung und ist möglicherweise nicht nachhaltiger als nicht-zertifizierte Produktionen (Gatti et al. 2019). In dieser Hinsicht identifizieren Lyons-White und Knight (2018) eine Reihe von Hindernissen für die Verwirklichung von Entwaldungsfreien Lieferketten im Palmölsektor. Zu den Hemmnissen zählen die Unvereinbarkeit von Verpflichtungen und Entwicklungsprioritäten sowie die Komplexität der Lieferkette, die die Umsetzung von Verpflichtungen ohne Entwaldung behindern, indem die Rückverfolgbarkeit von Palmöl behindert und der Kontakt mit indirekten Kunden oder Lieferanten behindert wird. Das bestehende Modell, in dem RSPO-Unternehmen einseitige „No-Deforestation“-Verpflichtungen eingehen, ist für die Komplexität der Palmöl-Lieferketten ungeeignet und wird daher wahrscheinlich versagen (Lyons-White und Knight 2018). Weiterhin wird der RSPO Ansatz als ein technischer Managementansatz kritisiert, der versucht, den Status quo und bestehende Machtverhältnisse als „grün“ darzustellen. Die Zertifizierung und der RSPO-Ansatz lösen allerdings nicht die sozialen und politischen Spannungen um Landrechte, Arbeitnehmerrechte und Umweltgerechtigkeit in Indonesien und anderen Ländern in Südostasien (Pye 2019).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, entstehen neue Initiativen zur Förderung von Partnerschaften zwischen öffentlichen und privaten Akteuren im Palmölsektor, insbesondere in Indonesien. Diese Initiativen, die häufig von Nichtregierungsorganisationen ins Leben gerufen werden, zielen auf die Unterstützung privater Bemühungen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in Lieferketten, hauptsächlich durch verbesserte Systeme zur Rückverfolgbarkeit und die Bereitstellung technischer Dienstleistungen für unabhängige Landwirte. Gleichzeitig wird ein aktiveres staatliches Engagement gefördert, vor allem bei der Landnutzungsplanung auf Provinzebene (Luttrell et al. 2018). Pacheco et al. (2018) argumentieren, dass diese Initiativen experimentelle Ansätze darstellen, die das Potenzial haben, die wichtigsten Konflikte im Palmölsektor zu überwinden (d. h. „Land-Tenure“-Konflikte, Ertragsunterschiede zwischen großen und kleinen Produzenten und CO₂-Schulden). Diese Initiativen verfolgen drei Hauptziele:

- ▶ (1) Verfeinerung und Harmonisierung von Nachhaltigkeitsvorschriften, -standards und -instrumenten;
- ▶ (2) Geschäftsmodelle umsetzen, die die Produktivität steigern und gleichzeitig die Herausforderungen der Einbeziehung von Kleinbauern überwinden und
- ▶ (3) Interventionen entlang der Wertschöpfungskette müssen mit territorialen Perspektiven in Einklang gebracht werden, indem Ansätze der Rechtsprechung gewählt werden. Diese Ansätze finden zunehmend Beachtung und werden zunehmend von Provinz-Gouverneuren koordiniert und von NGOs unterstützt, die tendenziell als Vermittler fungieren.

5.4.1.4 Anforderungen aus SDG 15 für den Palmölanbau

Vor allem der Schutz von Wäldern und nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern (SDG 15.2) sowie der Schutz von Böden (SDG 15.3) und der Schutz der biologischen Vielfalt (SDG 15.5.) stellen wichtige Anforderungen an Indonesiens Palmölsektor. Die Umwandlung von Waldflächen in industrielle Ölpalmenplantagen ist eine der Hauptursachen der Entwaldung in Indonesien. Indonesien ist weltweit das Land mit dem zweithöchsten Waldverlust (nach Brasilien). Zwischen 1990 und 2015 büßte der Inselstaat fast ein Viertel seiner Waldfläche ein, über 27,5 Millionen Hektar, mit negativen Auswirkungen auf Biodiversität (WWF 2018). Die Palmölproduktion weist eine Reihe von Zielkonflikten mit sowohl SDG 2 als auch SDG 15 auf. Der offensichtlichste Zielkonflikt und negativer Nebeneffekt der Palmölproduktion ist, dass der Anbau in Ländern wie Indonesien und Malaysia ein wesentlicher Treiber der Abholzung der Regenwälder ist (WWF 2018, Li 2018, Oosterveer 2015), und damit in direktem Konflikt steht mit SDG 15.1 (Erhaltung,

Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung der Land- und Binnensüßwasser-Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen) und 15.2 (nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern).

Ölpalmenanbau hat negative Konsequenzen für Bodenqualität in Indonesien, mit negativen Auswirkungen nicht nur auf Böden, sondern auch auf das globale Klima. Werden zum Beispiel die kohlenstoffreichen Moore und Torfwälder Indonesiens in Ölpalmenplantagen umgewandelt, um Biokraftstoffe zu produzieren, könnte der daraus produzierte Biokraftstoff den Kohlenstoffverlust und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen erst in über 400 Jahren wieder ausgleichen (WWF 2018). Dadurch entstehen weitere Zielkonflikte mit SDG 15.3 (Bodenschutz) und Bioökonomie-Ziel 9 (Klimaschutz).

Sumatra, insbesondere die Provinz Riau, ist das Zentrum der indonesischen Palmölherstellung. In der Provinz Riau gibt es über 200 Palmölmühlen und riesige Ölpalmenplantagen haben die natürlichen Wälder ersetzt. Entlang der Flüsse und Küsten finden sich einige der weltgrößten Palmölraffinerien. Bis 2014 verlor Sumatra mit 13,9 Millionen Hektar über die Hälfte seiner natürlichen Wälder. Nur 11,5 Millionen Hektar Naturwald ist in stark fragmentierten Blöcken erhalten geblieben und bedeckt noch ein Viertel der Inselfläche (WWF 2018).

Der immense Waldverlust in Indonesien ist nicht nur auf die Palmölindustrie zurückzuführen, sondern auch auf die Zellstoff- und Papierindustrie. Dabei handelt es sich häufig um multinationale Konzerne, die beide Geschäftszweige unter ihrem Dach vereinen und deren Aktivitäten zum Zwecke der Gewinnoptimierung miteinander verknüpfen. Tochtergesellschaften schlagen das Holz ein und beliefern die konzerneigenen Zellstoff- und Papierfabriken, während die Erlöse aus dem Holzverkauf als Anschubfinanzierung für die Anlage von Ölpalmplantagen genutzt werden (WWF 2018).

5.4.1.5 Palmöl-Zertifizierung und Waldschutz

Im Hinblick auf die kurz- und langfristige Nachhaltigkeit der Waldressourcen sind nach Expertenmeinung "Zero-Deforestation"-Ansätze von internationalen Großunternehmen und der bisherige RSPO-Ansatz höchstwahrscheinlich nicht ausreichend, um eine breitere Wirkung zu erzielen, aufgrund von mangelnder Transparenz und Rückverfolgbarkeit, selektiver Übernahme und Marginalisierung von Kleinbauern (Lambin et al. 2018). Bisher ist es nicht gelungen, eindeutige Zertifikate über die ökologische und soziale Nachhaltigkeit des Palmöls sowie volle Transparenz und Rückverfolgbarkeit in den Lieferketten zu schaffen. Für nachhaltiges Management der Palmöl Wertschöpfungsketten sind politische Maßnahmen erforderlich, zusätzlich zu privaten Nachhaltigkeitsstandards. Politik ist vor allem gefragt, um die illegale Akquirierung und Nutzung von Land zu verhindern (Purnomo et al. 2018). Alternativen für nachhaltiges Palmöl erfordern außerdem eine andere ökonomische Entwicklungsstrategie, bei der die Lebensgrundlagen von Kleinbäuerinnen und Kleinbauern sowie weitere Aspekte der Nachhaltigkeit im Mittelpunkt stehen und nicht Wachstum, Investitionen und Profite von Konzernen (Pye 2019).

In der Entwicklungszusammenarbeit können integrierte Ansätze angewandt und gefördert werden, die die miteinander verbundenen Probleme der Kohlenstoffemissionen, der Entwaldung und der Armut verbinden. Um die Verbindung zwischen der Expansion von Ölpalmplantagen und der Entwaldung in Erzeugerländern aufzulösen, können Lösungen darin bestehen, Palmöl auf degradiertem Land zu pflanzen, anstatt dafür Waldflächen zu konvertieren (Robinson und Purnomo 2019). So sollte nur bereits nachweislich degradiertes Land zur Anlage neuer Ölpalmplantagen umgewandelt werden. Das Forum für Nachhaltiges Palmöl empfiehlt außerdem keine Neuanlage von Ölpalmplantagen auf Torfmoorböden und Untersuchungen von bestehenden Palmölplantagen mit möglichem Stopp der Bewirtschaftung (FONAP 2019).

Als weitere Alternativen zeichnen sich **Ansätze der Rechtsprechung auf Landschaftsebene (engl. jurisdictional approaches on landscape level)** ab, die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, lokalen Regierungen, Gemeinden und anderen Stakeholdergruppen erfordern. Diese Ansätze verlangen von internationalen Konzernen – zumindest im theoretischen Ansatz – mehr Verantwortung ‚vor Ort‘ zu übernehmen und plantagenübergreifend Entwaldung in einer gesamten Region zu verringern, nicht nur in einer einzigen Lieferkette. Dieser Ansatz beinhaltet nicht nur das Ziel, Entwaldung zu vermeiden, sondern ermöglicht weiterhin soziale und wirtschaftliche Eingliederung von Gemeinden (EDF 2020). Jedoch verändert auch dieser Ansatz die bestehenden Machtstrukturen in den globalen Palmöl Wertschöpfungsketten nicht grundlegend und international agierende Unternehmen sollten grundsätzlich in noch größerem Umfang Verantwortung übernehmen.

Dies kann z.B. durch verstärkte Zusammenarbeit internationaler und nationaler Organisation erreicht werden, die Kleinbäuerinnen und Kleinbauern und lokale NGOs mit nachhaltigen Palmölbaumethoden unterstützen, z.B. durch sogenannte **FAIR ‘company-community’ Partnerschaften**.⁸³ Das FAIR-Partnerschaftsmodell geht nicht über die Zertifizierung durch den RSPO hinaus, sondern setzt zu einem früheren Zeitpunkt an, wenn Unternehmen und Gemeinden zum ersten Mal Beziehungen aufbauen. FAIR-Partnerschaften sind besonders relevant in Situationen, in denen die Regeln des Engagements zwischen Unternehmen und Gemeinden über einen langen Zeitraum festgelegt werden. Viele der sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Entscheidungen, die in diesem frühen Stadium der Planung getroffen werden, sind entscheidend für die Organisation von Unternehmens-Community-Beziehungen und für die Nachhaltigkeit des Ölpalm-anbaus (Verburg 2014).

Das FAIR-Partnerschaftsmodell basiert auf der Grundlage von vier Prinzipien:

- ▶ **Wahlfreiheit** (engl. freedom of choice): Das Prinzip der Wahlfreiheit betrifft das Wissen und die Fähigkeit von Unternehmen und Gemeinden, Entscheidungen auf der Grundlage von Einverständniserklärungen zu treffen. Dies erfordert vor allem ein gegenseitiges Verständnis der jeweiligen Bestrebungen und Anliegen.
- ▶ **Rechenschaftspflichten** (engl. accountability): Um die Rechte - einschließlich der Rechte von Frauen und Minderheiten - zu respektieren und kontinuierliche Verbesserungen zu erzielen, müssen die Regeln für das Engagement in einer FAIR-Partnerschaft die Aspekte Transparenz und gegenseitige Verantwortung beinhalten. Die konsequente Umsetzung von Rechenschaftspflichten erfordert eine interne Abstimmung innerhalb von Unternehmen und Gemeinden. Die Rechenschaftspflicht erfordert wirksame Mechanismen, um Beschwerden einzureichen und Streitigkeiten zu lösen.
- ▶ **Verbesserung** (engl. Improvement): Das Verbesserungsprinzip wird als treibende Kraft in FAIR-Partnerschaften angesehen, um kontinuierlich eine gemeinsame Wertschöpfung zwischen einem Unternehmen und den Gemeinden zu schaffen. Die Wertschöpfung sollte in Bezug auf gesunde Geschäftsbeziehungen und klimafreundliche, landeffiziente und armutsorientierte Auswirkungen definiert werden.
- ▶ **Achtung der Rechte** (engl. respect for rights): FAIR-Partnerschaften respektieren die gesetzlichen und üblichen Grundbesitzrechte, die Rechte der Arbeitnehmer, Menschenrechte sowie die Rechte indigener Völker. Unternehmen und Gemeinden, die den Anbau von Ölpalmen planen und durchführen, sollten auch die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen

⁸³ Siehe Oxfam Palmöl-Projekte für konkrete Anwendungen der FAIR Prinzipien: <https://www.oxfamnovib.nl/donors-partners/about-oxfam/projects-and-programs/fair-company-community-partnerships>

auf die lokale Ernährungssicherheit beachten. Weiterhin müssen Auswirkungen auf diejenigen Gemeindemitglieder berücksichtigt werden, die den Ölpalmanbau nicht in ihre Strategien für den Lebensunterhalt integrieren.

Palmöl-Handelspolitiken in Deutschland und der EU im Kontext von SDG 2.B und 2.C

Das Beispiel Palmöl zeigt die Wichtigkeit und Schwierigkeit, Handelspolitiken nachhaltig zu gestalten, um entwaldungsfreie Lieferketten zu schaffen und die Produktion und den Handel von nachhaltigem Palmöl zu unterstützen. Palmöl wird in Deutschland und der EU immer häufiger zur Herstellung von Biodiesel genutzt. Mehr als die Hälfte des nach Deutschland importierten Palmöls (d.h. knapp 560.000 Tonnen) wurde 2017 für die Produktion von Biodiesel eingesetzt (FONAP, 2018). Die Substitution „fossil durch biogen“ mittels Palmöl hat nachgewiesenermaßen negative Auswirkungen auf den Schutz von tropischen Wäldern in den Anbauregionen von Palmöl, vor allem in Indonesien, Malaysia und Kolumbien (Schoneveld et al. 2019). Nach einem rückläufigen Trend bis zum Jahr 2015 war die Nutzung von Palmöl im Jahr 2016 und 2017 wieder gestiegen. In Deutschland stieg der Anteil von Palmöl als Ausgangsstoff für alle Biokraftstoffarten von 10,5 Prozent auf 14,5 Prozent, ein Zuwachs um 41 Prozent.

Insgesamt müssen Strategien erarbeitet werden, die aufzeigen, wie die Nachfrage nach Kraftstoffen im Transportsektor und damit die Nachfrage und Verbrauch von Palmöl für Biodiesel insgesamt reduziert werden kann, zum Beispiel durch nachhaltigen Konsum und Suffizienz-Ansätze in Deutschland und der EU⁸⁴. Dies impliziert auch Änderungen der derzeitigen Importpolitiken. Der Plan der EU-Kommission ist es, Biokraftstoffe (einschließlich solcher auf Palmölbasis) mit hohen indirekten Umweltrisiken zurückdrängen. Diese Art von Biosprit soll nur noch begrenzt auf die nationalen Ziele der EU-Staaten für erneuerbare Energien angerechnet werden können. Damit würde Palmöl im Verkehrssektor nicht länger über die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU gefördert. Es ist geplant, die Beimischung von Palmöl in Dieselmotoren ab 2023 schrittweise zu reduzieren und bis 2030 zu beenden. Die EU-Staaten dürfen Biokraftstoffe mit indirekten Klimarisiken zwar weiter nutzen oder importieren, aber nicht mehr auf ihre Zielsetzungen im Bereich erneuerbarer Energien anrechnen.

Am Beispiel dieser Importpolitiken für Palmöl zeigen sich auch die Komplexität und potenziellen Zielkonflikte zwischen verschiedenen SDG-Unterzielen auf. So würde die geplante EU-weite Importreduzierung von Palmöl, das zur Abholzung von Regenwaldflächen beigetragen hat, zwar möglicherweise helfen, die SDG-Unterziele 15.1, 15.2 und 15.5 zu erreichen, stünde aber zumindest formal in Konflikt mit den Zielen SDG 2.b (Verhinderung von Handelsbeschränkungen) und 2.c. (funktionierende Märkte). Die Entscheidung der EU führte bereits zu intensiven diplomatischen Auseinandersetzungen zwischen Europa und Südostasien sowie Lobby-Kampagnen der Palmölindustrie (Sandler Clarke, 2019). Auch die Zielkonflikte zwischen Bioökonomie-Ziel 7 (fossil zu biogen) und den SDG-Unterzielen 2.1 (Hunger beenden), 2.2 (Mangelernährung beenden) und 2.3 (Einkommen Kleinproduzierender erhöhen) werden am Beispiel Palmöl offensichtlich.

5.4.2 Länderfallstudie 2: Kolumbien – Zuckerrohrproduktion

5.4.2.1 Übersicht zur Bioökonomie in Kolumbien – Narrative, nationale Politiken und Hauptakteure

Kolumbien hat derzeit keine offizielle Bioökonomie-Politik. Das Konzept der Bioökonomie wurde jedoch in die Mitte 2018 veröffentlichte „Politik für Grünes Wachstum“ aufgenommen

⁸⁴ Siehe hierzu auch die im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens erarbeiteten Handlungsempfehlungen (vgl. Kapitel 6).

und erhielt so große Relevanz (siehe GGGI 2020). Das offizielle Narrativ, das für den kolumbianischen Bioökonomie-Ansatz definiert wurde, konzentriert sich auf die Nutzung der anerkannten „Mega-Biodiversität“ des Landes zur Entwicklung biobasierter Produkte und bioinnovativer Unternehmen in sechs priorisierten Sektoren, darunter Gesundheit, Kosmetik, Pharmazie, verarbeitete Lebensmittel, Chemie und Landwirtschaft mit einem starken Schwerpunkt auf Biotechnologie (Biointropic 2018). Neben der Bioökonomie umfasst die aktuelle „Politik für Grünes Wachstum“ auch die Forstwirtschaft und erneuerbare Energiequellen (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018b).

Die sechs priorisierten Sektoren wurden mittels des vom kolumbianischen Nationalbüro für Planung (*Departamento de Planeación Nacional, DNP*) in den Jahren 2017 und 2018 eingeführten Programms „Mission Grünes Wachstum“ (*Misión de Crecimiento Verde*) identifiziert. Als Teil der Politikempfehlungen zum Thema Bioökonomie wurde die Agrarwirtschaft als die wichtigste dieser Sektoren genannt. In dieser Hinsicht gibt es weitere Strategien, die vom Ministerium für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung (*Min Agricultura*) schon umgesetzt wurden; dazu gehören die „Mission zur Transformation des kolumbianischen Landes“ (*Misión para la Transformación del Campo Colombiano* 2015) und die „Kolumbien-sät-Strategie“ (*Estrategia Colombia Siembra* 2018). Dadurch wurde bis 2017 die Agrarfläche Kolumbiens um mehr als eine Million Hektar vergrößert. Im Rahmen dieser Initiativen ist eine erhebliche Steigerung der Soja-, Mais-, Reis-, Palmöl-, und Kakaoanbauflächen für das kommende Jahrzehnt geplant (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2016). Die Regierung setzt in ihrem aktuellen Vierjahresplan 2018-2022 einen Schwerpunkt auf die Erhöhung der Produktivität durch technische Modernisierung („Smart Farming“) in der Landwirtschaft, mit dem Ziel - nach dem Vorbild Argentiniens und Brasiliens - Agrarindustrie in großem Stil zu betreiben (Schuh 2019).

Ein alternativer Bioökonomie-Ansatz ist das Programm „Colombia BIO“, welches von Colciencias (*Administrative Department of Science, Technology and Innovation*) etabliert wurde. Dieses hat zum Ziel, durch Forschungsarbeiten in ausgewählten Regionen Strategien zu entwickeln, die aufzeigen, wie die biologischen Ressourcen Kolumbiens nachhaltig genutzt werden können. In diesem Zusammenhang sind auch das kolumbianische Umweltministerium (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*) und das Alexander-von-Humboldt-Institut als relevante Akteure eingebunden (López Hernández und Schanz 2019), welche die Aspekte Biodiversität und Ökosystemleistungen als Teil der Bioökonomie adressieren.

Es ergeben sich verschiedene Zielkonflikte aus dem für eine kolumbianische Bioökonomie definierten nationalen Ansatz, vor allem hinsichtlich biologischer Vielfalt, die als entscheidender Wettbewerbsvorteil des Landes angesehen wird. Kolumbiens „Politik für Grünes Wachstum“ zielt darauf, die Bioökonomie zu fördern, indem sie durch insgesamt 100 Expeditionen bis zum Jahr 2030 Wissen über die biologische Vielfalt in abgelegenen Gebieten des Landes generiert, was zur Entwicklung von 500 neuen bioökonomisch relevanten, biobasierten Produkten bis zum selben Jahr führen soll (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018b).

Die kolumbianische Strategie zur Umsetzung der Nachhaltigen Entwicklungsziele der Vereinten Nationen (SDGs) wird durch das im März 2018 eingeleitete Strategiepapier CONPES 3918⁸⁵ unterstützt, in dem 16 nationale Ziele für jedes SDG festgelegt sind. Darüber hinaus wurde eine überinstitutionelle SDG-Kommission mit 30 Vertreterinnen und Vertretern von Ministerien und nationalen Agenturen eingesetzt, die die Umsetzung koordinieren sowie den Fortschritt überwachen (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018a). Das Umweltprogramm der

⁸⁵ Siehe hierzu <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>

Vereinten Nationen (UNDP) ist ebenfalls ein wichtiger Akteur bei der Förderung und Umsetzung dieses Prozesses für Kolumbien.

Allerdings konzentrieren sich die nationalen SDG-Diskussionen in Bezug auf die Bioökonomie fast ausschließlich auf die potenziellen Beiträge prioritärer Sektoren, wie Landwirtschaft, Viehwirtschaft und Lebensmittelindustrie. Eine Auseinandersetzung mit Zielkonflikten zwischen nationalen und internationalen Agenden fehlt bisher sowohl in den offiziellen Politikdokumenten als auch in den bisherigen öffentlichen Diskussionen.

Der jüngste Nationale Entwicklungsplan 2018-2022, der Anfang 2019 veröffentlicht wurde und als Fahrplan für die laufende Regierungsperiode dient, soll prioritär auf elf ausgewählte SDGs abgestimmt sein (DNP 2019). Es ist dabei bemerkenswert, dass die Themen von SDG 12 bis 15, die besonders starke Bezüge zur Bioökonomie aufweisen, von anderen Politikbereichen behandelt werden müssen. Diese Tatsache stützt Behauptungen über mangelnde institutionelle Koordination, politische Fragmentierung sowie institutionelle Instabilität als die wichtigsten aktuellen Herausforderungen für die Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie in Kolumbien (CEPAL 2018).

5.4.2.2 Bioökonomie in Kolumbien am Beispiel von Zuckerrohr

In diesem Abschnitt wird der Zuckerrohrsektor im Kontext der nationalen Bioökonomie-Politik beschrieben und hinsichtlich der Wechselwirkungen zu den fokussierten SDGs 2 und 15 beleuchtet.

Zuckerrohr ist eines der wichtigsten landwirtschaftlichen Produkte der kolumbianischen Agrarwirtschaft. Neben dem Export von Kaffee, Blumen, Palmöl und Bananen gehören die mit der Zuckerrohr-Wertschöpfungskette verbundenen Aktivitäten zu den fünf wichtigsten Exporterlösen für die Volkswirtschaft (DNP 2015). In den letzten 40 Jahren haben sich die Zuckerrohrplantagen erheblich ausgedehnt auf eine Gesamtfläche von über 243.000 Hektar im Jahr 2017 (Vélez-Torres et al. 2019)⁸⁶, konzentriert auf die südwestlichen Provinzen des Landes, in denen der Zuckerrohranbau die landwirtschaftliche Produktion vollständig dominiert. Zuckerrohr nimmt ca. 3 Prozent der Gesamtanbaufläche Kolumbiens (7,1 Mio. Hektar) ein.

Das kolumbianische Zuckerrohr-Cluster verfügt derzeit über 14 Zuckerfabriken⁸⁷ und 6 Bioethanolanlagen mit einer Kapazität von 456 Millionen Liter Ethanol pro Jahr aus Zuckerrohr (Villanueva-Mejía 2018). Dazu gehören ein Forschungs- und Innovationszentrum für Zuckerrohr sowie Unternehmen aus den Bereichen Papier, Transport und Zuckerchemie. Deshalb wird dieses Cluster oft als modernes Oligopol bezeichnet⁸⁸, welches durch Verbände wie die „Sugar Cane Growers Association“ (Asocaña) und die „Colombian Association of Sugar Cane Produces and Suppliers“ (Procaña) mit starkem politischem Einfluss vertreten ist.

Heute ist Kolumbien zweitgrößter Ethanolproduzent Lateinamerikas (Aramendis und Castaño 2019) und Nummer 14 in der globalen Zuckerproduktion (USDA 2018). Im Jahr 2018 produzierte dieser Sektor 2,3 Millionen Tonnen Zucker und exportierte davon über 745.000 Tonnen (Asocaña 2018). Die kolumbianische Zuckerrohrindustrie zählt mit 17 Tonnen Zucker pro Hektar zu den effizientesten der Welt (Rueda Ordoñez et al. 2018). Aus der Zuckerproduktion resultierend erzeugt diese Industrie die größten Mengen an Biomasse-Reststoffen im Land, rund 20

⁸⁶ Kolumbiens kontinentale Fläche macht 111,5 Millionen Hektar (1,141,748 km²) aus.

⁸⁷ Nur etwa 5 Prozent der derzeitigen Anbaufläche ist nach Bonsucro, dem internationalen Nachhaltigkeitsstandard für diese Branche, zertifiziert.

⁸⁸ Dies liegt daran, dass viele Unternehmen dieses Clusters ganz oder teilweise im Besitz der Ardila Lülle Gruppe sind, einem der wichtigsten Kapitalgeber des Landes, dessen Kapital sich auf die Bereiche Finanzen, Medien, Textilien und alkoholfreie Getränke erstreckt (Pérez Rincón und Álvarez 2010).

Millionen Tonnen pro Jahr (Tecnia 2017). Vor diesem Hintergrund hat das Zuckerrohr-Cluster Technologieentwicklungen zur effizienten Nutzung seiner Nebenprodukte wie Bagasse, Vinasse und gereinigter Rohrsaft als Input für die Produktion von Bioethanol, Papier, Düngemitteln sowie Wärmeenergie und Strom vorangetrieben und implementiert.

Mit fast 60 Millionen Hektar Primärwald, die mehr als die Hälfte des kolumbianischen Territoriums bedecken, hat dieses Land nach Brasilien und Peru den drittgrößten Anteil an der Waldfläche Südamerikas. Jedoch allein 2017 verlor das Land rund 220.000 Hektar an Wald, 2018 waren es 198.000 Hektar (Volckhausen 2019). Die Haupttreiber dieser Entwaldung sind nicht nur Landnutzungsänderung durch Zuckerrohr-, Palmöl- und Kokaanbau, sondern auch illegaler Holzeinschlag, Viehzucht, und Bergbau (Nepstad et al. 2013).

Der Zuckerrohranbau in Kolumbien hat erhebliche negative ökologische Auswirkungen. Landwirtschaftliche Praktiken, wie das Abbrennen der Zuckerrohrfelder vor der Ernte (engl. pre-harvest cane burning) mit der Absicht, die Produktivität im manuellen Ernteprozess zu steigern, sind nach wie vor weit verbreitet. Im Jahr 2017 wurde diese Methode noch auf etwa einem Drittel der Anbauflächen in der Region (Asocaña 2018) angewendet, mit der Folge von Luftverschmutzung und negativer Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit in der Region (Dávalos Álvarez 2007; Pérez Rincón und Álvarez 2010).

Die landwirtschaftliche Expansion einschließlich Zuckerrohr hat einen Verlust von 1.120.000 Hektar Feuchtgebietsökosystemen verursacht (Jaramillo Villa et al. 2015). Diese Ergebnisse zeigen, dass sich die für die landwirtschaftliche Expansion in der Region Orinoquía vorgesehenen Flächen mit Gebieten überschneiden, in denen sich viele der kolumbianischen Feuchtgebiete befinden, deren Schutz von strategischer Wichtigkeit für SDG 15 ist.

Der hohe Wasserbedarf der Zuckerrohrplantagen ist aus Nachhaltigkeitssicht ein weiterer kritischer Faktor. Roa-García und Brown (2015) beschreiben Konflikte um die Wasserverteilung, die aufgrund des Zuckerrohranbaus entstanden sind. Derzeit sind Zuckerfabriken, die sowohl Zuckerrohr anbauen als auch es in Ethanol verarbeiten, die Inhaber der größten Anzahl von Wasserkonzessionen. Diese oligopolartige Verteilung der Bewässerungsrechte, teilweise auf Kosten des Wasserzugangs der lokalen Bevölkerung, zeigt bei diesem Agrarrohstoff deutlich die Widersprüche hinsichtlich Verteilungsgerechtigkeit auf (Environmental Justice Atlas 2014).

5.4.2.3 Anforderungen aus SDG 2 für den Zuckerrohranbau

Der politisch intendierte Bedeutungszuwachs der Agrarwirtschaft (v.a. Zuckerrohr, Palmöl, Kakao, Kaffee, Biokraftstoffe) für die kolumbianischen Exportwirtschaft und die damit verbundene Ausdehnung der Agrarflächen, die Intensivierung der Landwirtschaft, die negativen Wirkungen auf Biodiversität und Boden- und Klimaschutz sind als Hauptherausforderung im Kontext von SDG 2 und Bioökonomie zu sehen. Trotz der wirtschaftlichen Relevanz des Zuckerrohr-Clusters ist der Ausbau der Zuckerrohrproduktion mit einer Reihe von sozialen und ökologischen Auswirkungen verbunden.

In Kolumbien wurde der Aufbau der Zuckerrohrindustrie durch Biokraftstoffsubventionen ausgelöst (Guereña und Burgos 2014). Die Nachfrage nach neuen Flächen für Zuckerrohr-Monokulturen hat zu einer raschen Veränderung der Landnutzungsmuster und Agrarstrukturen geführt, die gleichzeitig den Zugang zu Land und die Lebensgrundlagen von Kleinerzeugern in der Region beeinträchtigt haben. Laut OXFAM weist Kolumbien eine sehr hohe Ungleichheit bei der Landverteilung auf: 1 Prozent der größten Landbesitzer nehmen 81 Prozent der Produktionsfläche ein (Guereña 2017). Ungleiche Landverteilung sind sowohl die Ursache als auch das Ergebnis eines langjährigen bewaffneten Konflikts im Land und ist heute eine der größten Herausforderungen für faire und nachhaltige Agrar- und Ernährungssysteme (SDG 2.4). Dies ist in Bezug

auf SDG 2 besonders relevant, da Anbauflächen, die in Kolumbien für den Agrarexport bestimmt sind, 75 Prozent der gesamten Agrarfläche belegen. Als Folge wurden Kulturen (z.B. Hülsenfrüchte, Getreide und Gemüse) verdrängt, die in erster Linie für Lebensmittelzwecke vorgesehen sind. Diese einseitige Allokation der Agrarnutzfläche auf Biokraftstoffe bietet keine guten Zukunftsperspektiven für eine nachhaltige Ausrichtung der Bioökonomie in Kolumbien.

Die Ausweitung des Zuckerrohranbaus in Kolumbien für die Bioethanolproduktion hat erheblichen Einfluss auf lokale traditionelle landwirtschaftliche Praktiken und verursacht Zielkonflikte mit SDG 2.3 (Verdopplung von Produktivität und Einkommen kleiner Nahrungsmittelproduzenten) und 2.4 (Sicherstellen der Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion). Dadurch haben sich Ernährungssouveränität und Lebensqualität der ländlichen Bevölkerung verschlechtert (Ávila Díaz und Carvajal Escobar 2015). Nach Angaben internationaler NGOs wurden traditionelle Anbaupraktiken durch die Ausweitung der Monokulturen in der Region bedroht, indem die Verwendung von Zuckerrohr als primäre Nahrungs- und Einkommensquelle für viele Einheimische verdrängt wurde (GRAIN 2009).

5.4.2.4 Anforderungen aus SDG 15 für den Zuckerrohranbau

Die Ausweitung der Zuckerrohr-Monokulturen kann negativ auf die Bodenqualität und die Vielfalt der Bodenfauna in den Anbaugebieten wirken (SDG 15.3), da die Mechanisierung und Intensivierung der Zuckerrohrproduktion an die Verwendung von Agrochemikalien gekoppelt ist (Heinrich-Böll-Stiftung et al. 2015, Perea-Morera und Otero 2016, FAO und ITPS 2015, Kouamé et al. 2017). Zudem sind mögliche Synergien und Zielkonflikte zwischen Bodenschutz, Ernährungssicherheit und Klimaschutz zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf mögliche Synergien zum Thema Klimaschutz hat das kolumbianische Ministerium für Umwelt und nachhaltige Entwicklung 2017 damit begonnen, Emissionsstandards für das Zuckerrohr-Cluster festzulegen. Damit wurde die Grenze für die Treibhausgasemissionen der kolumbianischen Bioethanolproduktion auf maximal 780 kg CO₂eq pro Kubikmeter Ethanol festgelegt; deren Einhaltung soll schrittweise bis 2021 erreicht werden.

Gemäß dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) ist Kolumbien eines der "megadiversen" Länder der Welt, das fast 10 Prozent der biologischen Vielfalt des Planeten beherbergt (CBD 2019). Die sich aus dem Zuckerrohranbau ergebenden Zielkonflikte zwischen Bioökonomie-Ziel 7 (fossil zu biogen) und dem Schutz der Biodiversität als ein besonders wichtiger Aspekt von SDG 15, müssen daher genauer betrachtet werden. So geht die Expansion landwirtschaftlicher Nutzflächen oftmals zu Lasten von Feuchtgebieten (Jaramillo Villa et al. 2015).

Ein weiterer Zielkonflikt mit SDG 15 Unterzielen ergibt sich aus den kolumbianischen Politikstrategien zum Thema Bioökonomie. Diese betonen eine Nutzung der biologischen Vielfalt als entscheidenden Wettbewerbsvorteil des Landes. Im Rahmen der „Politik für Grünes Wachstum“ sollen insgesamt 100 Expeditionen bis zum Jahr 2030 Wissen über die biologische Vielfalt in abgelegenen Gebieten des Landes zusammentragen, was zur Entwicklung von 500 neuen bioökonomisch relevanten biobasierten Produkten bis zum selben Zeithorizont führen soll (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018b). Insbesondere mit Blick auf den Zugang und die gerechte Verteilung von diesen genetischen Ressourcen (SDG 15.6) haben Akteure aus dem Wissenschaftsbereich Bedenken erhoben, die sich auf die Auswirkungen der Nutzung neuer Arten sowie die Verteilung der sich aus diesen Produkten ergebenden Vorteile (z.B. Patente) beziehen (siehe hierzu Kap. 5.3.1.1).

5.4.3 Länderfallstudie Südafrika – Biotechnologie

5.4.3.1 Übersicht zur Bioökonomie in Südafrika – Narrative, nationale Politiken und Hauptakteure

Im Jahr 2014 hat die südafrikanische Regierung eine Bioökonomie-Strategie eingeführt, um die Bioinnovation als Schlüsselinstrument für das Erreichen von sozio-ökonomischen Entwicklungszielen zu positionieren, und ist daher auch für die SDG-Umsetzung relevant. Die neue Bioökonomie-Strategie ersetzt die frühere seit 2001 geltende nationale Biotechnologiestrategie und fokussiert auf Technologien mit hoher Wertschöpfung, wie Pharmazie und Biotechnologie. Die Bioökonomie-Narrative in Südafrika sind auf den Beitrag zur Wirtschaftsentwicklung des Landes fokussiert. Die Regierung geht davon aus, dass bis 2030 die Bioökonomie einen signifikanten Beitrag zur Wirtschaft des Landes in Bezug auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) leistet. Dies soll durch die Schaffung und das Wachstum neuartiger Branchen erreicht werden, vor allem durch die Entwicklung biobasierter Dienstleistungen, Produkte und Innovationen (Department of Science and Technology 2013). Weiterhin wird mit der Strategie die Entwicklung einer nachhaltigen Landwirtschaft angestrebt, wobei „nachhaltig“ nicht genauer definiert ist. Auch das nachhaltige Umweltmanagement wird als Bereich der industriellen Bioökonomie gesehen. Die Bioökonomie soll auch zu einer nachhaltigen industriellen Entwicklung durch Reduzierung des Wasserverbrauchs und des Energieverbrauchs beitragen. In der Strategie sind folgende Sektoren adressiert: Landwirtschaft, Gesundheit, Industrie sowie andere Umweltsektoren (Energie, Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Treibhausgasemissionen). Diskutiert werden insbesondere Verwertungsmöglichkeiten von landwirtschaftlichen Abfällen, etwa in der Obst-Produktion (Khan et al. 2015).

In der Strategie wird die Erörterung ethischer Fragen im Zusammenhang mit der Biotechnologie vorgeschlagen, konkrete Maßnahmen sind jedoch nicht genannt. Die CRISPR/Cas9- und Genom-Editing-Technologien sind in der Strategie zwar nicht explizit erwähnt, jedoch erforschen südafrikanische Wissenschaftler aktiv den Einsatz der CRISPR/Cas9-Technologie im menschlichen Gesundheitsbereich und im Agrobiotechnologiebereich (Pillay and Thaldar 2018). Beide Sektoren sind Prioritäten in der südafrikanischen Bioökonomie-Strategie. In Bezug auf GMOs ist in der Bioökonomie-Strategie folgendes enthalten: „Südafrika sollte ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Anerkennung der potenziellen Vorteile der Biotechnologie und der Gewährleistung einer ethisch einwandfreien Forschung herstellen. Dies erfordert eine ständige Weiterentwicklung der ethischen und regulatorischen Rahmenbedingungen.“ (Department of Science and Technology, Republic of South Africa 2013, S. 21). Es laufen diverse Forschungsprogramme, Initiativen und Plattformen zur Förderung der Gentechnischen Forschung (ebd., S. 39).

Im Jahr 2015 führte die südafrikanische Agentur für den Fortschritt von Wissenschaft und Technologie (South African Agency for Science and Technology Advancement, SASTA) eine repräsentative Umfrage über die öffentliche Wahrnehmung der Biotechnologie durch. Im Unterschied zu den Europäern sind die Südafrikaner positiver in Bezug auf die gesundheitlichen Auswirkungen von gentechnisch veränderten Lebensmitteln eingestellt und auch weniger kritisch gegenüber ihren Umweltauswirkungen (Gastrow et al. 2018). Das Ziel der Umfrage war es, geeignete Beteiligungsformate für die Einbeziehung der Öffentlichkeit zu identifizieren, um mehr Bewusstsein für die Biotechnologie zu schaffen. (ebd.) Die Bioökonomie-Strategie (2013) beinhaltet auch Maßnahmen zur Unterstützung von Öffentlichkeitsarbeit. Die Entwicklung von integrierten Bio-raffinerien sowie die Produktion von Biokraftstoffen der zweiten Generation (aus den Bereichen Non-Food-Lignin und Cellulose aus holzbasierter Biomasse und Zuckerbagasse) anstelle von Biokraftstoffen der ersten Generation (aus einfachen, essbaren Kohlenhydraten wie Zucker und Stärke) wird in der Strategie vorgesehen.

Südafrikas Bioökonomie-Strategie wurde vom Department of Science and Technology verabschiedet. Die Umsetzung und das Monitoring der Strategie wird von einer Departments-übergreifende Stakeholder-Gruppe begleitet, die sehr breit aufgestellt ist.

5.4.3.2 SDG-Implementierung in Südafrika

Die Koordinierung und Implementierung der SDGs in Südafrika wird von dem Department of Planning, Monitoring and Evaluation (DPME) geführt. Das DPME ist mit dem Design, der Fertigstellung und Umsetzung des National Development Plan (NDP) für Südafrika beauftragt. In den NDP werden langfristige Entwicklungsverläufe mit einbezogen, unter anderem ein Makroplan für sozioökonomische Prioritäten und auch die SDGs. Eine wichtige Aufgabe ist es, Kohärenz zwischen dem nationalen Entwicklungsplan und der Agenda 2030 zu fördern. In der derzeitigen Implementierungsphase wurde die Anpassung der SDG an South Africa's Medium Term Strategic Framework (MTSF 2014-2019) und Ermittlung von SDG Indikatoren vorgenommen. DPME arbeitet mit Statistics South Africa zusammen, um Datenquellen abzugleichen und zu koordinieren und den Datenbedarf und die Datenqualität für die Berichterstattung über das Medium-Term Strategic Framework (MTSF) und -ziele zu bestimmen. Das MTSF ist der strategische Plan der Regierung für die Wahlperiode 2014-2019. Es spiegelt die im Wahlmanifest der Regierungspartei eingegangenen Verpflichtungen wider, einschließlich der Verpflichtung zur Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans. Das MTSF legt fest, welche Maßnahmen die Regierung ergreifen wird und welche Ziele erreicht werden sollen. Es bietet auch einen Rahmen für die anderen Pläne der nationalen, regionalen und lokalen Regierung. Weiterhin gibt es den South African SDG Hub⁸⁹, der die Umsetzung der Ziele für nachhaltige Entwicklung unterstützt indem er den Zugang zu Wissensressourcen ermöglicht, politische Ratschläge erteilt, den Dialog fördert und Kapazitäten aufbaut.

Der South African SDG Hub publizierte die bisher einzige umfangreiche Studie zur SDG-Implementierung in Südafrika (Fourie, 2018). Der Studie zufolge scheint es derzeit keine explizite Verknüpfung zwischen SDGs, dem NDP und der südafrikanischen Biotechnologie- und Bioökonomie-Strategie zu geben. Der Bericht hebt hervor, dass trotz des Engagements der Beteiligten hinsichtlich einer Angleichung des NDP und der SDGs weiterhin die Notwendigkeit besteht, die verschiedenen Sektoren der Wirtschaft und entsprechende Politikmaßnahmen und Strategien weiter zu integrieren.

Die Statistikbehörde Südafrikas (Statistics South Africa, Stats SA) hat 2017 in einem Monitoringbericht den Status der SDG-Umsetzung zusammengestellt. In diesem Bericht werden 98 der 156 SDG-Indikatoren, welche über Standards und eine Methode verfügen, erfasst. Hinsichtlich der Ernährungssicherheit wurde zwischen 2005 und 2008 eine Verbesserung erzielt, während die Häufigkeit des so genannten „Stunting“ (Mangelernährungsbedingte kleine Körpergröße) zwischen 2008 und 2016 zunahm. Die Aussagekräftigkeit des Reports bezüglich Landnutzung oder Biomasseproduktion ist jedoch sehr begrenzt. Dargestellt wurden unter SDG 15 (Leben an Land) etwa der Anteil verschiedener Landnutzungen von der Landesfläche – weitestgehend ohne Zeitreihen – oder der Anteil von Entwicklungshilfe, die in Naturschutzmaßnahmen fließt. Erwähnenswert ist weiterhin der südafrikanische „SDG-Hub“, bei dem eine Sammlung von SDG-relevanter Daten für politische Institutionen und die Regierung analysiert und aufbereitet wird. Unterhalten wird die Plattform durch das Albert Luthuli Centre for Responsible Leadership der Universität Pretoria, welches sich im Department of Business Management befindet. Zu finden sind auf dieser akademischen Plattform verschiedene Papers, auch mit Bezug auf GMOs, Landwirtschaft oder Bodenqualität.

⁸⁹ <http://sasdghub.org/about/>

5.4.3.3 Bioökonomie in Südafrika am Beispiel der Biotechnologie

Im Jahr 2014 hat die südafrikanische Regierung eine Bioökonomie-Strategie eingeführt, um die Bioinnovation als Schlüsselinstrument für das Erreichen von sozio-ökonomischen Entwicklungszielen zu positionieren. Die neue Bioökonomie-Strategie ersetzt die frühere seit 2001 geltende nationale Biotechnologiestrategie.

Südafrika ist derzeit führend in der landwirtschaftlichen Biotech-Industrie auf dem afrikanischen Kontinent. In den letzten 15 Jahren wurden genetisch veränderte Nutzpflanzen kommerziell angebaut (Mayet 2019). Mehr als 80 Prozent des Mais und Soja sind bereits gentechnisch verändert, ebenfalls wird viel Bt-Baumwolle⁹⁰ angebaut. Die Einführung von Biotech-Pflanzen in der Landwirtschaft begann in Südafrika im Jahr 1997 und der Anbau dieser Pflanzen wurde seitdem ausgeweitet. Der wirtschaftliche Gewinn Südafrikas aus dem Anbau genetisch veränderter Pflanzen wird zwischen 1998 und 2015 auf insgesamt ca. 2,1 Milliarden US-Dollar geschätzt (Gakpo 2018). Südafrika ist auch einer der wichtigsten Exporteure von Nahrungsmitteln des afrikanischen Kontinents. Länder, wie etwa Sudan, Nigeria, Kenia und Tansania, haben begonnen, die Erfahrungen Südafrikas zu replizieren, so werden seit 2015 auch im Sudan, in Nigeria und in Äthiopien genetisch veränderte Nutzpflanzen kultiviert. Die Regierungen von Swasiland und Malawi haben vor Kurzem ebenfalls den Anbau von gentechnisch veränderter Baumwolle zugelassen (Mayet 2019).

Es bestehen jedoch eine Reihe von Problemen in der Anwendung von genetisch veränderten Organismen in der südafrikanischen Landwirtschaft. So gibt es in Südafrika für gentechnische Technologien der ersten Generation keine zuverlässigen und funktionierenden Biosicherheitssysteme. Die Freisetzung von neuen Gene-Drive-Organismen stellt zudem ein hohes Risiko für die Biodiversität dar. Die zugrundeliegenden Technologien sind bisher nicht einsatzbereit, trotzdem gab es bereits abgestimmte Aktionen, um Gene Drives als Lösungen für Probleme wie Malaria oder Ernährungssicherheit zu fördern und die Anwendung vorzubereiten (Mayet 2019).

Ein weiteres Beispiel ist der gentechnisch veränderte Mais „MON 810“ von Monsanto. Die südafrikanischen Behörden verweigerten dieser Maissorte nach umfangreichen Feldversuchen auf Basis der existierenden Biosicherheitsgesetzgebung, die Südafrika als Vertragsstaat des Cartagena-Protokolls erlassen hat, im Oktober 2018 die Zulassung. Die Feldversuche legten für die südafrikanischen Behörden eindeutig dar, dass die Behauptungen betreffend der per Gentechnik erzeugten Trockenheitsresistenz nicht akkurat waren (Tanzmann 2019).

Südafrika kooperiert eng mit Ländern der OECD im Bereich der Biotechnologie und Anwendungen in der Landwirtschaft. Als Mitglied einer Task Force ist Südafrika an der Entwicklung von biotechnologischen Anwendungen für eine breite Palette von Lebensmitteln und Futtermitteln von weltweitem Interesse beteiligt, einschließlich Maniok, Süßkartoffel, Papaya, Zuckerrohr, Sorghum und Bohnen (OECD 2018).

Auch die neue CRISPR/Cas9-Technologie wirkt sich auf eine ganze Reihe von ethischen und rechtlichen Aspekten in Südafrika aus. Das Land steht vor Herausforderungen in den Bereichen Patentierung, und größere rechtliche Klarheit in Bezug auf die Regulierung dieser neuen Technologie ist erforderlich. Insbesondere ist zu klären, ob CRISPR/Cas9 in den Geltungsbereich der bestehenden Biotechnologie-Gesetze fällt oder nicht.

⁹⁰ Bt Baumwolle - gentechnisch veränderte Baumwolle, in die Gene des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* übertragen worden sind. Das Ziel ist eine verbesserte Kontrolle von Baumwollschadinsekten.

5.4.3.4 Anforderungen aus SDG 2 an den Biotechnologie-Einsatz

Es ergeben sich Anforderungen aus verschiedenen Unterzielen, z.B. SDG 2.5 in Bezug auf Erhalt der genetischen Vielfalt von Nutzpflanzen und Patentierung. Im November 2018 war in der Südafrikanischen Patentdatenbank bisher nur ein CRISPR-Patent erteilt worden und zwar einem Schweizer Unternehmen namens „CRISPR Therapeutics“. Eine weitere Patentanmeldung, die vom Massachusetts Institute of Technology, dem Broad Institute und der University of Iowa eingereicht wurde, wurde zwar akzeptiert, aber noch nicht erteilt. Weitere zwölf Patentanmeldungen verschiedener Institute oder Unternehmen in den USA sind beim südafrikanischen Patentamt (SAPO) eingegangen und warten auf eine Entscheidung (Pillay and Thaldar, 2018). Dies zeigt, dass vor allem Forschungseinrichtungen in den USA und Europa in der südafrikanischen CRISPR/Cas9-Forschung aktiv sind. Allerdings wird auch ersichtlich, dass diese Entwicklungen voraussichtlich nicht den Anforderungen der fairen Verteilung und Nutzung genetischer Ressourcen entsprechen, die sich aus SDG 2.5 (Bewahrung der genetischen Vielfalt) und 15.6 (ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen) ergeben. Es entstehen möglicherweise auch neue Abhängigkeitsverhältnisse zwischen kleinen landwirtschaftlichen Betrieben und den Patentinhabern, ein möglicher Zielkonflikt mit SDG 2.3 (Verdopplung der Produktivität und Einkommen von kleinen Nahrungsmittelproduzenten).

5.4.3.5 Anforderungen aus SDG 15 an den Biotechnologie-Einsatz

Die CRISPR/Cas9-Forschung und deren mögliche Anwendungen in Südafrika fokussiert nicht nur auf Nahrungsmittel, sondern auch auf Holz in Anbetracht der wachsenden Nachfrage in der biobasierten Wirtschaft. Außerdem besteht eine wachsende Nachfrage nach chemischer Cellulose und anderen Holzprodukten. Durch Fortschritte in molekularen Züchtungstechniken erhofft man sich schnellere Wachstumsraten und dadurch höhere Erträge zu erzielen (z. B. Maloney et al. 2019). Die bereits in den Abschnitten 5.3.5.5 und 5.3.7.2 identifizierten Risiken und unbeabsichtigte negative Auswirkungen auf biologische Vielfalt und Ökosysteme, die sich durch Anwendungen von Biotechnologien potenziell ergeben, sind auch für diese Technologien in der südafrikanischen Forstwirtschaft höchst relevant.

5.4.4 Schlussfolgerungen aus den Fallstudien

Die illustrierenden Beispiele aus Indonesien, Kolumbien und Südafrika zeigen, dass deren nationale Bioökonomie-Strategien, nationale SDG-Implementierungsstrategien und die entsprechenden Akteure in der Politik in diesen drei Ländern bisher nicht mit- und aufeinander abgestimmt sind. Die derzeitigen Bioökonomie-Strategien dieser Länder sind auf Modernisierung, biotechnologische Entwicklung, Ertragsteigerungen in der Landwirtschaft und Nutzung von genetischen Ressourcen aus Biodiversität-Hotspots fokussiert und stark auf Intensivierung von landwirtschaftlichen Produkten (wie etwa Palmöl, Zuckerrohr) und neue biotechnologische Methoden, ausgerichtet. Sie bergen erhöhte Risiken vor allem für den Schutz und die nachhaltige Nutzung von Wäldern (SDG 15.1, 15.2), den Schutz von Böden (SDG 15.3) und den Erhalt der Biodiversität (SDG 15.5 und 15.9). In den Bioökonomie-Strategien für landwirtschaftliche Sektoren werden resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden (SDG 2.4) und der Erhalt der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG 2.5) bisher stark vernachlässigt. Basierend auf den Fallstudien können folgende Antworten zu den übergreifenden Fragestellungen für die drei Länderfallstudien gegeben werden:

Wie verhalten sich die nationalen Bioökonomie-Strategien und SDG Strategien zu einander?

- Obwohl auf dem Papier die Bioökonomie-Strategien auf Nachhaltigkeit ausgerichtet sind, erfüllen diese nicht die Anforderungen aus SDG 2 und SDG 15. Es bestehen bisher keine direkten oder expliziten Verbindungen zwischen den Nachhaltigkeitsstrategien und den

nationalen Bioökonomie-Strategien. Um den Nachhaltigkeitsanforderungen der Agenda 2030 zu genügen, müssen die Bioökonomie-Strategien ganz konkret in den Kontext der Agenda 2030 eingebettet sein. Dies gilt nicht nur für die drei betrachteten Länder Indonesien, Kolumbien und Südafrika, sondern voraussichtlich auch für die meisten anderen Länder mit Bioökonomie-Strategien.

Wie kann eine nachhaltige Bioökonomie helfen, die bestehenden Nachhaltigkeitsprobleme in den Bereichen Palmöl, Zuckerrohr und Biotechnologie in den drei Ländern zu adressieren?

- ▶ Eine nachhaltige Bioökonomie kann helfen, die bestehenden Konflikte in diesen Bereichen zu lösen. Die in Kapitel 5.3 identifizierten Lösungsansätze sind hierfür relevant. Für Palmöl bedeutet dies verstärkte Zusammenarbeit internationaler und nationaler Organisationen, die kleinbäuerliche Landwirtschaft und lokale NGOs mit nachhaltigen Palmölbaumethoden zu unterstützen, z.B. durch sogenannte Landschafts-Ansätze oder die FAIR 'company-community' Partnerschaften.⁹¹ Ziel ist die Etablierung einer verantwortungsvoll agierenden Lieferkette, in der die Produktion von Palmöl nicht mehr mit der Zerstörung von Wäldern und Torfmooren einhergeht, welche Vertreibung und Ausbeutung von lokalen Gemeinschaften und Arbeiterinnen zur Folge hat.
- ▶ Sowohl für Kolumbien als auch Südafrika sind die Nutzung neuer Arten sowie die Verteilung der Vorteile (z.B. Patente), die sich daraus ergeben, relevant. Es ist notwendig, dass aus lokalen Biodiversitätsressourcen Produkte mit hoher Wertschöpfung entwickelt werden, insbesondere für pharmazeutische oder kosmetische Anwendungen, deren positive sozio-ökonomischen Effekte der einheimischen Bevölkerung in den Regionen zugutekommt. Es muss verhindert werden, dass Kleinbäuerinnen und Kleinbauern in Abhängigkeitsverhältnisse von Konzernen mit Patentrechten geraten, sondern einen gerechten Anteil an den wirtschaftlichen Vorteilen aus lokalen Biodiversitätsressourcen erhalten.

Wie können die deutsche und europäische Entwicklungskooperation nachhaltige Bioökonomie-Ansätze unterstützen?

- ▶ Stärkeres nationales und internationales Engagement der deutschen und europäischen Entwicklungskooperation ist notwendig, um Produktketten und die Bioökonomie nachhaltiger zu gestalten. Durch Entwicklungskooperation können verstärkt die unter Kapitel 5.3 identifizierten Lösungsansätze für nachhaltige Bioökonomie angewandt und umgesetzt werden. Internationale Kooperation im Bereich Forschung und Entwicklung der Biotechnologien muss eine nachhaltige Bioökonomie unterstützen, durch verbindliche ex ante Risikoabschätzungen und Verhinderung von ungeplanten Risiken auf ökologische Systeme schon bei der Projektkonzeption.

5.5 Ansatzpunkte für Empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie

Im Folgenden werden die wichtigsten Ansätze und Bedarfe für übergeordnete Handlungsempfehlungen zusammengeführt, die sich aus den Anforderungen von SDG 2 und 15 für eine nachhaltige Bioökonomie ergeben.

- ▶ Es besteht eine Reihe von Zielkonflikten und Schwachpunkten in derzeitigen nationalen Bioökonomie-Strategien. Obwohl diese zumindest auf dem Papier auf Nachhaltigkeit ausgerichtet sind, gibt es eine Reihe von Widersprüchen zwischen bestehenden Bioökonomie-

⁹¹ Siehe Oxfam Palmöl Projekte für konkrete Anwendungen der FAIR Prinzipien: <https://www.oxfamnovib.nl/donors-partners/about-oxfam/projects-and-programs/fair-company-community-partnerships>

Strategien und der globalen Agenda 2030. **Die derzeitigen Bioökonomie-Strategien werden den Anforderungen aus SDG 2 und SDG 15 nicht gerecht. Nationale Bioökonomie-Strategien sind in den meisten Fällen nicht mit den globalen Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 vereinbar.** Es besteht daher die Notwendigkeit, die Koordination zwischen nationalen Akteuren und Institutionen, die zu Bioökonomie und den SDGs arbeiten, zu verbessern und Politikmaßnahmen abzustimmen.

- ▶ **Der problematischste Punkt der Bioökonomie ist der mit einer wachsenden Bioökonomie verbundene zusätzliche Bedarf an Biomasse.** Ein mengenmäßiger 1:1 Austausch und Wechsel der Rohstoffbasis und Substitution fossiler durch biogene Rohstoffe wird in Anbetracht der heute schon überlasteten Ökosysteme nicht funktionieren. Demnach wäre das Bioökonomie-Ziel 7 (Wechsel der Rohstoffbasis von fossilen zu biogenen Quellen) und das Erreichen der Ziele von SDG 15 nur durch massive Einschränkungen des Ressourcenverbrauchs, Schutz von Ökosystemen und Umsetzung von SDG 12 (nachhaltiger Konsum) überhaupt im breiteren Stil machbar.
- ▶ Das Bioökonomie-Ziel 6 (Sicherstellung der globalen Ernährungssicherheit) findet bisher zu wenig Beachtung in nationalen Bioökonomie-Strategien und -narrativen. Bisherige Narrative fokussieren ausschließlich auf Steigerung der Produktion von Nahrungsmitteln zur Erreichung dieses wichtigen Ziels. Es ist stattdessen notwendig, Ernährungssicherheit und -souveränität zu priorisieren. Insbesondere müssen Verteilungsfragen adressiert werden, lokale Produzierende und lokale Märkte gestärkt werden und Maßnahmen zur Reduzierung des Konsums, vor allem Reduzierung von Fleisch und anderen tierischen Produkten in Konsumgesellschaften, umgesetzt werden. Eine Fokussierung auf nachhaltige und langfristige Ernährungssicherheit und -souveränität kann Synergien zwischen Bioökonomie-Zielen und den SDGs schaffen und Zielkonflikte vermeiden.
- ▶ Das Bioökonomie-Ziel 1 (Wirtschaftswachstum in EU und Deutschland) und das damit verbundene Narrativ, dass die Bioökonomie eine wichtige Säule des zukünftigen Wirtschaftswachstums sein kann, muss ebenfalls hinterfragt werden. Eine ökologisch nachhaltige und sozial gerechte Bioökonomie, die die Anforderungen aus SDG 2 und SDG 15 erfüllt und nicht auf fossilen Rohstoffen basiert, erfordert eine Verlangsamung des Rohstoffdurchsatzes und Verringerung ökonomischer Wachstumsraten. Für eine ökologisch nachhaltige Bioökonomie ist stattdessen ein Paradigmenwechsel von quantitativen zum qualitativen Wachstum notwendig.
- ▶ **Weitere problematische Entwicklungen in den bestehenden Bioökonomie-Strategien** sind die Patentierung und Kommerzialisierung von biologischen und genetischen Ressourcen, der Fokus auf hochtechnisierte digitale Maßnahmen in der Landwirtschaft, um Produktionssteigerungen zu erzielen oder die frühzeitigen Anwendungen von biotechnologischen Innovationen ohne erforderliche Risikoabschätzungen mit potenziellen ungeplanten negativen Auswirkungen auf Ökosysteme. Eine verantwortungsvolle Umsetzung unter Anwendung des Vorsorgeprinzips muss in den deutschen und europäischen Bioökonomie-Strategien daher stärker betont werden. Darüber hinaus ist die **Anwendung anderer wichtiger Grundprinzipien des Umweltrechts (z.B. des Verursacherprinzips) notwendig**, um potenzielle Risiken neuer gentechnischer Verfahren zu reduzieren und mögliche negative Auswirkungen auf Ökosysteme und Umwelt zu verhindern.
- ▶ Die Bioökonomie weist allerdings auch eine Reihe von positiven Aspekten auf, die zur Erreichung der SDGs beitragen können. Es gibt eine Vielzahl von bereits entwickelten und erprobten Ansätzen und Lösungen für nachhaltige Landwirtschaft und Biodiversitätsschutz, die in

der Bioökonomie Anwendungen finden müssen, um die Nachhaltigkeitsanforderungen der SDGs 2 und 15 zu erfüllen:

- Zu nennen sind hier im Kontext von SDG 2 (Hunger beenden) insbesondere die Förderung von ganzheitlichen Modellen für nachhaltige Landnutzung und für eine Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion, einschließlich Agrarökologie, des ökologischen Landbaus und innovativer Ansätze wie Hydrokulturen und Aquaponics. Diese sind gleichermaßen anwendbar in Ländern des Globalen Südens wie in Ländern des Globalen Nordens, einschließlich Deutschland. Weiterhin relevant sind Commons-basierte Samenbanken, durch die faire Verteilung von genetischen Ressourcen ermöglicht werden.
 - Im Kontext von SDG 15 (Leben an Land) sind die Umsetzung von Konzepten der Kaskadennutzung von Biomasse, Agrarökologie, ein nachhaltiges Management von Wäldern, Agrarforstwirtschaft oder das Zusammenführen von traditionellem Biodiversitätswissen und moderner Wissenschaft zu nennen. Auch einzelne technologische Entwicklungen (z.B. DNA Barcoding und DNA-Sequenzierungsmethoden zum Schutz von Ökosystemen und Biodiversität) und digitale Anwendungen in der Landwirtschaft (z.B. Remote-Sensing-Anwendungen und Sensorik) können positive Resultate für die Nachhaltigkeitsziele SDG 2 und SDG 15 erzielen (siehe hierzu Kap. 3.2.4, 3.5 und 3.7.1).
- Für Deutschland, Europa und andere Konsumgesellschaften in den Ländern des Globalen Nordens ist das SDG 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion) ein wichtiges Ziel, um die Bioökonomie nachhaltig zu gestalten und das Erreichen der Ziele SDG 2 und SDG 15 in den Ländern des Globalen Südens zu ermöglichen. Eine nachhaltige Bioökonomie erfordert vor allem Maßnahmen zur Reduzierung des Konsums tierischer Produkte (Fleisch- und Milchprodukte) in Deutschland, Europa und Industriegesellschaften.

Um die spezifischen Anforderungen aus den verschiedenen Unterzielen für eine nachhaltige Bioökonomie zu erfüllen, werden folgende detaillierte Lösungsansätze vorgeschlagen:

- Hunger beenden (SDG 2.1) und Mangelernährung beenden (SDG 2.2):
- Für das Erreichen der SDG-Unterziele 2.1 und 2.2 ist nicht nur eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion notwendig. Das Ziel der globalen Ernährungssicherheit und Ernährungssouveränität durch gerechte Verteilung von Nahrungsmitteln, Förderung lokaler Märkte und Schutz kleiner landwirtschaftlicher Betriebe muss stärker in den Vordergrund von Bioökonomie-Strategien rücken (siehe Kapitel 5.3.1.2). Um die Unterziele SDG 2.1 und SDG 2.2 zu erreichen ist es notwendig, in Deutschland und Europa die tierproduktlastige Ernährung stark zu reduzieren.
 - Innovationen im Bereich In-vitro-Fleisch und pflanzen-basiertes Fleisch als alternative Proteinquellen können die Nahrungsmittelproduktion nachhaltiger gestalten, da diese Ansätze ohne bzw. mit einem deutlich reduzierten Futtermittelbedarf auskommen. Pflanzenbasiertes Fleisch ist vor allem für die Länder und Konsumenten des Globalen Nordens **als Brückentechnologie für die Umstellung auf eine pflanzenbasierte Ernährung für die Masse von Konsumenten wichtig**, da hier nicht-nachhaltige hohe Mengen an Fleisch konsumiert werden.
- Resiliente und nachhaltige landwirtschaftliche Methoden (SDG 2.3 und SDG 2.4):
- Unter Einbeziehungen von agrarökologischen Prinzipien und sozialen Aspekten ist eine *ökologische* Intensivierungsstrategie ein vielversprechender Ansatz (siehe Kapitel 5.3.2.5). Dadurch wären nicht nur positive Beiträge für SDG 2.4 möglich, sondern

auch Synergien mit weiteren SDG-Unterzielen, wie etwa 15.3 (Bodenschutz) und SDG 15.5 und 15.9 (Biodiversitätsschutz), und Bioökonomie-Zielen wie etwa Bioökonomie-Ziel 2 (Schaffung von Arbeitsplätzen), 6 (Ernährungssicherheit) und 9 (Klimaschutz). Bioökonomie-Strategien sollten die Potenziale der ökologischen Intensivierung erkennen und aktiv als strategischen Ansatz unterstützen.

- Maßnahmen zu einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft, in der ganzheitliche Ansätze wie Agrarökologie ihre bestehenden Potenziale erreichen kann, erfordert auf EU-Ebene vor allem Reformen der sogenannten ersten Säule der GAP und Förderung durch die zweite Säule (siehe hierzu Kapitel 5.3.2.5). Weiterhin müssen die bestehenden handelspolitischen Regulierungen und GAP-Subventionen der EU reformiert werden. Für eine nachhaltige Bioökonomie benötigt die EU eine nachhaltige und global verantwortliche Landwirtschafts- und Handelspolitik (Kapitel 5.3.4.1).
- ▶ Erhalt der genetischen Vielfalt von Samen und Nutzpflanzen (SDG 2.5) und fairer Zugang zu (genetischen) Ressourcen (SDG 15.6):
 - Um nationale Bioökonomie-Strategien nachhaltiger auszugestalten, ist es unbedingt notwendig, die Beachtung regionaler und internationaler Regelungen für die Bewirtschaftung und Verteilung genetischer Ressourcen zu integrieren. Vor allem die Beachtung der Prinzipien des Nagoya-Protokoll und der Mechanismen für Access Benefit Sharing (ABS) sind unverzichtbar (siehe hierzu Kapitel 5.3.3.1).
 - Um den Anforderungen aus den SDG 2.5 und 15.6 gerecht zu werden, müssen Bioökonomie-Strategien ein breiteres Spektrum der biologischen Vielfalt für Forschung und Entwicklung öffnen, basierend auf den Grundsätzen einer gerechten Aufteilung des Nutzens und der Einhaltung der Ziele des Übereinkommens für Biologische Vielfalt (CBD) sowie von Menschenrechten und Ethik.
 - Die kommerzielle Patentierung, die Unternehmen Exklusivität für auf Biodiversität basierende biotechnologische Innovationen bietet, ist höchst problematisch. Alternative Innovationsmodelle, wie Open-Source- und Commons-Modelle, sind erforderlich, um die biologische Vielfalt für Forschung zu öffnen, die aktuelle und vernachlässigte Bereiche der menschlichen Bedürfnisse anspricht (siehe Kapitel 5.3.2.2).
- ▶ Korrektur von Handelsbeschränkungen und -verzerrungen, Schaffung stabiler Märkte und Beseitigung von Agrarexportsüventionen (SDG 2.B und SDB 2.C):
 - Für Politikkohärenz zwischen den SDG Zielen 2 und 15, der europäischen Bioökonomie-Strategie und EU-Handelspolitik sind weitere Reformen der GAP notwendig. Die europäische Politik muss dafür sorgen, dass die GAP und ihre aktuelle Reform nicht dazu führt, neue Verlierer in Ländern des Globalen Südens zu schaffen, und somit SDG-Ziele wie das der Ernährungssicherheit zu gefährden.
 - In Bezug auf internationale Handelsbeziehungen führt starkes Wirtschaftswachstum (Bioökonomie-Ziel 1) im Globalen Norden dazu, dass zunehmend Produkte importiert werden (z.B. Palmöl), die massiven Flächendruck auf Regionen des Globalen Südens ausüben (siehe Kapitel 5.4.1). Deshalb sind Maßnahmen notwendig, welche die Anreize der EU-Handelspolitik so anpassen, dass eine nachhaltige landwirtschaftliche Praxis (engl. „Good Agricultural Practice“) im europäischen, aber auch internationalen Kontext umgesetzt wird.

- Die Europäische Union, Deutschland und andere Industrienationen müssen ihre nationalen Bioökonomie-Strategien, Handelspolitik und Klimaschutzpolitik in Einklang bringen, um das Erreichen von SDG 2 und 15 zu gewährleisten. Auf Klimaschutzmaßnahmen, die in anderen Erdteilen den Ausstoß von Treibhausgasen vergrößern und Biodiversität beeinträchtigen, wie etwa die Beimischung nicht nachhaltiger Biokraftstoffe aus Palmöl, muss verzichtet werden.
 - Es besteht die Möglichkeit, in den derzeitigen Verhandlungen der EU mit den Mercosur-Ländern Argentinien, Brasilien, Paraguay und Uruguay, die über 30 Prozent der weltweiten Nettoexporte von Nahrungsmitteln ausmachen, Nachhaltigkeitskriterien für landwirtschaftliche Produkte und Biomasse zu verankern. **Im Kontext des EU-Mercosur Abkommen sollte vor allem der geplante gegenseitige Handel von tierischen Produkten mit hohem CO₂-Fußabdruck verringert werden** (siehe Kapitel 5.3.4.2).
- ▶ Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wäldern (SDG 15.1 und 15.2):
- **Bioökonomie-Strategien müssen konkrete Maßnahmen zum Schutz der Wälder und zur Bekämpfung der Entwaldung enthalten, um zur Erreichung von SDG 15.1 und 15.2 beizutragen.** Dies würde auch die Finanzierung von Wiederaufforstungsbemühungen und Investitionen in regionale und kommunale Natur- und Waldschutzprojekte beinhalten, zum Beispiel im Kontext der von der Bundesregierung ins Leben gerufenen „Bonn Challenge“ (siehe Kapitel 5.3.5.1).
 - **Die Agrarforstwirtschaft ist ein vielversprechender Ansatz, um Synergien zwischen Klimaschutz, nachhaltiger Forst- und Landwirtschaft und Schutz von Wald-Ökosystemen zu schaffen.** Im europäischen Kontext fehlt bisher eine angemessene Politik zur Förderung der Agrarforstwirtschaft, was Änderungen der bestehenden Regelungen der GAP erfordert.
- ▶ Schutz von Böden und Bekämpfung der Desertifizierung (15.3):
- **Zum Schutz von Böden ist eine nationale und eine europäische Bodenschutzregelung notwendig,** basierend auf einer konsequenten Definition von Bodenrechten im internationalen Kontext. Institutionell sollten dafür die Gestaltungsprinzipien für gemeinsame Pool-Ressourcen berücksichtigt werden. Probleme mit Eigentumsrechten an Böden bestehen sowohl in Deutschland als auch in der EU. In Ländern des Globalen Südens spielt die Problematik des „Land-Grabbing“ eine zentrale Rolle beim Bodenschutz, daher sind dringend neue Politik-Instrumente notwendig, die Land-Grabbing verhindern (siehe Kapitel 5.3.6).
- ▶ Erhalt von Biodiversität und Schutz bedrohter Arten (15.5 und 15.9):
- Um einen zielgerichteten Beitrag der Bioökonomie für den Biodiversitätsschutz zu erreichen, ist es notwendig, die Ausweisung sowie räumliche Vernetzung von Naturschutzgebieten weltweit zu unterstützen. **Wichtige Naturschutzgebiete und Biodiversitäts-„Hotspots“ dürfen nicht als Ressourcenbasis für Bioökonomie zur Verfügung stehen.**
 - Der Schutz der Biodiversität ist notwendig, um eine nachhaltige zukünftige Ernährungssicherheit zu garantieren. Synergien zwischen Ernährungssicherheit und SDG 15.5 können durch Bioökonomie-Strategien geschaffen werden, die als Priorität biologische Vielfalt schützen und Ökosystemleistungen erhalten.

5.6 Literaturverzeichnis

- Abood, S. A.; Lee, J. S. H.; Burivalova, Z.; Garcia-Ulloa, J.; Koh, L. P. (2015): Relative Contributions of the Logging, Fiber, Oil Palm, and Mining Industries to Forest Loss in Indonesia. In: *Conservation Letters* 8 (1), pp. 58–67. DOI: 10.1111/conl.12103
- Alrifai, O. und Marcone, M. (2019): Human Use of Insects as Food – Food Security. *Comprehensive Biotechnology*, 3rd edition, Volume 4, 618-629.
- Adenle, A.; Sowe, S.; Parayil, G.; Aginam, O. (2012): Analysis of open source biotechnology in developing countries: An emerging framework for sustainable agriculture. *Technology in Society*, Volume 34, Issue 3, 256-269
- Altieri, M.A. (1995): *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. CRC Press.
- Andersen, R. (2006): *Governing Agrobiodiversity: Plant Genetics and Developing Countries*. Routledge, London. <https://doi.org/10.4324/9781315585536>
- Anthony, V. und Ferroni, M. (2018): Agricultural biotechnology and smallholder farmers in developing countries. *Current Opinion in Biotechnology* 23:278–285.
- Aramendis, R. und Castaño, A. (2019): Bioeconomía en Colombia. In: Hodson de Jaramillo, E. et al. (Hg.): *La bioeconomía. Nuevo marco pa- ra el crecimiento sostenible en América Latina*. Bogotá D.C, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, S. 81–101.
- Asocaña (2018): *Aspectos Generales del Sector Agroindustrial de la Caña 2017-2018*. In-forme Anual. Cali, Colombia.
- Austin, K. G.; Mosnier, A.; Pirker, J.; McCallum, I.; Fritz, S.; Kasibhatla, P. S. (2017): Shifting patterns of oil palm driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments (*Land Use Policy* (69) 41-48), 2017
- Ávila Díaz, Á. und Carvajal Escobar, Y. (2015): Agrocombustibles y soberanía alimentaria en Colombia. In: *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 24 (1), S. 43–60
- Babu, S. und Debnath, D. (2019): Bioenergy economy, food security, and development. *Biofuels, Bioenergy and Food Security*, Chapter 1, Pages 3-22.
- Barnes, A.; Soto, I.; Eory, V.; Beck, B.; Balafoutis, A.; Sánchez, B.; Vangeyte, J.; Fountas, S.; van der Walf, T.; Gómez-Barbero, M. (2019): Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross T regional study of EU farmers. *Land Use Policy* 80, 163–174
- Batáry, P.; Gallé, R.; Riesch, F.; Fischer, C.; Dormann, C.; Mußhoff, O.; Császár, P.; Fusaro, S.; Gayer, C.; Happe, A.; Kurucz, K.; Molnár, D.; Rösch, V.; Wietzke, A.; Tschardtke, T.; (2017): The former Iron Curtain still drives biodiversity–profit trade-offs in German agriculture, *Nature Ecology & Evolution* 1, S. 1279–1284.
- Bauer-Panskus, A.; Bohn, T.; Cotter, J.; Hilbeck, A.; Millstone, E.; Then, C.; Wallace, H.; Wynne, B. (2020): Zusammenfassender Abschlussbericht des Projektes RAGES, 2016-2019. Herausgegeben von ENSSER (<https://ensser.org>), GeneWatch UK (www.genewatch.org) und Testbiotech, online verfügbar unter <https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Zusammenfassender%20Abschlussbericht%20des%20Projektes%20RAGES.pdf> (zuletzt geprüft am 12. März 2020).
- Ben-Dor, E.; Taylor, R. G.; Hill, J.; Dematte, J. A. M.; Whiting, M. L.; Chabrilat, S.; Sommer, S. (2008): Imaging spectrometry for soil applications. *Advances in Agronomy*, 97, 321.
- Berners-Lee, M., Kennelly, C., Watson, R. and Hewitt, C.N. (2018): Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elem Sci Anth*, 6(1), p.52. DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.310>
- Berthelot, J. (2018): The truth about the European Union's food deficit and the dumping of its food exports linked to its domestic subsidies. https://www.wto.org/english/forums_e/ngo_e/03_1_the_truth_about_the_european_union_food_deficit_and_the_dumping_impact_of_its_domestic_subsidies_june_26_2018.pdf
- Biointropic (2018): *Estudio sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia. Priorización de los sectores estratégicos de Bioeconomía para Colombia*. No. 1240667, Fase I. Unter Mitarbeit von Claudia Marcela Betancur, Diego Moñux Cheroles, Gustavo Canavire B., Diego F. Villanueva-Mejía, José García G, Libia María Renaza et al. Biointropic; SILO; Universidad EAFIT.
- Bioökonomierat (2018): *Boden im Fokus der Forscher*. Nachrichten 27.02.2018. Verfügbar online unter <https://biooekonomie.de/nachrichten/boden-im-fokus-der-forscher>
- Birkenstock, M., und Röder, N. (2018): *Gestaltung und Umsetzung der Gemeinsamen EU-Agrarpolitik ab 2021 – Übersicht über die politischen Debatten*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-12-13_texte_108-2018_eu-agrarpolitik-2021.pdf (zuletzt geprüft am 23. März 2020).

- Blesh, J., Hoey, L., Jones, A., Friedmann, H., Perfecto, I. (2019): Development pathways toward “zero hunger”. *World Development* 118, 1–14.
- BMEL (2018): *Agrarexporte verstehen: Fakten und Hintergründe*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn.
- BMEL (2019): *Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2018*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn.
- Böll Agrar-Atlas (2019): *Agrar-Atlas 2019. Daten und Fakten zur EU Landwirtschaft*. Heinrich Böll Stiftung. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland und Le Monde Diplomatie, Berlin.
- BÖLW (2019): Bio-Markt in Deutschland legt 2018 um 5,5 % zu. Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft. Verfügbar online unter <https://www.boelw.de/themen/zahlen-fakten/handel/artikel/umsatz-bio-2018/>
- BÖLW (2020): Branchenreport 2020 Ökologische Lebensmittelwirtschaft. Verfügbar online unter https://www.boelw.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Zahlen_und_Fakten/Brosch%C3%BCre_2020/B%C3%96LW_Branchenreport_2020_web.pdf
- Boone, L., Roldán-Ruiz, I., Van linden, V., Muylle, H., Dewulf, J. (2019): Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment. *Science of the Total Environment* 695, 133841
- Brandi, C. (2017): Handel und Umweltschutz – Chancen und Risiken. Discussion Paper 27/2017 Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. Bonn.
- Brüntrup, M. (2017): Wir ruinieren nicht Afrikas Bauern. *Welt-Sichten*, 21. April 2017 <https://www.welt-sichten.org/artikel/32706/wir-ruinieren-nicht-afrikas-bauern>
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2020): *Agroforstwirtschaft – ökonomisch und ökologisch vielversprechend*. Verfügbar online unter: <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/forst/agroforstwirtschaft/>
- Bureau, J., Swinnen, J. (2018): EU policies and global food security. *Global Food Security* 16, 106–115.
- Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barrek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J. (2018): *Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment*, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869
- Cantore, N., Page, S., Willem te Velde, D. (2011): *Making the EU's Common Agricultural Policy coherent with development goals*. ODI Briefing Paper 69. Overseas Development Institute, London.
- CBD Sekretariat (2018): Synthesis of Views and Information on the Potential Implications of the Use of Digital Sequence Information on Genetic Resources for the Three Objectives of the Convention and the Objective of the Nagoya Protocol (CBD/DSI/AHTEG/2018/1/2). Montreal
- CBD (2019): Colombia - Country Profile. Convention on Biological Diversity. Online verfügbar unter <https://www.cbd.int/countries/profile/default.shtml?country=co>, zuletzt geprüft am 20.05.2019.
- CBD/SYNBIO/AHTEG/2019/1/3 (2019): Report of the ad hoc technical expert group on synthetic biology of the UN Convention of Biological Diversity, Montreal, Kanada.
- CEPAL (2018): Bioeconomía en América Latina y el Caribe, 2018. Memoria del seminario regional realizado en Santiago, los días 24 y 25 de enero de 2018. Hg. v. Adrián G. Rodríguez. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)- UN. Santiago de Chile, Chile (Seminarios y Conferencias).
- Chappell, J. und Bernhart, A. (2018): *Agrarökologie – ein Weg zu nachhaltigen Ernährungssystemen*. Misereor, Bonn.
- Christina, B. (2019): Indonesia launches B30 biodiesel to cut costs, boost palm oil. Reuters, 23. Dezember 2019. Online verfügbar unter <https://www.reuters.com/article/us-indonesia-biodiesel/indonesia-launches-b30-biodiesel-to-cut-costs-boost-palm-oil-idUSKBN1YR0D2> (zuletzt geprüft am 12 Jan 2020).
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (2018a): Documento CONPES 3918. Es-trategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Co-lombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Bogotá D.C, Colombia.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (2018b): Documento CONPES 3937. Política de Crecimiento Verde. Bogotá D.C, Colombia, 10.06.2018.
- Cook, S.; Silici, L.; Adolph, B.; Walker, S. (2015): Sustainable intensification revisited. IIED Issue Paper. IIED, London.
- Corlett, R. (2017): A Bigger Toolbox: Biotechnology in Biodiversity Conservation. *Trends in Biotechnology*, Vol. 35, No. 1. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.06.009>

- Crop Trust (o.D.): Crop Diversity: Why it matters. Crop Trust, online verfügbar unter <https://www.croprtrust.org/our-mission/crop-diversity-why-it-matters/> (zuletzt abgerufen am 10 Feb 2020)
- Dávalos Álvarez, E. (2007): La caña de azúcar: una amarga externalidad? Not so sweet sugar cane. In: *Desarrollo y Sociedad* (59), S. 117–164.
- Department of Science and Technology DST (2013): The Bio-economy Strategy, South Africa, verfügbar online unter <https://www.gov.za/documents/bio-economy-strategy> (zuletzt abgerufen am 10 Feb 2020)
- Dernini, S. (2019): Sustainable Diets: A Historical Perspective. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, Volume 2 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22075-1>
- Dietz, T.; Börner, J.; Förster, J.J.; von Braun, J. (2018): Governance of the bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies. *Sustainability* (Switzerland) 10(9), 3190
- DNP (2015): El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Misión para la Transformación del Campo. Departamento Nacional de Planeación DNP. Bogotá D.C, Colombia. Online verfügbar unter <https://bit.ly/23hpYyH>.
- DNP (2019): Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad. Departamento Nacional de Planeación DNP. Bogotá D.C, Colombia. Online verfügbar unter <https://bit.ly/2Io7ixm>.
- Dolezel, M.; Simon, S.; Otto, M.; Engelhard, M. and Züghart, W. (2020): Gene Drive Organisms: Implications for the Environment and Nature Conservation. Online verfügbar unter <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/fachinformationen/ig-gmo.html> zuletzt geprüft am 25.04.2020.
- Dupraz, C. und Postolle, A. (2013): Food sovereignty and agricultural trade policy commitments: How much leeway do West African nations have? *Food Policy* 38, S. 115–125
- EC (2016): Facts and Figures on Organic Agriculture in the European Union. Europäische Kommission, Brüssel. Verfügbar online unter https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/organic-agriculture-2015_en.pdf
- EC (2018): A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy. Europäische Kommission, Brüssel.
- EDF (2020): The Jurisdictional Approach: Forests. Supply Chain Solutions Center. Environmental Defense Fund. Online verfügbar unter <https://supplychain.edf.org/resources/the-jurisdictional-approach/>
- Efferth, T. (2019): Biopiracy of medicinal plants: Finding fair solutions for the use of natural resources. *Phytomedicine* 53, 294–295.
- Environmental Justice Atlas (2014): Sugar cane, Cauca Valley, Colombia. Unter Mitarbeit von Mario Alejandro Pérez Rincón. Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade. Online verfügbar unter <https://ejatlas.org/conflict/sugar-cane-cauca-valley-colombia>, zuletzt aktualisiert am 05.03.2014, zuletzt geprüft am 25.09.2019.
- Environmental Justice Atlas (2015): Cultivo intensivo de caña en la Laguna de Sonso, Co-lombia. Unter Mitarbeit von Mario Alejandro Pérez Rincón. Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade. Online verfügbar unter <https://ejatlas.org/conflict/laguna-de-sonso-colombia>, zuletzt aktualisiert am 11.11.2015, zuletzt geprüft am 25.09.2019.
- Esvelt, K. und Gemmell, N. (2017): Conservation demands safe gene drive. *PLoS Biol* 15(11): e2003850. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003850>
- ETC Group und Heinrich Böll Stiftung (2018): Forcing The Farm - How Gene Drive Organisms Could Entrench Industrial Agriculture and Threaten Food Sovereignty. ETC Group und Heinrich Böll Stiftung, Berlin.
- European Commission (2012). Innovating for sustainable growth: A bioeconomy for Europe. Brussels: European Commission. <https://publications.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51>
- European Commission (2015): DNA barcoding strengthens biodiversity monitoring. *Science for Environment Policy*, Thematic Issue 50, June 2015.
- Eurostat (2019a): Organic Farming Statistics. Eurostat, 30 January 2019. Verfügbar online unter https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Organic_farming_statistics
- Eurostat (2019b): Farms and farmland in the European Union – statistics. Eurostat, 16 August 2019. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Farms_and_farmland_in_the_European_Union_-_statistics
- FAO (2011): The state of the world’s land and water resources for food and agriculture (SOLAW). Managing systems at risk. Hg. v. London Earthscan. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome.
- FAO (2012a): Doing more with less. Sustainable Intensification of Agriculture. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome. <http://www.fao.org/policy-support/resources/resources-details/en/c/421726/>

- FAO (2012b): Livestock and Landscapes. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2013): Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers, by G. Buttoud, in collaboration with O. Ajayi, G. Detlefsen, F. Place & E. Torquebiau. Agroforestry Working Paper no. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.
- FAO (2014): Pilot Testing of GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy in Colombia. Contribution to the Global Bioenergy Partnership programme. Hg. v. FAO. Food and agriculture organization of the United Nations (Environment and Natural Resources Management Paper, 59).
- FAO; ITPS (2015): Status of the world's soil resources. Main report. Food and agriculture organization of the United Nations; Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome.
- FAO (2017): *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy
- FAO (2018a): The State of Food Security and Nutrition in the World. Food and Agriculture Organization, Rom. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/> (zuletzt geprüft am 10 Jan 2020).
- FAO (2018b): The 10 Elements of Agroecology: Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAOSTAT (2019): Food Supply – Crops Primary Equivalent. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/CC>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2019): The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Rome, FAO.
- Fenning, T. und Gershenzon, J. (2002): Where will the wood come from? Plantation forests and the role of biotechnology. *Trends in Biotechnology* 20, 7, S. 291-296.
- FONAP (2018): Der Palmölmarkt in Deutschland in 2017. Forum für Nachhaltiges Palmöl. Berlin.
- Fourie, W. (ed.) (2018): *Implementing the Sustainable Development Goals in South Africa: Challenges & Opportunities*. South Africa SDG Hub, University of Pretoria.
- Francis, C. und Wezel, A. (2015): Agroecology and Agricultural Change. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 2nd edition, Volume 1, 484-487.
- Friedl, M. (2018) Remote Sensing of Croplands. p 78-96. In: Liang, S. (ed.) *Comprehensive Remote Sensing*. Elsevier, Amsterdam.
- Froggatt, A. und Wellesley, L. (2019): *Meat Analogues: Considerations for the EU*. Chatham House Research Paper. Chatham House: London.
- Garg, M., Sharma, N., Sharma, S., Kapoor, P., Kumar, A., Chunduri, V., & Arora, P. (2018): Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People around the World. *Frontiers in nutrition*, 5, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00012>
- Garibaldi, L., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B., Cunningham, S., Breeye, T. (2017): Farming Approaches for Greater Biodiversity, Livelihoods, and Food Security. *Trends in Ecology & Evolution*, January 2017, Vol. 32, No. 1 <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.10.001>
- Garnett, T.; Appleby, M.; Balmford, A.; Bateman, I.; Benton, T.; Bloomer, P.; Burlingame, B.; Dawkins, M.; Dolan, L.; Fraser, D.; Herrero, M.; Hoffmann, L.; Smith, P.; Thornton, P.; Toulmin, C.; Vermeulen, S.; Godfray, H. (2013): Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. *Science*, Vol. 341, 6141, S. 33-34, DOI: 10.1126/science.1234485.
- Gatti, R., Liang, J., Velichevskaya, A., Zhou, M., (2019): Sustainable palm oil may not be so sustainable, *Science of The Total Environment*, 652, 48-51, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.222>.
- Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B., Fetzer, I., Jalava, M., Kummu, M., Lucht, W., Rockström, J., Schaphoff, S., Schellnhuber, H. (2020): Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nature Sustainability*, DOI 10.1038/s41893-019-0465-1.
- GGGI (2013): *GGGI Columbia Fact Sheet*. Global Green Growth Institute. Verfügbar online unter: <https://www.greengrowth-knowledge.org/project/gggi-colombia-green-growth-plan>
- Giesler, S. (2018): *Digitalisierung in der Landwirtschaft – vom Precision Farming zum Farming 4.0*. Bioökonomie Baden-Württemberg Dossier 09.04.2018. Verfügbar online unter: <https://www.biooekonomie-bw.de/fachbeitrag/dossier/digitalisierung-in-der-landwirtschaft-vom-precision-farming-zum-farming-40>
- Giurca, A., Späth, P. (2017): A forest-based bioeconomy for Germany? Strengths, weaknesses and policy options for lignocellulosic biorefineries. *Journal of Cleaner Production* 153, S. 51-62.

- Gliessman, S.R. (2015): *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. 3rd Edition. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Glover, D. und Sexton, A. (2016): *Edible Insects and the Future of Food*. IDS Policy Briefing. Institute of Development Studies, Brighton, UK.
- Godwin J et al. (2019): Rodent gene drives for conservation: opportunities and data needs. *Proc. R. Soc. B* 286: 20191606. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.1606>
- Gottmann, A.; Schümmelfeder, M.; Diekjürgen, D.; Thomas, W. (2016): Das Landwirtschaftsmodell der Grünen Ökonomie Wie smart ist Climate-Smart Agriculture wirklich? Seminar für Ländliche Entwicklung (SLE) SLE BRIEFING PAPER 13-2016/2017.
- GRAIN (2009): Corporate candyland. GRAIN. Girona, España. Online verfügbar unter <https://www.grain.org/es/article/740-corporate-candyland>, zuletzt geprüft am 04.04.2019.
- GRAIN (2019a): Biofortified crops or biodiversity? The fight for genuine solutions to malnutrition is on. GRAIN 4 Juni 2019. Online verfügbar unter <https://www.grain.org/en/article/6246-biofortified-crops-or-biodiversity-the-fight-for-genuine-solutions-to-malnutrition-is-on>
- GRAIN (2019b): EU-Mercosur trade deal will intensify the climate crisis from agriculture. GRAIN 25 Nov 2019. Online verfügbar unter <https://www.grain.org/en/article/6355-eu-mercotur-trade-deal-will-intensify-the-climate-crisis-from-agriculture>
- Guereña, A. und Burgos, S. (2014): Smallholders at Risk. Monoculture expansion, land, food and livelihoods in Latin America. Hg. v. Oxfam GB. Oxfam International (Oxfam briefing paper, 180). Online verfügbar unter https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/bp180-smallholders-at-risk-land-food-latin-america-230414-en_0.pdf
- Hardin, G. (1968): The Tragedy of the Commons, *Science*, 162, 3859, S. 1243-1248, DOI: 10.1126/science.162.3859.1243
- Halewood M, Lopez Noriega I, Louafi S, eds. (2013): *Crop genetic resources as a global commons: challenges in international law and governance*. Issue in Agricultural Biodiversity. London, England: Earthscan. ISBN: 978-1-84407-893-6
- Heimann, T. (2019): Bioeconomy and SDGs: Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7, S. 43–57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>
- Heinrich-Böll-Stiftung; IASS; BUND; Le Monde diplomatique (2015): Bodenatlas. Daten und Fakten über Acker, Land und Erde. Unter Mitarbeit von Heinrich-Böll-Stiftung. Berlin. Verfügbar online unter <https://www.boell.de/de/bodenatlas>
- Hettinger, N. (1995): Patenting Life: Biotechnology, Intellectual Property, and Environmental Ethics. *B.C. Env'tl. Aff. L. Rev.* 22, 267.
- Hodson de Jaramillo, E., Castaño Hernández, A., Uscátegui, M. (2012): *Biotecnología agrícola moderna, organismos genéticamente modificados y bioseguridad*. Bogotá: Consejo Superior de la Judicatura.
- Hoel, M., Sletten, T. (2016): Climate and forests: The tradeoff between forests as a source for producing bioenergy and as a carbon sink. *Resource and Energy Economics*, 43, S. 112–129.
- Hole, D., Perkins, A., Wilson, J., Alexander, I., Grice, P., Evans, A. (2005): Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122, S. 113–130.
- Iaffaldano, B.; Zhang, Z.; Cornish, K. (2016): CRISPR/Cas9 genome editing of rubber producing dandelion *Taraxacum kok-saghyz* using *Agrobacterium rhizogenes* without selection. *Industrial Crops and Products* 89, S. 356-362, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.029>.
- International Council for Science (ICSU) (2017): *A Guide to SDG Interactions: from Science to Implementation* [D.J. Griggs, M. Nilsson, A. Stevance, D. McCollum (eds)]. International Council for Science, Paris.
- International Energy Agency (2019): *Biofuels for transport. Tracking Clean Energy Progress*. Online verfügbar unter <https://www.iea.org/tcep/transport/biofuels/>, zuletzt aktualisiert am 05.04.2019, zuletzt geprüft am 09.04.2019.
- IPCC (2019): *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- Irmer, J. (2019): *Gentechnik mit Antrieb: Gene Drives*. www.transgen.de, verfügbar online unter <https://www.transgen.de/forschung/2776.gentechnik-gene-drives.html> (zuletzt abgerufen am 10. Feb 2020)
- IUCN (2019): *Synthetic biology and its implications for biodiversity conservation*. IUCN Issue Brief, Mai 2019. International Union for the Conservation of Nature. Gland: Schweiz.

- Issa, I.; Delbrück, S.; Hamm, U. (2019): Bioeconomy from experts' perspectives – Results of a global expert survey. *PLoS ONE*. 14(5),e0215917
- Jahberg, H. (2019): Der deutsche Wald schrumpft. *Der Tagesspiegel*, 31.07.2019. Online verfügbar unter <https://www.tagesspiegel.de/politik/schaeden-durch-duerre-braende-und-kaefer-der-deutsche-wald-schrumpft/24858546.html>
- Jaramillo Villa, Ú.; Cortés-Duque, J.; Flórez-Ayala, C. (2015): Colombia anfibia. Un país de humedales. Bogotá: Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Ji, Y., Ashton, L., Pedley, S.M., Edwards, D.P., Tang, Y., Nakamura, A., Kitching, R., Dolman, P.M., Woodcock, P., Edwards, F.A., Larsen, T.H., Hsu, W.W., Benedick, S., Hamer, K.C., Wilcove, D.S., Bruce, C., Wang, X., Levi, T., Lott, M. & Emerson, B. (2013). Reliable, verifiable and efficient monitoring of biodiversity via metabarcoding. *Ecology Letters*. 16(10), S. 1245–1257. DOI:10.1111/ele.12162.
- Joa, B.; Winkel, G.; Primmer, E. (2018): The unknown known—A review of local ecological knowledge in relation to forest biodiversity conservation. *Land Use Policy* 79, S. 520–530.
- Juergens, N. und Hansjürgens, B. (2018): Soil governance in the transition towards a sustainable bioeconomy - A review. *Journal of Cleaner Production* 170, S. 1628-1639.
- Karger, E. (2018): Study on the use of digital sequence information on genetic resources in Germany. Scientific and technical support on implementing the Nagoya Protocol - Part 1 "Digital sequence information and ABS" UFOPLAN 2017 F&E-Vorhaben. Online verfügbar unter: https://www.bfn.de/fileadmin/ABS/documents/ABS_Dokumente_ab_September_2015/20180607_DSI_Studie.pdf
- Kettunen, M., Bodin, E., Davey, E., Gionfra, S., Charveriat, C. (2020): *An EU Green Deal for trade policy and the environment: Aligning trade with climate and sustainable development objectives*. IEEP Brussels / London.
- Khatri-Chhetri, A.; Pant, A.; Aggarwal, P.; Vasireddy, V.; Yadav, A. (2019): Stakeholders prioritization of climate-smart agriculture interventions: Evaluation of a framework. *Agricultural Systems* 174, S. 23–31.
- Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M. (2019): Politische Bioökonomie-Strategien und Akteure. Unter Mitarbeit von Patrick Schröder. In: Zoritz Kiresiewa, Marius Hasenheit, Franziska Wolff, Martin Möller und Bernward Gesang (Hg.): *Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse. Teilbericht des Projekts „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung“*. Dessau-Roßlau (UBA-Texte, 78), S. 32–67.
- Kliem, L. und George, K. (2018): *Von Starkregen bis Trockenheit – Anpassungsstrategien für die deutsche Landwirtschaft*. Ergebnispapier des Stakeholderdialogs zur Klimaanpassung. Umweltbundesamt, Berlin.
- Kouamé, K.; Péné, B.; N'guessan, A.; Boua, B.; Ouattara, Y.; Zouzou, M. (2017): Effect of glyphosate used as a sugarcane chemical ripener in Cte dlvoire. In: *Afr. J. Plant Sci.* 11 (8), S. 341–350. DOI: 10.5897/AJPS2017.1570.
- Krauss, J. und Kутtenkeuler, D. (2018): Intellectual property rights derived from academic research and their role in the modern bioeconomy—A guide for scientists. *New Biotechnology* 40, S. 133–139.
- Kress, W.; García-Robledo, C.; Uriarte, M.; Erickson, D. (2015): DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 30, 1, S. 25-35. doi.org/10.1016/j.tree.2014.10.008.
- Laborde, D. und Díaz-Bonilla, E. (2015): Catastrophic flood or inoffensive drizzle? Assessing the impact if countries using the existing water in export subsidies. Working Paper. International Food Policy Research Institute, Washington D.C.
- Lambin, E.F., Gibbs, H.K., Heilmayr, R. et al. (2018): The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation. *Nature Clim Change* 8, 109–116. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0061-1>
- Lokko, Y.; Heijde, M.; Schebesta, K.; Scholtès, P.; Van Montagu, M.; Giacca, M. (2018): Biotechnology and the bioeconomy—Towards inclusive and sustainable industrial development. *New Biotechnology* 40, S. 5–10
- López Hernández, V.; Schanz, H. (2019): Agency in actor networks: Who is governing transitions towards a bioeconomy? The case of Colombia. In: *Journal of Cleaner Production*. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.306.
- Lopez Izquierdo, N. (2012): Global ethanol production 2009: GRID-Arendal. Online verfügbar unter <https://www.grida.no/resources/6208>, (zuletzt geprüft am 09.04.2019).
- Low, J.; Mwanga, R.; Andrade, M.; Carey, E.; Ball, A. (2017): Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. *Global Food Security*, 14, 23-30. doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.004
- Laibach, N.; Börner, J.; Bröring, S. (2019): Exploring the future of the bioeconomy: An expert-based scoping study examining key enabling technology fields with potential to foster the transition toward a bio-based economy. *Technology in Society*, 58, 101118, doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.03.001
- Levidow, L. (2015): European transitions towards a corporate-environmental food regime: Agroecological incorporation or contestation? *Journal of Rural Studies* 40 (2015) 76-89

- Lewandowski, I. (2015): Securing a sustainable biomass supply in a growing bioeconomy. *Global Food Security*, 6, 34–42.
- Li, T. (2018): After the land grab: Infrastructural violence and the “Mafia System” in Indonesia's oil palm plantation zones. *Geoforum* 96 (2018) 328–337.
- Maestre, F., Sole, R., Singh, B. (2017): Microbial biotechnology as a tool to restore degraded drylands. *Microbial Biotechnology*, 10(5), S. 1250–1253 doi:10.1111/1751-7915.12832
- Mahon, N., Crute, J., Simmons, E., Islam, M. (2017): Sustainable intensification– “oxymoron” or “third-way”? A systematic review. *Ecological Indicators* 74, S. 73–97.
- Makate, C., Wang, R., Makate, M., Mango, N. (2016): Crop diversification and livelihoods of smallholder farmers in Zimbabwe: adaptive management for environmental change. Springer Plus. DOI: 10.1186/s40064-016-2802-4.
- Makate, C. (2019): Effective scaling of climate smart agriculture innovations in African smallholder agriculture: A review of approaches, policy and institutional strategy needs. *Environmental Science and Policy* 96, S. 37–51.
- Makkonen, M., Huttunen, S., Primmer, E., Repo, A., Hildén, M. (2015): Policy coherence in climate change mitigation: An ecosystem service approach to forests as carbon sinks and bioenergy sources, *Forest Policy and Economics*, 50, 153-162, doi.org/10.1016/j.forpol.2014.09.003.
- Malik, S.; Singh, P.; Singh, A.; Verma, A.; Ameta N.; Bisht, I. (2013): Community Seed Banks: Operation and Scientific Management. National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi, India.
- Maloney, T., Phelan, R. and Simmons, N. (2018): Saving the horseshoe crab: A synthetic alternative to horseshoe crab blood for endotoxin detection. *PLoS Biol* 16(10): e2006607. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2006607>
- Maloney, V.; Lloyd, D.; Wierzbicki, M.; Mizrachi, E.; Myburg, A. (2019): Development of CRISPR gene editing constructs for use in woody plants. Forest Molecular Genetics (FMG) Programme, Department of Genetics, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria.
- Malyska, A. und Jacobi, J. (2018): Plant breeding as the cornerstone of a sustainable bioeconomy. *New Biotechnology* 40 (2018) 129–132.
- Mayer, A., Schaffartzik, A., Haas, W., Rojas-Sepúlveda, A. (2015): *Patterns of global biomass trade – Implications for food sovereignty and socio-environmental conflicts*. EJOLT Report No. 20
- Mayet, M. (2019): Kolonialherrschaft im neuen Gewand: Afrika als Versuchsfeld für neue Gentechnik. Rundbrief 2/19, Forum Umwelt & Entwicklung. https://www.forumue.de/wp-content/uploads/2019/06/FORUM_rundbrief219_web.pdf
- May-Toben, C., und Goodman, L.K. (2014): *Donuts, Deodorant, Deforestation: Scoring America's Top Brands on Their Palm Oil Commitments*. Union of Concerned Scientists, Cambridge (MA).
- Meijaard, E.; Garcia-Ulloa, J.; Sheil, D.; Wich, S.A.; Carlson, K.M.; Juffe-Bignoli, D.; Brooks, T.M. (2018): *Oil palm and biodiversity. A situation analysis by the IUCN Oil Palm Task Force*. IUCN International Union for Conservation of Nature.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016): Estrategia Colombia Siembra. Documento Estratégico. Online verfügbar unter https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Estrategia_Colombia_Siembra.pdf.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2017): Colombia Siembra superó su meta y alcanzó más de un millón de hectáreas nuevas. Bogotá D.C, Colombia. Online verfügbar unter <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Colombia-Siembra-super%C3%B3-su-meta-.aspx>, zuletzt geprüft am 25.09.2019.
- Miteva D.A.; Loucks C.J.; Pattanayak, S.K. (2015): Social and environmental impacts of forest management certification in Indonesia. *PLoS ONE* 10(7):e0129675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129675>.
- Mosquera-Losada, M.R., Santiago-Freijanes, J.J., Rois-Díaz, M., Moreno, G., den Herder, M., Aldrey-Vázquez, J., Ferreiro-Domínguez, N., Pantera, A., Pisanelli, A., Rigueiro-Rodríguez, A. (2018): Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy*, 78, S. 603-613.
- Mustalahti, I. (2018): The responsive bioeconomy: The need for inclusion of citizens and environmental capability in the forest based bioeconomy. *Journal of Cleaner Production* 172, S. 3781-3790.
- Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Deutsche Forschungsgemeinschaft und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2019): *Wege zu einer wissenschaftlich begründeten, differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU / Towards a scientifically justified, differentiated regulation of genome edited plants in the EU*. Halle (Saale).
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2018): Werte der Natur aufzeigen und in Entscheidungen integrieren – eine Synthese. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.

- Näyhä, A. (2019): Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability. *Journal of Cleaner Production* 209, S. 1294-1306.
- Nepstad, D.; Bezerra, T.; Tepper, D.; McCann, K.; Stickler, C.; McGrath, D.. et al. (2013): Addressing Agricultural Drivers of Deforestation in Colombia. Increasing Land-Based Production While Reducing Deforestation, Forest Degradation, Greenhouse Gas Emissions and Rural Poverty. Earth Innovation Institute.
- Newell, P. und Taylor, O. (2017): Contested landscapes: the global political economy of climate smart agriculture. *Journal of Peasant Studies*, 45 (1). S. 108-129. ISSN 0306-6150
- Newell, P.; Taylor, O.; Naess, L.; Thompson, J.; Mahmoud, H.; Ndaki, P.; Rurangwa, R.; Teshome, A. (2019): Climate smart agriculture? Governing the sustainable development goals in Sub-Saharan Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3 (56).
- Oekolandbau.de (2018): Erträge im biologischen und konventionellen Landbau. Oekolandbau.de, 20.12.2018. Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/>
- Oldham, P.; Hall, S.; Forero, O. (2013): Biological Diversity in the Patent System. *PLoS One*. 2013; 8(11): e78737.
- Oosterveer, P. (2018): Promoting sustainable palm oil: viewed from a global networks and flows perspective. *Journal of Cleaner Production* 107, 146-153.
- Ortega-Espès, D. (2018): *Agroecology – Innovating for Sustainable Food Systems. A Background Paper for Decisionmakers*. Friends of the Earth International, The Netherlands.
- Ostrom, E., Dietz, T., Dolšák, N., Stern, P. C., Stonich, S., & Weber, E. U. (Hg.) (2002): *The drama of the commons*. National Academy Press.
- Oye, K. et al. (2014): Regulating gene drives. *Science* Vol. 345, No. 6197, DOI: 10.1126/science.1254287
- Pauly, M. und Marquart, M. (2018): *So funktioniert Europas größte Umverteilungsmaschine*. European Data Journalism Network. Verfügbar online unter <https://www.europeandatajournalism.eu/ger/Nachrichten/Daten-Nachrichten/So-funktioniert-Europas-groesste-Umverteilungsmaschine>
- Pérez Rincón, M. und Álvarez, P. (2010): Dinamica economica y apropiacion del agua en la agroindustria Cañera Valle del Cauca, Colombia. La locomotora del agro y su impacto ambiental y socioeconómico.
- Piaggio, A., Segelbacher, G., Seddon, P., Alphey, L., Bennett, E., Carlson, R., Friedman, R., Kanavy, D., Phelan, R., Redford, K., Rosales, M., Slobodian, L., Wheele, K., (2017): Is It Time for Synthetic Biodiversity Conservation? *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 32, No. 2
- Pillay, S. and Thaldar, D. (2018): CRISPR: Challenges to South African biotechnology law. *South African Journal of Bioethics and Law* 2018;11(2):89-92. DOI:10.7196/SAJBL.2018.v11i2.00653
- Pecurul-Botines, M., Di Gregorio, M., Paavola, J. (2019): Multi-level processes and the institutionalization of forest conservation discourses: Insights from Natura 2000. *Forest Policy and Economics* 105, S. 136–145
- Perea-Morera, E. und Otero, J. (2016): Efecto del herbicida glisofato en hongos endófitos de raíz y keikis de *Epidendrum melinanthum* (Orchidaceae). In: *Lankesteriana* 16 (2). DOI: 10.15517/lank.v16i2.26011.
- Peres, S. (2016): Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 55, S. 96-104.
- Philip, J. (2018): The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers. *New Biotechnology* 40, S. 11–19.
- Pradipta, T. (2018): Palm oil is key to Indonesia attaining its SDGs. *The Palm Scribe*, 1 November 2018, online verfügbar unter <https://thepalmscribe.id/palm-oil-is-key-to-indonesia-attaining-its-sdgs/> (zuletzt geprüft am 12 Feb 2020).
- Purnomo, H., Okarda, B., Dewayani, A., Ali, M., Achdiawan, R., Kartodihardjo, H., Pacheco, P., Juniawaty, K. (2018): Reducing forest and landfires through good palm oil value chain governance. *Forest Policy and Economics*, Volume 91, S. 94-106.
- Pye, O. (2019): Commodifying sustainability: Development, nature and politics in the palm oil industry, *World Development*, 121, 218-228, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.02.014>.
- Raynolds, L. (2020): Fair Trade. *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)*, Pages 9-14
- Redford, K.; Brooks, T.; Macfarlane, N.; Adams, J. (2019): *Genetic frontiers for conservation - An assessment of synthetic biology and biodiversity conservation*. International Union for Conservation of Nature (IUCN): Gland, Schweiz.
- Rival, A.; Levang, P. (2014): Palms of controversies, Oil palm and development challenges. Bogor, 2014. Online available at http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BLevang1401.pdf, last accessed on 11 May 2017.

- Roa-García, M.; Brown, S. (2015): Assessing equity and sustainability of water allocation in Colombia. In: *Local Environment* 22 (9), S. 1080–1104. DOI: 10.1080/13549839.2015.1070816.
- Robinson, E. und Purnomo, H. (2019): Palm oil: an EU ban won't save Asian rainforests, but here's what might help. The Conversation, 3. Mai 2019. <https://theconversation.com/palm-oil-an-eu-ban-wont-save-asian-rainforests-but-heres-what-might-help-110519>
- Rosell, C. (2016): Fortification of Grain-Based Foods. Reference Module in Food Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00074-3>
- Rosenstock, T., Wilkes, A., Jallo, C., Namoi, N., Bulusu, M., Suber, M., Mboi, D., Mulia, R., Simelton, E., Richards, M., Gurwick, N., Wollenberg, E. (2019): Making trees count: Measurement and reporting of agroforestry in UNFCCC national communications of non-Annex I countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 284, 106569
- Rueda Ordoñez, D.; Leal, M.; Bonomi, A.; Barbosa Cortez, L. (2018): Expansion assessment of the sugarcane and ethanol production in the Llanos Orientales region in Colombia: Expansion assessment of the ethanol production in Colombia. In: *Biofuels, Bioprod. Bioref.* (12), S. 857–872.
- Rudloff, B. (2017): Handeln für eine bessere EU-Handelspolitik Mehr Legitimierung, Beteiligung und Transparenz. SWP-Studie. Stiftung Wissenschaft und Politik. Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit. Berlin.
- Rudloff, B.; Schmiege, E. (2016): More bones to pick with the EU? Controversial Poultry Exports to Africa: Sustainable Trade Policy as a Task for the G20. SWP Comments. Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin.
- Rumpel, C.; Kögel-Knabner, I. (2011): Deep soil organic matter—a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. *Plant Soil* 338, S. 143–158. doi.org/10.1007/s11104-010-0391-5
- Sanders, J. und Heß, J. (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Sandler Clarke, J. (2019): How palm oil sparked a diplomatic row between Europe and southeast Asia, Unearthed 18 Mar 2019, Greenpeace. Online verfügbar unter <https://unearthed.greenpeace.org/2019/03/18/palm-oil-indonesia-malaysia-biofuels-eu/>
- Sandström, V.; Valin, H.; Krisztin, T.; Havlík, P.; Herrero, M.; Kastner, T. (2018): The role of trade in the greenhousegas footprints of EU diets. *Global Food Security* 19, S. 48–55.
- SCAR (2015): Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy - A Challenge for Europe. Standing Committee on Agricultural Research. 4th Foresight Exercise.
- Schaafsma, M.; Ferrini, S.; Turner, R. (2019): Assessing smallholder preferences for incentivised climate-smart agriculture using a discrete choice experiment. *Land Use Policy* 88, 104153.
- Scheiterle, L.; Ulmer, A.; Birner, R.; Pyka, A. (2018): From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. *Journal of Cleaner Production* 172, S. 3851–3863.
- Schmidt, M.; Torn, M.; Abiven, S. et al. (2011): Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, S. 49–56. <https://doi.org/10.1038/nature10386>
- Schuh, E. (2019): *Branche kompakt: Kolumbiens Landwirtschaft hat Potenzial*. Germany Trade and Invest (GTAI). Online verfügbar unter: <https://www.gtai.de/gtai-de/trade/branchen/branche-kompakt/kolumbien/branche-kompakt-kolumbiens-landwirtschaft-hat-potenzial-120176>
- Schwaiger et al. (2015): Wirtschaftliche Bedeutung von Ökosystemleistungen. Monetäre Bewertung: Risiken und Potenziale. REP 523. Umweltbundesamt, Wien.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., Chaurasia, O.P. (2018): Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation* 17(4):364-371
- Simon, S., Otto, M., Engelhard, M. (2018): Synthetic gene drive: between continuity and novelty. *EMBO Reports* 19: e45760. DOI 10.15252/embr.201845760 DOI
- Smith, P.; Bustamante, M.; Ahammad, H. et al. (2014): Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: IPCC. AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, pp 811–922.
- Sollman, T., Lim, F., Lee, J., Carrasco (2016): *Closing oil palm yield gaps among Indonesian smallholders through industry schemes, pruning, weeding and improved seeds*. Royal Society Open Science. <https://doi.org/10.1098/rsos.160292>
- Soria-Lopez, M. und Fuentes-Paramo, I. (2019) The identification of biopiracy in patents. *World Patent Information* 47, 67-74.

- Spross, H. (2018): Palmöl - heikles Thema zwischen EU und Indonesien. Deutsche Welle, 02.05.2018. <https://www.dw.com/de/palm%C3%B6l-heikles-thema-zwischen-eu-und-indonesien/a-43597548-0>
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft. Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 423 S. Bundestags-Drucksache: 10/3613.
- Supple, M. und Shapiro, B. (2018): Conservation of biodiversity in the genomics era. *Genome Biol.* 2018; 19: 131. doi: 10.1186/s13059-018-1520-3
- Sutherland, W. (2018): A 2018 Horizon Scan of Emerging Issues for Global Conservation and Biological Diversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 33, 1.
- Tanzmann, S. (2019): Gefährliche Scheinlösungen in der Agrar-gentechnik. Rundbrief 2/19, Forum Umwelt & Entwicklung. https://www.forumue.de/wp-content/uploads/2019/06/FORUM_rundbrief219_web.pdf
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2018): Measuring what matters in agriculture and food systems: a synthesis of the results and recommendations of TEEB for Agriculture and Food's Scientific and Economic Foundations report. Geneva: UN Environment.
- Then, C. und Tippe, R. (2014) European patents on plants and animals - is the patent industry taking control of our food?, published by No Patents On Seeds!, <http://no-patents-on-seeds.org/en/information/background/european-patents-on-plants-and-animals>
- Thompson, F. (2011): The Agrarian Question and Violence in Colombia. Conflict and Development. In: Journal of Agrarian Change 11 (3), S. 321–356. DOI: 10.1111/j.1471-0366.2011.00314.x.
- Tecnia (2017): Estudio en la Intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde. Producto 1. Diagnóstico de eficiencia en el uso de materiales y cierre de ciclos en los sectores manufacturero y de construcción en Colombia: contraste frente a experiencias internacionales. Departamento Nacional de Planeación DNP.
- Teklewold, H.; Gebrehiwot, T.; Bezabih, M. (2019): Climate smart agricultural practices and gender differentiated nutrition outcome: An empirical evidence from Ethiopia. *World Development* 122, S. 38–53.
- Temmes, A. und Peck, P. (2019): Do forest biorefineries with working principles of a circular bioeconomy? A case of Finnish and Swedish initiatives. *Forest Policy and Economics*, 110, 101896 doi.org/10.1016/j.forpol.2019.03.013
- Transgen.de (2018): *Löwenzahn*. www.transgen.de, verfügbar online unter <https://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/2198.loewenzahn.html>
- UBA (2014): *Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse*. Kurzfassung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UBA (2017): *Nachhaltigkeit beim Anbau von Naturkautschuk: Ansatzpunkte für deutsche Unternehmen*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/das-uba/was-wir-tun/foerdern-beraten/verbaendefoerderung/projektfoerderungen-projekttraeger/nachhaltigkeit-beim-anbau-von-naturkautschuk>
- UBA (2019): *Trendanalyse: Fleisch der Zukunft*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.ecologic.eu/sites/files/project/2019/documents/2019-02-uba_flyer_dinlang.pdf
- UNDP (2017): *Indonesia Good Practices: Integrating the SDGs into Development Planning*. Paper commissioned by UNDP Bangkok Regional Hub.
- USDA (2017): Colombia Sugar Annual. Global Agricultural Information Network. Unter Mitarbeit von Michael Conlon, Benjamin Rau und A. Gómez. USDA Foreign Agricultural Service.
- USDA (2018): Sugar: World Markets and Trade. USDA Foreign Agricultural Service. Online verfügbar unter <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/sugar.pdf>.
- van der Ploeg, J., Barjolle, D., Bruil, J., Brunori, G., Madureira, L., Dessein, J., Drag, Z., Fink-Kessler, A., Gasselin, P., de Molina, M., Gorch, K., Jürgens, K., Kinsella, J., Kirwan, J., Knickel, K., Lucas, V., Marsden, T., Maye, D., Migliorini, P., Milone, P., Noe, E., Nowak, P., Parrott, N., Peeters, A., Rossi, A., Schermer, M., Ventura, F., Visser, M., Wezel, A. (2019 in Press): The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe. *Journal of Rural Studies* XXX
- Van Lancker, J., Wauters, E., Van Huylenbroeck, G. (2016) Managing innovation in the bioeconomy: An open innovation perspective. *Biomass and Bioenergy* 90 (2016) 60-69.
- Vélez-Torres, I., Varela, D., Cobo-Medina, V., Hurtado, D. (2019): Beyond property: Rural politics and land-use change in the Colombian sugarcane landscape. *Journal of Agrarian Change*, Volume 19, Issue 4, S. 690-710
- Vernooy, R., Sthapit, B., Otieno, G., Shrestha, P., Gupta, A. (2017): The roles of community seed banks in climate change adaptation. *Development in Practice*, 27, Issue 3.

- Verburg, J. (2014): FAIR Company-Community Partnerships in Palm Oil Development, Oxfam Issue Brief, May 2014, Oxfam.
- Villanueva-Mejía, Diego F. (2018): Anexo 1. Análisis Sector Agrícola y Pecuário. In: Estudios sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia. Analisis de la situación y recomendaciones de política de bioeconomía. Fase II. Unter Mitarbeit von Universidad EAFIT und SILO. Departamento Nacional de Planeación DNP. Medellin, Colombia.
- Visser, B. (1998): Effects of Biotechnology on Agro-biodiversity. *Biotechnology and Development Monitor*, No. 35, p. 2-7.
- Volckhausen, T. (2019): Colombia registers first drop in deforestation since 2016 FARC peace deal. Mongabay, 15 Juli 2019. Verfügbar online unter: <https://news.mongabay.com/2019/07/colombia-registers-first-drop-in-deforestation-since-2016-farc-peace-deal/>
- von Ahlefeld, P. (2019): Rebound Effekte in der Präzisionslandwirtschaft -Ein Kommentar. Berichte über Landwirtschaft, Band 97, Ausgabe 3. <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/247/pdf>
- von Braun, J., (2015): Bioeconomy – science and technology policy to harmonize biologization of economies with food security. In: Sahn, D. (Ed.), *The Fight Against Hunger and Malnutrition*. Oxford University Press, Oxford, pp. 240–262.
- von Braun, J. (2018): Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security. *Global Food Security*, 19, 81-83
- Wakeel, A., Farooq, M., Bashir, K., Ozturk, L. (2018): Chapter 13 - Micronutrient Malnutrition and Biofortification: Recent Advances and Future Perspectives. Editor(s): Mohammad Anwar Hossain, Takehiro Kamiya, David J. Burritt, Lam-Son Phan Tran, Toru Fujiwara. *Plant Micronutrient Use Efficiency*, Academic Press, Pages 225-243, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812104-7.00017-4>.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R. und Buchmann, N. (2017): Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *PNAS* June 13, 2017 114 (24) 6148-6150; <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>
- Wassmann, T., Villanueva, J., Khounthavong, M., Okumud, B., Vo, T., Sander, B. (2019): Adaptation, mitigation and food security: Multi-criteria ranking system for climate-smart agriculture technologies illustrated for rainfed rice in Laos. *Global Food Security* 23, 33–40.
- Willet, W. et al. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- WWF (2018): *Die schwindenden Wälder der Welt - Zustand, Trends und Lösungswege*. WWF-Waldbericht 2018. World Wide Fund Deutschland.
- Yamamoto, Y., Shigetomi, Y., Ishimura, Y., Hattori, M. (2019): Forest change and agricultural productivity: Evidence from Indonesia. *World Development* 114 (2019) 196–207
- Zeug, W.; Bezama, A.; Moesenfechtel, U.; Jähkel, A.; Thrän, D. (2019): Stakeholders' interests and perceptions of bioeconomy monitoring using a sustainable development goal framework. *Sustainability*, 11(6),1511.

6 Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie im Sinne der Agenda 2030

6.1 Einleitung und Überblick

Das Konzept der „Bioökonomie“ wurde in den vergangenen Jahren als Zauberformel für die Lösung vielfältiger Probleme präsentiert. So soll Bioökonomie helfen, die Ära fossiler Ressourcen abzulösen, den Klimaschutz zu stärken und Rohstoffabhängigkeiten von Industrieländern zu mindern, eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren, Innovation und Wachstum anzuregen und dabei Einkommenschancen in ländlichen Regionen weltweit zu schaffen.

Mit der Bioökonomie verknüpfen sich jedoch auch eine Reihe von Kritikpunkten und ethischen Herausforderungen. Wie in den vorangehenden Beiträgen ausgeführt, kann Bioökonomie dazu führen, dass sich industrielle, inputintensive Landwirtschaft und Gentechnik ausweiten, der Druck auf intakte Ökosysteme steigt und sich die Konkurrenz um Flächen, hochwertige Böden und Wasser verschärft. In der Folge großer Landkäufe (Landgrabbing) im Globalen Süden werden Menschen vertrieben und die Lebenswelten insbesondere von Frauen destabilisiert; im Norden treibt die Nachfrage nach Agrarflächen die Pacht- und Bodenpreise in die Höhe und erschwert den Zugang zu Flächen, was regelmäßig zulasten von kleinen Betrieben und Biobauern geht.

Die im Rahmen der vorausgegangenen Analysen identifizierten Handlungsfelder und -optionen, um Bioökonomie nachhaltig im Sinne der Agenda 2030 weiterzuentwickeln, werden in diesem Kapitel zusammengeführt.⁹² Die Handlungsempfehlungen beziehen sich sowohl auf die nationale und europäische als auch auf die internationale Ebene. Zudem benennen wir politische Prozesse, in die die Vorschläge eingebracht werden können.

Die Empfehlungen im Überblick:

- **Die Rolle von Bioökonomie im Kontext der Planetaren Grenzen und der Agenda 2030 konkretisieren:** Bioökonomie trägt nicht *per se* zu (mehr) Nachhaltigkeit bei. Ob dies der Fall ist oder nicht, zeigt sich erst im konkreten Anwendungsfall. Um negative ökologische und soziale Wirkungen zu mindern, sollte die Bundesregierung – unterstützt durch den Bioökonomierat – die Rolle der Bioökonomie im Kontext der Planetaren Grenzen und der Agenda 2030 konkretisieren. Als Eckpunkte schlagen wir vor, Bioökonomiepfade nur dann zu verfolgen, wenn sie absehbar mindestens so stark wie alternative Ansätze zu den Zielen der Agenda 2030 beitragen. Bioökonomiepfade sollten möglichst keine neue, *zusätzliche* Nutzung von land- oder forstwirtschaftlicher Anbaubiomasse hervorrufen und biogene Rohstoffe sollten vorrangig stofflich genutzt werden. Klimaschutzziele im Energiebereich sind mit regenerativen Energiequellen wie Sonne und Wind vergleichsweise effektiver zu erreichen. Dort, wo Bioökonomiepfade grundsätzlich vielversprechend scheinen, gilt es, deren Nachhaltigkeitsbeitrag zu fördern und möglichen negativen Auswirkungen entgegen zu wirken. Hierfür sind Grenzen für kritische Umweltwirkungen der Bioökonomie einzuführen und die Rahmenbedingungen für nachhaltige Konsum- und Investitionspraktiken zu stärken.

⁹² Wir bedanken uns herzlich bei einer Reihe von Expertinnen und Experten, die eine frühere Fassung des vorliegenden Kapitels bzw. Ausschnitte davon kommentiert haben: Jan Börner, Stefan Bringezu, David Butler Manning, Ulrike Eppler, Uwe Fritsche, Peter Gerhard, Bernward Gesang, Jens Günther, Almut Jering, Matthias Koller, Dieter Konold, Thomas Meise, Carsten Neßhöver, Steffi Ober, Jana Rückert-John, Jan Seven und Ricarda Steinbrecher. Die genannten Personen haben jeweils nur bestimmte Passagen dieses Kapitels kommentiert und müssen deshalb nicht notwendigerweise mit allen Empfehlungen einverstanden sein. Für verbleibende Fehler, wie auch für die im Text reflektierten grundsätzlichen Einschätzungen, zeichnen ausschließlich die Autoren und Autorinnen des Kapitels verantwortlich.

- ▶ **Den gesellschaftlichen Dialog zur Nachhaltigkeit von Bioökonomie stärken und die Governance von Bioökonomie ausbalancieren:** Um die Bioökonomie stärker in den Kontext der Agenda 2030-Umsetzung zu rücken, gilt es, die Nachhaltigkeitsfragen der Bioökonomie mit einer breiteren Öffentlichkeit zu diskutieren. Die aktuell auf wirtschaftliche Interessen fokussierte Governance von Bioökonomie ist besser auszubalancieren, indem Vertreterinnen und Vertreter der Zivilgesellschaft in den neuen Bioökonomierat berufen werden und alle relevanten Ministerien auf Augenhöhe in die Ausgestaltung von Bioökonomiepolitik eingebunden werden. Instrumente wie ein Lobbyregister und eine „Legislative Fußspur“ können genutzt werden, um Prozesse der politischen Interessensvertretung im Kontext Bioökonomie transparenter und gemeinwohlorientierter zu gestalten.
- ▶ **Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren und ein regelmäßiges Monitoring durchführen:** Im Zuge der Umsetzung der neuen Bioökonomiestrategie (und rückgekoppelt an die Fortschreibung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie), sollte die Bundesregierung konkrete Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie festschreiben. Solche Zielwerte sind zum einen für die Nachhaltigkeitsbedingungen der Produktion zu entwickeln bzw. anzupassen – beispielsweise verringerte landwirtschaftliche Treibhausgas-, Stickstoff- und Phosphor-Emissionen, Ausweitung ökologisch wertvollerer Flächen. Zum anderen sind Nachhaltigkeitsziele auch in Bezug auf den Endkonsum von biobasierten (agrarisches, forstlichen oder marinen) Gütern und Produkten zu setzen, auch für die damit im In- und Ausland verbundenen Umweltbelastungen bzw. -entlastungen. Wo möglich, sollten die Ziele quantifiziert sein und ihr Erreichen in dem von der Regierung ohnehin vorgesehenen Bioökonomie-Monitoring miterfasst werden. In die Zukunft gewandt, könnte das Monitoring auch eine Nachhaltigkeitsanalyse künftig möglicher Bioökonomiepfaden umfassen.
- ▶ **Starke internationale Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln:** Bioökonomieaktivitäten in Deutschland und anderen Industrieländern wirken sich schon heute negativ auf lokale Ökosysteme, Ernährungssicherheit und soziale Gerechtigkeit im Globalen Süden aus. Die Regierung sollte sich daher dafür stark machen, die globalen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie zu verbessern. Sie kann sich in internationalen Prozessen dafür einsetzen, dass bestehende internationale Governance- und Fördermechanismen für nachhaltiges Land- und Flächenmanagement, Boden- und Waldschutz gestärkt und ausgebaut werden. Unter anderem kann sie Anstrengungen unternehmen, das Thema „Landgrabbing“ international auf die Agenda zu setzen. Um Biomasseimporte aus und Flächendruck in den Ländern des Globalen Südens zu verringern, ist die europäische Handelspolitik zu reformieren, unter anderem durch Sorgfaltspflichten für Importeure biogener Rohstoffe. Die Ziele der globalen Ernährungssouveränität und das Primat der Ernährungssicherung („Food First“-Prinzip) sollten im Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie operationalisiert werden. Die Entwicklungskooperation bietet Gelegenheit, die Förderung von ökologischen Bewirtschaftungsformen wie der Agrarökologie auszuweiten und Produktketten (z.B. Palmöl, Soja, Zuckerrohr) nachhaltiger zu gestalten.
- ▶ **Bioökonomie mit nachhaltigem Land- und Flächenmanagement verknüpfen:** Die Auswirkungen von steigenden Flächenbedarfen und Klimawandel können durch ein nachhaltiges Land- und Flächenmanagement adressiert werden. Dies erfordert zunächst, dass ambitionierte Klimaziele umgesetzt und die Klimawirkungen von Flächennutzungspolitiken geprüft werden. Bei Zielkonflikten in der Flächennutzung ist dem Erhalt und Ausbau der Biodiversität sowie der Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff prioritäre Bedeutung einzuräumen. Auf EU-Ebene sollte sich die Regierung dafür einsetzen, dass die Reform der Agrarpolitik (GAP) auf die Honorierung der ökologischen und gesellschaftlichen Leistungen

von Landwirtschaft fokussiert. National sollte sie die mitgliedsstaatlichen Spielräume maximal zugunsten des Umwelt- und Klimaschutz nutzen. Darüber hinaus kann sie eine stärkere Umwelt- und Sozialverträglichkeit der Land- und Forstwirtschaft durch ergänzende Förderpolitiken, ordnungspolitisch oder abgabenrechtlich vorantreiben (z.B. im Hinblick auf Moorschutz, Limitierung der Stickstoffeinträge, Erhaltung und Verbesserung von Bodenkohlenstoff, naturnahe Bewirtschaftung, Tierwohl und Agroforstwirtschaft). Um zu verhindern, dass landwirtschaftliche Flächen immer stärker von nicht-landwirtschaftlichen Investoren in Anspruch genommen werden, ist der Zugang zu landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland und der EU für Landwirte, insbesondere kleine und Öko-Betriebe, zu sichern. Die Biomasseförderung in RED II & EEG sollte bei zukünftigen Revisionen und Recasts weiter reduziert werden.

- ▶ **Branchenspezifische Roadmaps für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln:** Um den Einsatz der knappen biogenen Ressourcen zu priorisieren, empfehlen wir für Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, für die Chemie-, Textil und Verpackungsbranche sowie für den Energiesektor, branchenspezifische Roadmaps zu entwickeln. Diese sind aus den nationalen Zielwerten (siehe oben) abzuleiten und bauen in den einzelnen Branchen teils auch auf bereits bestehenden Nachhaltigkeitsinitiativen auf. Die Roadmaps sollten Ziele und Meilensteine für einen effizienten Einsatz von Biomasse im Rahmen planetarer Belastungsgrenzen definieren und alle relevanten Unternehmen einbeziehen. Für den Umgang mit vorhandenen Ziel- und Nutzungskonflikten schlagen wir vorab einen branchenübergreifenden Aushandlungsprozess vor.
- ▶ **Konsum- und Ernährungsstile nachhaltiger gestalten:** Um das allgemeine Bewusstsein für mehr Suffizienz bei Konsum- und Ernährungsstilen zu stärken und mehrheitsfähig zu machen, kann die Bundesregierung neben Informationskampagnen auch Reallabore⁹³ initiieren. Langfristige Mehrwertsteuer-Anpassungen können für die Verbraucherinnen und Verbraucher zudem Anreize schaffen, den Konsum von Fleisch und anderen tierischen Fetten und Eiweißen zugunsten von mehr pflanzlichen Lebensmitteln deutlich zu mindern (möglichst um 50 Prozent bis 2030). Eine steuerliche Förderung für vegetarische und vegane Angebote in der Gastronomie würde ebenfalls zu nachhaltigeren Ernährungsstilen beitragen. Schließlich gilt es auch, Lebensmittelverluste auf Angebots- und Nachfrageseite zu reduzieren und die „Food Use Hierarchy“ konsequent anzuwenden (z.B. Rückführung von Nährstoffen in den landwirtschaftlichen Kreislauf vor energetischer Verwertung).
- ▶ **Biotechnologie vorsorgeorientiert nutzen:** Um beim Einsatz neuer gentechnischer Verfahren die Anwendung des Vorsorgeprinzips sicherzustellen, sollte sich die Bundesregierung dafür einsetzen, dass auf EU-Ebene an der gegenwärtig gültigen Rechtslage festgehalten wird. Bei dem Einsatz dieser Verfahren in geschlossenen Anlagen (z.B. für neue Synthesewege bei Chemikalien) sind die jeweiligen Entwickler bzw. Hersteller zu verpflichten, relevante Fragestellungen bezüglich Nachhaltigkeit und Risikomanagement frühzeitig zu klären. In Hinblick auf die Freisetzung von „Gene Drive“-Anwendungen kann eine klare Positionierung für ein Moratorium auf internationaler Ebene helfen, unabsehbare Risiken in Bezug auf Biodiversität und die Integrität von Ökosystemen zu mindern. Ferner empfehlen wir, auf

⁹³ Dabei bezeichnet ein Reallabor „eine transdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungseinrichtung. Wissenschaft und Gesellschaft arbeiten gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen. Hochschulen, Kommunen, NROs, Unternehmen, staatliche Institutionen, Verbände schließen sich unter dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung als Pioniere des Wandels in Reallaboren zusammen [...]. Zivilgesellschaft und Bürgerschaft bilden dabei wichtige und starke Partner [...] sie entwickeln, erproben und erforschen Neues“ (Netzwerk Reallabore der Nachhaltigkeit (2020)).

nationaler wie europäischer Ebene gesellschaftliche Dialoge zu einer integrierten Chancen-Risiko-Betrachtung neuer gentechnischer Verfahren zu führen.

- ▶ **Forschungs- und Innovationspolitik zur Bioökonomie an ihrem Gesellschafts- und Umweltnutzen ausrichten:** Forschungsförderung begünstigt aktuell Technologiethemen der Bioökonomie. Wir empfehlen demgegenüber, verstärkt Projekte zu fördern, die sich mit sozialen und ökologischen Aspekten beschäftigen und diese in die bestehende technologische Forschung integrieren. Für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sollte verbindlich eine Technikfolgen- und Nachhaltigkeitsabschätzung vorgeschrieben werden. So können bereits entwicklungsbegleitend Managementsysteme zur Minderung dieser Risiken entwickelt werden. Um den gesellschaftlichen Mehrwert von Bioökonomieforschung zu erhöhen, sollten zudem zivilgesellschaftliche Akteure auf nationaler wie EU-Ebene in die Entwicklung von Forschungsagenden, aber auch in konkrete Forschungsprojekte stärker eingebunden werden. Interessante neue Impulse könnten sich außerdem durch einen verstärkten Transfer von Technologien, Wissen und (sozialen) Praktiken aus Ländern des Globalen Südens in den Globalen Norden ergeben.
- ▶ **Forschungslücken adressieren:** Politische Strukturen und Widerstände der Wirtschaft, aber auch von Verbraucherinnen und Verbrauchern hemmen bislang die Transformation hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie. Sie sollten daher empirisch untersucht werden. Darauf aufbauend gilt es auszuleuchten, wie diese Hemmnisse überwunden werden können. Erfahrungen aus anderen Transformationsprozessen – beispielsweise der Energiewende – können hier wertvolle Erkenntnisse liefern. Weiterhin empfehlen wir zu analysieren, wie das „Food First“-Prinzip im Kontext internationaler Zusammenarbeit praktisch umgesetzt werden kann. Forschungsbedarf besteht auch zur Frage, welches Konsumniveau mit den verfügbaren Mengen nachhaltig produzierter Biomasse abgedeckt werden kann. Dabei wäre u.a. zu klären, welche Freiheitsgrade sich durch eine Veränderung von Konsummustern (z.B. bei der Ernährung) ergeben können. Schließlich sollte auch überprüft werden, ob und in welcher Ausgestaltung höhere Tierschutzstandards in der Landwirtschaft helfen können, die Tierproduktion und die damit verbundenen Umweltbelastungen zu senken und Tierleid zu verringern.

Um die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen so zu ändern, dass Bioökonomie nachhaltig wird, lassen sich die vorgestellten Handlungsoptionen in einer Reihe aktueller Politikprozesse aufgreifen:

- ▶ **Nationale Bioökonomie-Strategie:** Im Januar 2020 veröffentlichte die Bundesregierung unter Federführung des BMBF und BMEL ihre neue Bioökonomie-Strategie (Bundesregierung 2020).⁹⁴ Sie definiert die Ziele und Leitlinien der deutschen Bioökonomie-Politik und benennt Handlungsfelder für deren Umsetzung. In ihrem Rahmen können die im Folgenden vorgestellten Handlungsoptionen aufgegriffen werden, u.a. durch den Bioökonomierat III, ein neu einzurichtendes Beratungsgremium, das unter Einbindung von Stakeholdern Empfehlungen für einen Umsetzungsplan mit konkreten Umsetzungsschritten entwirft.
- ▶ **Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) III:** Das Ressourceneffizienzprogramm zielt auf die nachhaltige Nutzung und den Schutz natürlicher Ressourcen. In der Umsetzung des neu aufgelegten Programms 2020 – 2023 soll es unter der Überschrift

⁹⁴ Erstellt wurde diese auf Grundlage eines Agendaprozesses zur Weiterentwicklung der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie, deren Evaluation, eines Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie und Empfehlungen des Bioökonomierates.

„Verbreiterung der Rohstoffbasis“ auch darum gehen, Regelungen abzubauen, die die stoffliche Nutzung von nachhaltig erzeugter Biomasse behindern und die Kaskadennutzung zu stärken.

- ▶ **Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie:** Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2018), die sich seit 2016 an den Zielen der Agenda 2030 der Vereinten Nationen anlehnt, soll bis Anfang 2021 aktualisiert werden. Hier existieren zahlreiche Ansatzpunkte, um auf eine nachhaltigere Ausgestaltung von Bioökonomie hinzuwirken.
- ▶ **European Green Deal:** Das zentrale politische Programm der Europäischen Kommission, der European Green Deal (European Commission 2019), sieht Maßnahmen vor, die auch für eine nachhaltige Bioökonomie relevant sind und die es in den kommenden Jahren noch zu konkretisieren gilt. Dies umfasst u.a. eine neue „Farm to Fork“ Strategie, die aktualisierte EU-Biodiversitätsstrategie und EU-Waldstrategie, einen Circular Economy Action Plan und den geplanten Rechtsrahmen für biobasierte Kunststoffe. Der European Green Deal sieht zudem im Kontext des Europäischen Fonds und der Langfristvision für ländliche Entwicklung vor, die Chancen der Bioökonomie stärker zu verankern.
- ▶ **EU-Forschungsrahmenprogramm:** Während die öffentliche Konsultation zum neuen EU-Forschungsrahmenprogramm („Horizon Europe“) bereits abgeschlossen ist, wird die thematische Ausrichtung des neuen Programms – unter anderem zum Cluster Ernährung, Bioökonomie, natürliche Ressourcen, Landwirtschaft und Umwelt – in Programmausschüssen konkretisiert, in die die Mitgliedsstaaten Vorschläge einspeisen können.
- ▶ **Agrarpolitik:** Bis Ende 2020 soll die neue Gemeinsame Europäische Agrarpolitik (GAP) verabschiedet werden und die EU-Staaten beginnen aktuell, nationale „GAP-Strategiepläne“ zu entwickeln. In deren Rahmen können sie die GAP-Förderinstrumente national so einsetzen, dass die der Bioökonomie zugrundeliegende landwirtschaftliche Primärproduktion möglichst nachhaltig wird. Bund und Länder können darüber hinaus weitere Anstrengungen unternehmen, um Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft durch Förderprogramme und Ordnungsrecht umweltverträglicher und sozialer auszugestalten.
- ▶ **Corona-Konjunkturprogramme:** Die von der Bundesregierung und EU-Kommission geplanten Konjunkturprogramme zur Unterstützung der Wirtschaft im Kontext der Corona-Krise gilt es so auszugestalten, dass die wirtschaftliche Stabilisierung nicht die Erreichung bestehender Ziele, wie der SDGs, der Klima- und Naturschutzziele, konterkariert. Vielmehr sind Transformationspfade hin zu nachhaltigen und resilienten Systemen der Biomasseproduktion und -nutzung zu ebnen. Die Programme stellen so eine Chance dar, den Wandel hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft und nachhaltigen Bioökonomie zu unterstützen.

6.2 Handlungsfelder für eine nachhaltigere Ausgestaltung der Bioökonomie

6.2.1 Die Rolle von Bioökonomie im Kontext der planetaren Grenzen und der Agenda 2030 konkretisieren

Die **Belastungsgrenzen der Erde** kommen zunehmend unter Druck, Kipppunkte drohen erreicht zu werden (Rockström et al. 2009). Dies gefährdet die Lebensgrundlagen heutiger und künftiger Generationen. Politik und Gesellschaft müssen neue Antworten finden – auch im Hinblick auf die Bioökonomie. So dürfen bioökonomische Aktivitäten insbesondere nicht der Biosphäre und Biodiversität, dem Klima und den biogeochemischen Stoffkreisläufen (insbesondere Stickstoff- und Phosphorflüsse) schaden. In Bezug auf Biodiversität gilt die planetare Grenze bereits als überschritten: National wie international verlieren wir immer mehr Ökosysteme, Arten

und genetische Vielfalt, und Leistungen der Natur wie Klima- und Hochwasserschutz, Bestäubung und Bodenbildung erodieren (IPBES 2019; UNEP 2019; IPCC 2019; SCBD 2014; MA 2005; BMU 2017). In der Biologie ist von einem „sechsten Massensterben“ die Rede (Ceballos et al. 2015). Auch der Zustand der biogeochemischen Flüsse wird als äußerst kritisch bewertet. So übertreffen das künstliche Synthesevolumen reaktiven Stickstoffs und die Gesamtmenge des geförderten Phosphors pro Jahr die jeweiligen planetaren Belastungsgrenzen in etwa um das Doppelte (Steffen et al. 2015). Der Klimawandel wurde bislang in einen Bereich hoher Unsicherheit mit einem zunehmenden Risiko gefährlicher Veränderungen eingestuft (ebd.). Aktuelle Forschungsergebnisse weisen jedoch auf unmittelbar drohende Kippunkte im Klimasystem der Erde hin. Weil die Auswirkungen auf Biodiversität (z.B. Verlust des Regenwalds im Amazonas) und Landnutzung irreversibel sind, muss unverzüglich gehandelt werden, um die Netto-Emissionen in weniger als 30 Jahren auf null zu senken (IPCC 2019; Lenton et al. 2019).

Diese Handlungsnotwendigkeiten spiegeln sich zu einem Gutteil in der „**Agenda 2030**“ der Vereinten Nationen wider. Sie formuliert die Vision einer Welt, „in der die menschlichen Lebensräume sicher, widerstandsfähig und nachhaltig sind und in der alle Menschen Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher und nachhaltiger Energie haben“ und in der „die Konsum- und Produktionsmuster und die Nutzung aller natürlichen Ressourcen – von der Luft bis zum Boden, von Flüssen, Seen und Grundwasserleitern bis zu Ozeanen und Meeren – nachhaltig sind“ (UN 2015). Die Agenda fordert „transformativen Wandel“ ein, fünf handlungsleitenden Prinzipien folgend: der Orientierung an Mensch, Planet, Wohlstand, Frieden und Partnerschaft.⁹⁵ Zentral definiert sie 17 globale Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs), vom Kampf gegen Armut und Hunger bis zum Schutz von Klima, Böden und Biodiversität (UN 2015). Die SDGs sind in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) aufgegriffen (Bundesregierung 2018). Die DNS formuliert darüber hinaus auch Prinzipien nachhaltiger Entwicklung, die die Politik in der Gestaltung politischer Maßnahmen beachten soll.⁹⁶

Vor dem Hintergrund der beschriebenen planetaren Entwicklungen, aber auch des bestehenden normativen Rahmens von Agenda 2030 und Deutscher Nachhaltigkeitsstrategie ist es nötig, die **Rolle von Bioökonomie im Kontext der Umsetzung dieser Ziele stärker zu konkretisieren**. Ziel wäre eine „transformative Bioökonomie“ (Fritsche et al. 2020), die dem Anspruch der Agenda 2030 nach transformativem Wandel gerecht werden kann.

Unter **Bioökonomie** versteht die Bundesregierung laut ihrer neuen Bioökonomie-Strategie „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“ (Bundesregierung 2020, S. 6).

Bioökonomie ist damit ein Überbegriff für unterschiedliche Sektoren, deren gemeinsamer Nenner die Wertschöpfung aus „biologischen Ressourcen, Prozessen und Systemen“ ist. Sie schließt Land- und Forstwirtschaft, Nahrungsmittelindustrie, Energiewirtschaft, chemische Industrie, Biotechnologiesektor und vielzählige weitere Branchen ein. In diesen unterschiedlichen Sektoren werden unterschiedliche **Bioökonomie-Pfade** verfolgt, d.h. Prozesse, Produkte oder

⁹⁵ Auf Englisch: People, Planet, Prosperity, Peace, Partnership (“5 Ps”).

⁹⁶ Die Prinzipien lauten: 1. Nachhaltige Entwicklung als Leitprinzip konsequent in allen Bereichen und bei allen Entscheidungen anwenden; 2. Global Verantwortung wahrnehmen; 3. Natürliche Lebensgrundlagen erhalten; 4. Nachhaltiges Wirtschaften stärken; 5. Sozialen Zusammenhalt in einer offenen Gesellschaft wahren und verbessern; 6. Bildung, Wissenschaft und Innovation als Treiber einer nachhaltigen Entwicklung nutzen; Bundesregierung (2018).

Technologien, die die Nutzung von biogenen Ressourcen in verschiedenen Anwendungsbereichen beinhalten.⁹⁷

Über diese technischen Dimensionen hinaus, die in der aktuellen Debatte implizit im Vordergrund stehen, hat Bioökonomie immer auch **soziale Aspekte**: Sie geht einher mit Landnutzungspraktiken, Produktionstechniken, Produktnutzungen und Konsummustern etc., die kulturell geprägt sind, die je ein spezifisches Verhältnis zwischen Mensch und Natur widerspiegeln, und die Gerechtigkeitsfragen und Genderrollen berühren. So kann die Ausweitung von industriellem Biomasseanbau im Globalen Süden die Lebenswelten insbesondere von Frauen destabilisieren, im schlimmsten Fall durch damit einhergehenden Landraub (Oxfam 2013; Alvarez 2013). Diese Dimensionen sind für eine nachhaltigere Ausgestaltung von Bioökonomie mitzudenken.

Der Definition von Bioökonomie durch die Bundesregierung ist das Ziel eines „zukunftsfähigen Wirtschaftssystems“ eingeschrieben. Dies geht weit über die bisherige Zielsetzung einer Substitution fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe hinaus. Der ausdrückliche **Verweis darauf, dass die Bioökonomie-Strategie ein Beitrag zur Nachhaltigkeitspolitik der Regierung leisten soll**,⁹⁸ **begründet einen Auftrag an die Politik, die Bedingungen für die Nutzung der begrenzten Biomassepotenziale tatsächlich so zu gestalten** (regulieren, fördern etc.), dass sie den in der Agenda 2030 enthaltenen Nachhaltigkeitszielen, wie z.B. Klima-, Boden- und Biodiversitätsschutz sowie der Ernährungssicherung und der Bekämpfung von Hunger, der Verfügbarkeit von Wasser, einem gesunden Leben und der Geschlechtergleichstellung, nicht zuwiderlaufen, sondern deren Erreichung möglichst erleichtern.

Denn Bioökonomie trägt nicht per se zu (mehr) Nachhaltigkeit bei. Ob dies der Fall ist oder nicht, zeigt sich erst im konkreten Anwendungsfall. Grundsätzlich steigt der Druck auf vorhandene und zusätzlich erschließbare Biomasse und Landfläche. In der Folge werden land- und forstwirtschaftliche Nutzungen weltweit immer intensiver, Landnutzungsänderungen wie Waldrodung und Grünlandumbruch, weiten sich aus. Entlang der Wertschöpfungskette treten weitere ökologische und soziale Belastungen auf.

Wir empfehlen:

Die Bundesregierung und der Bioökonomierat **definieren und spezifizieren** im Rahmen der Umsetzung der Nationalen Bioökonomie-Strategie **die Rolle von Bioökonomie im Kontext der planetaren Grenzen und der Agenda 2030-Umsetzung**. Hierfür schlagen wir folgende Eckpunkte vor, die in den Folgekapiteln konkretisiert werden:

- **Nachhaltige Bioökonomie-Pfade vorantreiben, weniger nachhaltige nicht:** Es sollte für einzelne Bioökonomie-Pfade bewertet werden, in welchem Maße sie die Umwelt und soziale Aspekte be- oder entlasten, und ob sie in Zielkonflikten zur Agenda 2030 und nationalen Nachhaltigkeitspolitiken stehen (vgl. Kap. 3 und 4). Im politischen Prozess sollten diejenigen Bioökonomie-Pfade priorisiert werden, die effektiver, effizienter und mit mehr positiven bzw. weniger negativen Umwelt- und Sozialwirkungen verbunden sind. Nicht zuletzt sollte abgewogen werden, an welcher Stelle Anreize zur Biomassenutzung umgelenkt oder abgebaut bzw. ihre Weiterentwicklung unterbunden werden sollte („Exnovation“, vgl. Heyen 2016).

⁹⁷ Beispiele für Bioökonomie-Pfade sind die Herstellung von Grundchemikalien, Herstellung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, Nutzung von fortschrittlichen Biokraftstoffen im Verkehrssektor.

⁹⁸ „Die Nationale Bioökonomie-Strategie der Bundesregierung ... fördert die Stärkung einer biobasierten Wirtschaft als wesentlichen Beitrag ihrer Politik für Nachhaltigkeit“ (BMBF und BMEL 2020, S. 11, eigene Hervorhebung).

- Bioökonomie-Pfade sollten möglichst keine neue, *zusätzliche* Nutzung von land- oder forstwirtschaftlicher Anbaubiomasse hervorrufen, um Belastungen durch Flächenumwandlung und/oder Nutzungsintensivierung zu vermeiden. Bisher ungenutzte Abfall- und Reststoffe sollten vorrangig erschlossen werden. Hier spielt die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft (z.B. Kaskadennutzung) eine entscheidende Rolle.
 - Wo möglich, sollten biogene Rohstoffe vor allem stofflich genutzt werden, um die stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen zu substituieren.
 - Klimaschutzziele im Energiebereich sind mit regenerativen Energiequellen, wie Sonne und Wind, vergleichsweise effektiver, in der Regel effizienter und mit weniger negativen ökologischen und sozialen Wirkungen zu erreichen als die Nutzung von Energie aus Anbaubiomasse. Fossile Energieträger sollten daher vorrangig durch nicht-biogene erneuerbare Energien substituiert werden oder zumindest durch biogene Abfall- und Reststoffe (s.o.).
 - Bioökonomie-Pfade sollten zur Umsetzung sozialer Ziele beitragen, wie der Ernährungssicherung, den Menschenrechten, einschließlich den Rechten von Kleinbauern⁹⁹ sowie zu den Rechten an Land, Wald und Fischereiressourcen,¹⁰⁰ wie auch zur Einhaltung von Sozialstandards in der Primärproduktion und von fairem Handel. Zugleich sollten sich Bioökonomie-Pfade positiv auf ökologische Zustände (Biodiversität, Boden, Wasser, Luft) auswirken, eine deutliche Treibhausgasminderung gegenüber einer fossilen Referenz sicherstellen und die (Flächen-, Material-, Energie-) Effizienz bestehender Biomassennutzungen verbessern (z.B. Reduktion von Lebensmittelabfällen).
 - Zur Erreichung von Ernährungssicherheit und -souveränität in Ländern des Globalen Südens bieten sich andere Strategien an als eine internationale Ausweitung des Biomasseanbaus, welche die Nutzungskonkurrenz um Land weltweit intensivieren kann. Als vielversprechend gelten Ansätze, die auf lokale Märkte und gerechte Handelsbeziehungen setzen, auf einen gesicherten Zugang zu Land und natürlichen Ressourcen, aber auch zu Krediten und Bildung, auf eine ökologische und bäuerliche Landbewirtschaftung, und auf den Vorrang des Menschenrechts auf Nahrung (SWISSAID 2009; vgl. Kap. 6.2.4 unten sowie TEEB 2018).
- **Jenseits der nachhaltigeren Ausgestaltung einzelner bioökonomischer Pfade ist die Bioökonomie in ein grundsätzlich nachhaltigeres Wirtschaftssystem einzubetten:**
- Ein nachhaltiges Wirtschaftssystem agiert innerhalb der **planetaren Grenzen**. Dies kann heißen, dass **Grenzen für kritische Umweltwirkungen der Bioökonomie** eingeführt werden und diese (stärker als bisher) **bepreist** werden. Wirtschaftliche Entwicklung kann dann nur innerhalb der gesetzten Verbrauchsgrenzen stattfinden. Technisches Innovationsgeschehen (auch für Bioökonomie-Pfade) erhält so eine „Richtung“; zusätzlich können soziale Innovationen (z.B. Sharing Economy, urbane Landwirtschaft) angereizt werden. Adaptive Managementstrategien helfen, **saisonale wie langfristige Dynamiken und Entwicklungen von Agrarökosystemen** sowie von den damit verbundenen Ökosystemleistungen besser im Wirtschaftsprozess zu berücksichtigen (Berkes 2017; Walker et al. 2001). Dabei werden Ökosystemzustände mittels Monitorings regelmäßig

⁹⁹ Vgl. UN Declaration on the Rights of Peasants and Other People Working in Rural Areas (UN General Assembly Resolution 73/165, 2018).

¹⁰⁰ Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security (Committee on World Food Security, Document CFS 2012/38/2, 2012).

überwacht und Bewirtschaftungsmaßnahmen an die Entwicklung der Umweltzustände angepasst.

- **Bessere Rahmenbedingungen für nachhaltige Konsum- und Investitionspraktiken** ermöglichen, dass die Anreize für Verbraucherinnen und Verbraucher, aber auch für Anlegerinnen und Anleger steigen, ihr Alltagshandeln und die Finanzflüsse – auch im Kontext bioökonomischer Produkte – stärker auf Nachhaltigkeit auszurichten. Dies betrifft Agrarinvestitionen, die mindestens den Prinzipien für verantwortliche Investitionen in Landwirtschaft und Ernährungssysteme des Welternährungsausschusses¹⁰¹ folgen sollten, aber auch die Rahmenbedingungen für nachhaltige Ernährung. Denn eine Umstellung der Ernährungsstile – insbesondere ein geminderter Konsum tierischer Produkte – setzt erhebliche Flächen frei (destatis 2017; UBA 2018).

Aus diesen Eckpunkten leiten sich Empfehlungen zu unterschiedlichen Handlungsfeldern ab, die im Folgenden näher beschrieben werden.

6.2.2 Den gesellschaftlichen Dialog zur Bioökonomie stärken und die Governance von Bioökonomie ausbalancieren

Die Diskussion um die Nachhaltigkeitsfragen einer Bioökonomie und zur Rolle der Bioökonomie für eine nachhaltige Entwicklung in Deutschland und international wurde bislang vorwiegend in der Fachöffentlichkeit und eher in Wirtschafts-, Wissenschafts- und politischen Kreisen ausgetragen; erst in jüngerer Zeit hat die Debatte auch innerhalb der Zivilgesellschaft Dynamik entwickelt.¹⁰² Abgesehen von der Bioenergiedebatte hat eine **breitere gesellschaftliche Auseinandersetzung** dazu jedoch kaum stattgefunden. Immerhin widmet sich nun das Wissenschaftsjahr 2020, im Rahmen dessen das BMBF den Austausch zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit fördert, der Bioökonomie. Bereits die letzte Bioökonomie-Strategie sah den „Ausbau der Information zur Bioökonomie und [die] Stärkung des gesellschaftlichen Dialogs mit den Akteuren der Bioökonomie“ vor (BMEL 2014, S. 47). Das Ziel war hierbei allerdings relativ einseitig, die „Aufgeschlossenheit für biobasierte Produkte sowie Innovationen zu stärken“ (ebd.). Bevor es um die Werbung von Akzeptanz für biobasierte Produkte geht, sollten jedoch die **Nachhaltigkeitsfragen**, die in Bezug auf Bioökonomie bestehen, mit einer breiteren Öffentlichkeit offen diskutiert werden. Dies fördert Transparenz und Demokratie, was u.a. angesichts der umfangreichen öffentlichen (v.a. F&E-) Mittel in diesem Politikfeld angemessen ist, aber auch angesichts der berechtigten Sorge um gravierende ökologische und soziale Folgen, die mit einem Ausbau von Bioökonomie einhergehen (vgl. Kiresiewa & Hasenheit 2019).

Darüber hinaus weist die **Governance der Bioökonomie** aktuell einige Defizite auf. Im Prozess der Strategie- und Politikentwicklung für die Bioökonomie wurden bisher hauptsächlich Akteure aus der sogenannten „Triple-Helix“ von Politik, Wissenschaft und Industrie eingebunden. Zugang zu diesem Prozess hatten zivilgesellschaftliche Akteure hauptsächlich über öffentliche Konsultationen zum Strategieentwurf. Dieses Instrument ist wenig geeignet, um Einfluss auf die strategische Ausrichtung der nationalen oder europäischen Bioökonomie-Politik zu nehmen (vgl. Lühmann 2019). Vertreterinnen und Vertreter der Zivilgesellschaft bringen gemeinwohlorientierte Interessen in den politischen Prozess ein und können sowohl neue Impulse geben als auch eine unterschiedliche Bewertung und Gewichtung verschiedener Aspekte bewirken. In der nationalen Bioökonomie-Strategie fehlen konkrete Maßnahmen, um die Zivilgesellschaft wirksam einzubinden. Unausgewogen ist die Governance der Bioökonomie aktuell auch in Bezug auf

¹⁰¹ Principles for Responsible Investment in Agriculture and Food Systems (CFS 2014/41/4).

¹⁰² Vgl. <https://denkhausbremen.de/themen/biooekonomie/>

die Beteiligung relevanter Ressorts. Die Entwicklung und Umsetzung der Bioökonomie-Strategie in Deutschland liegen in der Zuständigkeit vom BMEL und BMBF. Aufgrund des sektorübergreifenden Charakters der Bioökonomie sind aber Ressortabstimmungen und Politikkohärenz essentiell, insbesondere enge Abstimmung von Energie-, Klima-, Agrar- und Umweltpolitik zur Steuerung der Biomassenutzung und der Umgang mit konkreten Zielkonflikten (Kiresiewa et al. 2019).¹⁰³

Wir empfehlen:

Es wird ein offener Diskussionsprozess mit Bürgerinnen und Bürgern gefördert. Dies würde die mit der Bioökonomie verbundenen Nachhaltigkeitsfragen in die Breite der Gesellschaft bringen und könnte unter einer geteilten Schirmherrschaft von BMBF, BMEL, BMU und BMZ organisiert werden. Aufbauend auf einer allgemeinen Debatte könnte hier auch über die **Ausrichtung staatlicher Fördermittel** diskutiert werden. Für einen effektiven und breit angelegten Dialog mit der Bevölkerung sollten zudem genügend finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt werden.

Zu berücksichtigen ist, dass die Beteiligung der breiten Öffentlichkeit an dieser Diskussion durch das Maß an Abstraktion und Komplexität des Bioökonomie-Konzepts erschwert wird. Ohne die nötigen Vorkenntnisse erweist es sich als schwierig, ein fundiertes Urteil über die Bioökonomie zu treffen oder sich an entsprechenden Diskussionsprozessen zu beteiligen. Vor diesem Hintergrund spielt Bildung für nachhaltige Entwicklung eine große Rolle. Die Vermittlung von Wissen über ökologische, ökonomische und soziale Folgen von Konsumpraktiken sowie über neue, nachhaltigere Lebensstile ist unabdingbar, soll Bioökonomie zu einer gesellschaftlichen Transformation in Richtung Nachhaltigkeit beitragen. Nachhaltigkeitsfragen zu Bioökonomie gehören daher in die Curricula von Schulen, Universitäten und Weiterbildungsträgern; hier sind v.a. die Bundesländer und teils die Bildungseinrichtungen selbst gefragt.

- **Die Stimme der organisierten Zivilgesellschaft wird in der politischen und öffentlichen Diskussion um die Bioökonomie gestärkt.** Wie in der neuen Bioökonomie-Strategie selbst vorgeschlagen, sollten Vertreterinnen und Vertretern der Zivilgesellschaft im neuen Bioökonomierat angemessen beteiligt werden (vgl. Kap. 6.2.3). Darüber hinaus sollte die Interministerielle Arbeitsgruppe (IMAG) Bioökonomie einen kontinuierlichen Austausch mit Vertreterinnen und Vertretern von Zivilgesellschaft und nachhaltigen bzw. gemeinwohlorientierten Geschäftsmodellen¹⁰⁴ pflegen. Unter anderem sollten sich der Austausch auf die Zieldefinition, Konkretisierung, Umsetzung und das Monitoring der nationalen Bioökonomie-Strategie beziehen.

Auch auf EU-Ebene sollte die Generaldirektion Forschung und Innovation der Europäischen Kommission **eine kontinuierliche und glaubhafte Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure in Entwicklung, Umsetzung und Monitoring der europäischen Bioökonomie-Strategie sicherstellen.** Eine breite Beteiligung der Zivilgesellschaft sollte bereits **in einem frühen Stadium** stattfinden, beginnend mit der Problemstellung und dem Agenda-Setting – beispielsweise durch Austausch mit dem mitgliedersstaatlichen Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) und dessen strategischer Arbeitsgruppe zur Bioökonomie – bis hin zum Monitoring der Strategie (Gerdes et al. 2017).

¹⁰³ Auch die neue nationale Bioökonomie-Strategie weist beispielsweise noch keinen Weg auf, wie das Primat der Ernährungssicherung („Food First“-Prinzip) operationalisiert werden oder die Nachhaltigkeit von Biomasseanbau in unterschiedlichen Ländern (Deutschland, EU- und Drittstaaten) gewährleistet werden kann.

¹⁰⁴ u.a. ökologische(r) Landbau und Lebensmittelwirtschaft, naturnahe Waldwirtschaft.

- ▶ **Mögliche Beteiligungsformate und Ressourcen für die Teilnahme daran werden im vorgesehenen Umsetzungsplan der nationalen und europäischen Bioökonomie-Strategie festgeschrieben:** Eine finanzielle Unterstützung gemeinwohlorientierter Akteure im Bioökonomie-Strategieprozess könnte helfen, eine solche wirksame Beteiligung zu gewährleisten. Dadurch könnten die bestehenden Ungleichgewichte in der Verteilung von Kapazitäten und Ressourcen zwischen den zivilgesellschaftlichen und anderen Stakeholdern (v.a. der Wirtschaft) gemindert werden. Die unabhängige staatliche Förderung von Akteuren, die Gemeinwohlinteressen vertreten, sollte politisch anerkannt werden. Ansatzpunkte wären zum einen die Aufstockung der bislang vergleichsweise geringen Mittel für die Verbändeförderung¹⁰⁵ des Umweltressorts. Zum anderen sollten die zur Umsetzung der neuen nationalen Bioökonomie-Strategie vorgesehenen Mittel für einen offenen Dialog mit gesellschaftlichen Gruppen (Bundesregierung 2020) genutzt werden, um z.B. Positionspapiere oder Veranstaltungen zivilgesellschaftlicher Akteure finanziell zu unterstützen. Ein weiteres Modell ist die Projekt- und Verbändeförderung des EU-Umweltbüros durch die Europäische Kommission. Sie ermöglicht die Mitwirkung des Umweltbüros an bestimmten umweltpolitischen Prozessen auf europäischer Ebene. Wichtig sind auch Beteiligungsformate, die über die einfache Kommentierung von Dokumenten hinausgehen und es weitergehend erlauben, komplexe und konfliktreiche Themen der Bioökonomie zu diskutieren und aktiv mitzugestalten (z.B. transdisziplinäre **Co-Design-Formate wie Reallabore**¹⁰⁶). Diese sollten stärker gefördert werden.
- ▶ **Nachhaltigkeitsfragen der Bioökonomie werden auf grundsätzlicher (d.h. weniger umsetzungsorientierter) Ebene zwischen Stakeholdern aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Forschung und Politik in einem längerfristigen und geschützten Dialogformat** (analog zu den „Chatham House“-Dialogen) unter einer geteilten Schirmherrschaft von BMBF, BMEL, BMU und BMZ diskutiert. Hier ginge es darum, die divergierenden Ziele und Werthaltungen von Stakeholdern zur Bioökonomie (vgl. Wolff 2019) für die jeweils anderen nachvollziehbarer zu machen und so die Polarisierung zwischen Akteuren des „affirmativen“ und des „kritischen“ Diskurses zu mindern. Da diese Polarisierung Ziel- und Wertkonflikte reflektiert und nicht „nur“ Interessens- oder Mittelkonflikte, ist die reine Aushandlung einer Kompromissposition („Bargaining“-Lösung) zwischen den Antagonisten wenig aussichtsreich. Ein Dialogverfahren kann demgegenüber das Verständnis der Stakeholder-Gruppen für Positionen der anderen erhöhen.
- ▶ **Alle relevanten Ressorts („Whole-of-Government“-Ansatz) werden in den Strategieprozess zur Bioökonomie eingebunden**, um Politikkohärenz zu gewährleisten. Vorteile durch eine gleichwertige Beteiligung, z.B. in Form einer gemeinsamen Federführung bei der Entwicklung des Maßnahmenplans zur Umsetzung der neuen Bioökonomie-Strategie, ergeben sich in vielerlei Hinsicht. So könnten Umwelt-, Entwicklungs- und Gesundheitsaspekte stärker verankert und insgesamt die Integration von Bioökonomie und Nachhaltigkeitszielen (Agenda 2030) verbessert werden.
- ▶ **Prozesse der politischen Interessensvertretung werden transparenter gestaltet.** Gerade in der hochsubventionierten Landwirtschaftspolitik gibt es starke wirtschaftliche Interessen, die einer Nachhaltigkeits- und Gemeinwohlorientierung entgegenwirken (Oxfam Deutschland 2016; Nischwitz und Chojnowski 2019). Die entsprechenden Lobbyinteressen

¹⁰⁵ So finanziert das BMU aktuell in der Verbändeförderung das „Zivilgesellschaftliche Aktionsforum Bioökonomie“ (01.04.2018 bis 31.03.2020, verlängert bis 31.03.2022.)

¹⁰⁶ Zur Definition von Reallaboren siehe Fußnote 93.

offenzulegen und Landwirtschaftspolitik transparenter zu gestalten, könnte Machtungleichgewichte im politischen Diskurs mindern. Instrumente, die hierfür zur Verfügung stehen, reichen von einem Lobbyregister, in dem alle Lobbyisten ihre Auftraggeber, Ziele und Budgets offenlegen müssen, bis zu einer „Legislativen Fußspur“, die Lobbyeinflüsse auf Gesetzesvorhaben öffentlich sichtbar und diskutierbar macht.¹⁰⁷ Hier ist die Bundesregierung im Ganzen gefragt. Bei der Erhöhung der Transparenz von Konsultationen könnten allerdings auch einzelne Ministerien wie das BMBF, BMEL und BMU beispielgebend voran gehen, indem sie die legislative Fußspur von Gesetzesvorhaben, für die sie die Federführung innehaben, selbst veröffentlichen. Grundsätzlich sollten auch finanzschwache Gruppen dabei unterstützt werden, politischen Einfluss zu nehmen.

6.2.3 Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren und ein regelmäßiges Monitoring durchführen

Die Bundesregierung hat bislang keine konkreten politischen **Zielwerte definiert** oder quantifiziert, um eine langfristige und vorausschauende Governance der Bioökonomie zu ermöglichen. Solche Ziele und Zeitfristen, untersetzt durch ein Monitoring, sind für viele andere Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen – vom Klima- über den Natur-, den Ressourcenschutz bis hin zum nachhaltigen Konsum – bereits eingeführt. Zwar entwickelt die Bundesregierung aktuell bereits ein **Monitoring der Bioökonomie**. Im Rahmen von drei Forschungsvorhaben wurden hierzu wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet, die in einem „Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie“ veröffentlicht wurden (Bringezu et al. 2020). Dieser Bericht bezieht sich auf die Ressourcenbasis der Bioökonomie und auf biogene Stoffströme, sozio-ökonomische Entwicklungen und ökologische Fußabdrücke inklusive der Flächenbelegung und Indikatoren zu Wasser und Biodiversität.¹⁰⁸ Da aber für die Bioökonomie nur unkonkrete Zielvorgaben bestehen, kann das Bioökonomie-Monitoring – auch wenn es breit angelegt ist – eine Zielerreichung nur bedingt monitoren. Die aktuelle Datenverfügbarkeit und -qualität schränkt absehbar die Qualität des Monitorings ein und ist künftig zu verbessern.

Wir empfehlen:

- ▶ **Die Bundesregierung setzt politische Zielvorgaben für eine nachhaltige Bioökonomie, verknüpft sie mit Zeitvorgaben und monitort die Zielerreichung.** Ziel- und Zeitvorgaben und deren Überprüfung sind essentiell für eine nachhaltige Entwicklung der Bioökonomie. Über anschlussfähige Ziele und Indikatoren hinaus, wie sie z.B. in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (z.B. 20 Prozent Flächenanteil im Ökolandbau, Reduktion der Stickstoffüberschüsse) und bei ProgRes (Berücksichtigung biotischer Rohstoffe bei Steigerung der Rohstoffeffizienz) bereits bestehen, sind zunächst auf nationalstaatlicher Ebene konkrete politische Zielwerte bezogen auf Nachhaltigkeitsbedingungen der **Produktion** zu entwickeln bzw. anzupassen – wie verringerte landwirtschaftliche THG-, Stickstoff-, Phosphor-Emissionen und Inanspruchnahme von Ackerflächen zulasten ökologisch wertvollerer Flächen. Darüber hinaus sind Nachhaltigkeitsziele auch in Bezug auf den **Endkonsum** von biobasierten (agrarischen, forstlichen und marinen) Gütern und Produkten und die damit im In- und Ausland verbundenen Umweltbelastungen bzw. -entlastungen zu spezifizieren. Wie das Monitoring (siehe Bringezu et al. 2020) sollten die Ziele handlungsnah an den **ökologischen**

¹⁰⁷ <https://www.lobbycontrol.de/2017/06/aktion-zur-bundestagswahl-wissen-was-drin-steckt/>

¹⁰⁸ Der Schwerpunkt liegt auf der Prüfung bereits erhobener Daten für ein Monitoring der Bioökonomie und auf der Modellierung von Trends bis 2030. Der Pilotbericht Bioökonomie-Monitoring (Bringezu et al. 2020) sowie ein geplantes, ergänzendes Online-Tool sollen einerseits die interessierte (Fach-)Öffentlichkeit zur Bioökonomie, deren wesentliche Ausprägungen in Deutschland und zu den ökologischen und sozialen Auswirkungen deutscher Bioökonomie-Aktivitäten im In- und Ausland informieren. Andererseits soll er eine Grundlage schaffen, um die künftige Weiterentwicklung der Bioökonomie politisch steuern zu können.

Fußabdrücken des privaten und staatlichen Güterkonsums in Deutschland ausgerichtet sein und die planetaren Grenzen einbeziehen (z.B. über die im In- und Ausland für den Inlandsverbrauch pro Kopf belegte Fläche in Relation zur weltweit pro Kopf verfügbaren Fläche). Des Weiteren sollten sich die Ziele an den globalen Erfordernissen – wie der Verringerung des Verlusts von Biodiversität durch die Ausdehnung von Ackerland – orientieren. Nicht zuletzt sollten sie die Flächenverfügbarkeiten und Potenzialgrenzen einer nachhaltigen Produktion im In- und Ausland berücksichtigen. Diese Potenzialgrenzen sollten in regelmäßigen Abständen neu berechnet und bewertet werden. Die Zieldefinition könnte im Kontext der Konkretisierung der neuen Bioökonomie-Strategie erfolgen und sollte auch mit der Fortschreibung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie rückgekoppelt werden. Neben der *Quantität* der Ressourcennutzung und Umweltbelastung ist auch die *Qualität* der Nutzung zu berücksichtigen.¹⁰⁹ Damit das Monitoring der Bioökonomie praktische Relevanz entfaltet sowie politische und unternehmerische Entscheidungen leiten kann, sollte eine enge Verzahnung mit Zielen erfolgen.

- ▶ **Mögliche künftige Bioökonomie-Pfade und deren potenzielle Auswirkungen auf Umwelt und Soziales werden in die Trendanalyse des Bioökonomie-Monitorings integriert.** Für das von der Bundesregierung begonnene Monitoring der Entwicklungen der Bioökonomie (das auch Trendanalysen zur Entwicklung der Nutzung biogener Rohstoffe vorsieht; vgl. Bringezu et al. 2020) ist zu empfehlen, dass verstärkt Analysen zu künftig möglichen Bioökonomie-Pfaden durchgeführt werden. Vorrangig sollten dabei deren potenzielle Auswirkungen auf Umwelt und Soziales bewertet werden, einschließlich der o.g. politischen Zielvorgaben für eine nachhaltige Bioökonomie. In die Trendanalysen sollten Auswirkungen durch künftig mögliche Bioökonomie-Pfade (Änderungen der Rohstoffnachfrage, Umweltwirkungen) stärker einfließen und auch den Zeitraum bis 2050 betrachten (vgl. Kap. 3). Ebenfalls sollten Veränderungen der Nutzung nicht-biogener Rohstoffe aufgezeigt werden, da ein wichtiges Ziel der Bioökonomie deren Reduktion ist.
- ▶ **Die Datenerfassung und -qualität zur Bioökonomie wird verbessert.** Die Ergebnisse der oben genannten Forschungsprojekte zeigen, dass statistische Daten stärker nach biogenen Rohstoffen und Nutzungen differenziert erhoben und globale Datensätze (insbesondere Exiobase¹¹⁰) als wichtige Grundlage weiterentwickelt werden sollten. Die Datenlage zu Wirkungen der Bioökonomie auf die zu setzenden Ziele für eine nachhaltige Bioökonomie (in ökologischer Hinsicht insbesondere zu Biodiversität, Boden, Wasser und Luft) sollte im Rahmen von Forschungsprojekten verbessert werden, um die Aussagekraft von Analysen und Bewertungen zu erhöhen.

6.2.4 Starke internationale Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln

Die deutschen und europäischen Bioökonomien haben globale externe Effekte, vor allem in den Biomasse-Produktionsländern im Globalen Süden. Hiesige Bioökonomie-Aktivitäten wirken sich dort bereits jetzt deutlich negativ auf lokale Ökosysteme, Ernährungssicherheit und soziale Gerechtigkeit aus. Konkrete Beispiele sind die negativen Effekte (wie Wald- und

¹⁰⁹ In der Landwirtschaft sollten Zielwerte im Rahmen der Umsetzung der Allgemeinen Agrarpolitik (GAP) weiter spezifiziert werden (z.B. Grenz-/Zielwerte für das schlagbezogenen Stickstoff- und Humussaldo und Fruchtfolgen). Als positive Beispiele sind der Grünlanderhalt, der durch neue GAP-Regeln seit 2015 erreicht wurde, und die Verschärfung der Düngeverordnung, um Gewässerschutz sicherzustellen, zu nennen. In der Forstwirtschaft besteht die Möglichkeit, die Ziele auf Ebene des Landeswaldgesetzes und von aufbauenden Verordnungen und Leitlinien auszugestalten. Positive Beispiele sind das Alt- und Totholzkonzept in Baden-Württemberg und Naturschutzleitlinie für den Hessischen Staatswald.

¹¹⁰ Exiobase ist eine detaillierte globale Datenbank zu Handelsströmen und Umweltwirkungen; <https://www.exiobase.eu/index.php>

Biodiversitätsverlust) des Palmölanbaus in Indonesien und Malaysia (Runyan und Stehm 2019) oder des Zuckerrohranbaus in Kolumbien (Guereña und Burgos 2014). Bioökonomie-Aktivitäten dürfen keine externen Effekte haben, bestehende Effekte gilt es unter ökologischen und Gerechtigkeitsgesichtspunkten anzugehen und zu korrigieren. Dies kann erreicht werden, wenn deutsche und europäische Bioökonomie-Strategien die Anforderungen der globalen Nachhaltigkeitsziele (SDGs) als Leitplanken definieren. Europa und Deutschland müssen als der Nachhaltigkeit verpflichtete Akteure vorgehen. Nötig ist dabei auch der Einsatz für starke internationale Regelungen, einschließlich in der Handelspolitik.

Wir empfehlen:

- ▶ **Die Bundesregierung setzt sich in internationalen Prozessen dafür ein, dass bestehende internationale Governance- und Fördermechanismen für nachhaltiges Land- und Flächenmanagement, Boden- und Waldschutz gestärkt und ausgebaut werden.** In Bezug auf nachhaltige Landnutzung und Bodenschutz sollten bestehende Regeln in multilateralen Verträgen und Foren (UN Biodiversitäts-, Wüsten- und Klimakonvention, FAO, G20, Global Environment Facility, Weltbank, etc.) ausgebaut, zwischen diesen Foren besser koordiniert und in größerem Umfang finanziell gefördert werden (Fritsche et al. 2015; Bodle und Stockhaus 2019; Bodle et al. 2020). Die Bundesregierung sollte auch versuchen, die Problematik des „Landgrabbing“ auf die internationale Agenda zu setzen. Langfristig sollte die Entwicklung einer internationalen Konvention für nachhaltige Land- und Bodennutzung vorbereitet werden. Diese kann auf bestehenden Instrumenten, wie den Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests und den Voluntary Guidelines on Sustainable Soil Management, aufbauen.¹¹¹ Auch die neue Initiative der Weltbank „Land 2030 Global Initiative“, die helfen soll, Ziele zur Sicherung der Land- und Eigentumsrechte bis 2030 zu erreichen, kann als Plattform genutzt werden. Zwischenzeitlich sollte die Umsetzung dieser (freiwilligen) Instrumente weiter vorangetrieben (beispielsweise indem verstärkt Mittel der Entwicklungszusammenarbeit für ihre Implementation zur Verfügung gestellt werden) und ihre Wirksamkeit evaluiert werden.

Mit dem Ziel des Klimaschutzes gilt es auch, internationalen Waldschutz und nachhaltige Forstwirtschaft zu stärken: Bioökonomie-Strategien können nur dann zur Erreichung der Klimaschutzziele beitragen, wenn sie konkrete Maßnahmen zum Schutz von Wäldern und zur Bekämpfung der Entwaldung enthalten, damit die Kapazitäten von Wäldern als Kohlenstoffspeicher nicht beeinträchtigt werden. Dies würde auch die Finanzierung von Wiederaufforstungsbemühungen und Investitionen in regionale und kommunale Natur- und Waldschutzprojekte beinhalten, zum Beispiel im Kontext der von der Bundesregierung ins Leben gerufenen „Bonn Challenge“¹¹² oder von REDD+ Maßnahmen¹¹³. Die Agroforstwirtschaft ist ein vielversprechender Ansatz, um Synergien zwischen Klimaschutz, nachhaltiger Forst- und Landwirtschaft und dem Schutz von Wald-Ökosystemen zu schaffen.

- ▶ **Die europäische Handelspolitik wird angepasst, um Biomasseimporte aus und Flächendruck in den Ländern des Globalen Südens zu verringern:** Die europäischen Klimaschutzziele erfordern die Berücksichtigung von indirekten Emissionen, z.B. von Importbiomasse aus Plantagenanbau (Palmöl, Soja, Zuckerrohr). Auf Klimamaßnahmen, die in anderen

¹¹¹ <http://www.fao.org/tenure/voluntary-guidelines/en/>

¹¹² <https://www.bonnchallenge.org/content/challenge>

¹¹³ REDD+ steht für „Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries“. Es handelt sich um ein Instrument im Rahmen der UNFCCC bzw. des Pariser Übereinkommens.

Erdteilen den Ausstoß von Treibhausgasen vergrößern und Biodiversität beeinträchtigen, wie etwa die Beimischung nicht-nachhaltiger Biokraftstoffe aus Palmöl, muss verzichtet werden, damit die SDGs in ihrer Gesamtheit erreichbar bleiben. Es ist daher notwendig, Nachhaltigkeitskriterien für Importe und Exporte von Biomasse/landwirtschaftlichen Produkten in bi- und multilateralen Handelsabkommen zu verankern und verlässlich zu kontrollieren. Auf multilateraler Ebene wäre die WTO-Initiative „Aid for Trade“, die die Entwicklung von Ländern im Globalen Süden unterstützen soll, ein wichtiges Forum, um diese Aspekte des Agrarhandels im Kontext der Bioökonomie zu adressieren. Auf EU-Ebene sind weitere Maßnahmen notwendig, welche die Anreize der EU-Handelspolitik so anpasst, dass eine nachhaltige landwirtschaftliche Praxis (engl. „Good Agricultural Practice“) auch im internationalen Kontext umgesetzt wird. Die Vorschläge der neuen EU-Biodiversitäts-Strategie liefern hierzu konkrete Maßnahmen.

- **Starke Nachhaltigkeitsstandards in das EU-Mercosur-Handelsabkommen aufnehmen:** Die EU hat die Gelegenheit, in der Neuverhandlung des Handelsabkommens mit den Mercosur-Ländern starke Standards zum Schutz für Klima und Biodiversität zu behaupten. Die EU-Generaldirektion für Handel kann in dem neu zu verhandelnden Abkommen verstärkt die kleinbäuerliche Landwirtschaft unterstützen und starke Maßnahmen zur Einhaltung von konkreten Umweltverpflichtungen und Klimaschutz sicherstellen. Das bestehende Kapitel zu Handel und nachhaltiger Entwicklung der Vereinbarung muss deutlich gestärkt werden, z. B. durch Hinzufügung von durchsetzbaren Mechanismen, die die EU und Mercosur-Länder zur Einhaltung von Umweltverpflichtungen forcieren.
 - **Die Exporte landwirtschaftlicher Produkte aus Deutschland und der EU reduzieren:** Die Gemeinsame Agrarpolitik der EU und deren aktuelle Reform sind so zu gestalten, dass keine neuen wirtschaftlichen Verlierer in Ländern des Globalen Südens geschaffen und somit Nachhaltigkeitsziele, wie das der Ernährungssicherheit, gefährdet werden. EU-Subventionen und Förderungen u.a. für die Produktion von Fleisch und Milchprodukten sollten beendet und der Handel mit Biomasse fair und nachhaltig ausgestaltet werden. Die aktive Förderung der Regionalisierung der Nahrungsmittelproduktion in Deutschland und der EU ist hierfür notwendig.
 - **Stufenweise verbindliche Sorgfaltspflichten für Importeure biogener Rohstoffe einführen:** Die EU sollte für alle biogenen Rohstoffe, insbesondere für jene, die aus Ländern des Globalen Südens importiert werden, stufenweise verbindliche Anforderungen an unternehmerische Sorgfaltspflichten („Due Diligence“) formulieren und stellen. Die bestehende „Amsterdam Erklärung“ und Amsterdam Partnerschaft sowie die Prozesse zu entwaldungsfreien Lieferketten (New Yorker Walderklärung) bilden die Grundlage für weitere Verpflichtungen. Dabei ist wichtig, dass die Anforderungen rohstoffspezifisch ausgearbeitet werden, so dass in den jeweiligen Wertschöpfungsketten die relevanten ökologischen, ökonomischen und menschenrechtlichen Brennpunkte („Hot-Spots“) adressiert werden. Strukturell können dafür grundsätzlich die EU-Holzhandelsverordnung (VO EU Nr. 995/2010) sowie die Verordnungen zum Import der sog. Konfliktrohstoffe (VO EU Nr. 2017/821) als Vorbilder dienen. Die Anforderungen sollten im Rahmen eines sich stufenweise verschärfenden Plans umgesetzt werden.
- **Das Ziel der globalen Ernährungssouveränität und das Primat der Ernährungssicherung („Food First“-Prinzip) wird im geplanten Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomie-Strategie operationalisiert.** Dies ergibt sich aus den Anforderungen von SDG 2. Insbesondere gilt es, Nahrungsmittel-Verteilungsfragen zu adressieren und das

Menschenrecht auf angemessene Ernährung zu gewährleisten. Ansatzpunkte hierfür kann der Food Security Standard (FSS)¹¹⁴ der Welthungerhilfe sein und die Unterstützung lokaler Produzierender, die Förderung lokaler Märkte, Commons-basierte Saatgutbanken, die Klärung von Landnutzungsrechten und Förderung bzw. Mainstreaming des fairen Handels auf internationaler Ebene. Die konkrete Ausgestaltung möglicher internationaler Mechanismen zur Operationalisierung des Food-First-Prinzips kann durch Forschungsprojekte unterstützt werden (vgl. „Forschungslücken adressieren“, Kap. 6.2.10). Maßnahmen zur Reduzierung des Überkonsums, vor allem von Fleisch- und Milchprodukten in Konsumgesellschaften, sind ebenfalls notwendig, um globale Ernährungssicherheit zu gewährleisten (vgl. Kap. 6.2.7).

- ▶ **Nachhaltige Bioökonomie wird zudem durch internationale Entwicklungskooperation der EU und Deutschland gefördert:** Ökologische Bewirtschaftungsformen auch in Ländern des Globalen Südens sollten durch internationale Entwicklungskooperation unterstützt werden. Hierfür bedarf es einer verstärkten Förderung der Agrarökologie, eines Modells für nachhaltige Landnutzung und Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion in Ländern des Globalen Südens. Die bestehenden Initiativen und Programme zur Förderung der Agrarökologie in Afrika des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) sollten erweitert und erfolgreiche Ansätze in anderen Ländern wiederholt werden. Zugleich sollte die Entwicklungskooperation genutzt werden, um Produktketten (z.B. Palmöl, Soja, Zuckerrohr) nachhaltiger zu gestalten. Es ist notwendig, stärker mit lokalen Akteuren zusammen zu arbeiten, um neue Ansätze, wie etwa ökologische Intensivierung für nachhaltigen Palmölanbau und Produktion, zu fördern und zu verbreiten. Dies würde helfen, den Palmölanbau umwelt- und sozialverträglicher zu machen und Mindeststandards kontinuierlich zu verschärfen. Ein solcher Ansatz erfordert jedoch intensive Kooperation und Etablierung von langfristigen, auf Vertrauen und Respekt basierenden Partnerschaften auf Augenhöhe zwischen Regierungen, Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit sowie Produzenten und Konsumenten.

6.2.5 Bioökonomie mit nachhaltigem Land- und Flächenmanagement verknüpfen

Durch den Anbau und die Gewinnung nachwachsender Rohstoffe für die stoffliche und energetische Nutzung droht der weitere Ausbau oder die intensivere Nutzung land- oder forstwirtschaftlicher Flächen. Wegen begrenzter Verfügbarkeit von Flächen ist eine Ausweitung produktiv nutzbarer Flächen in Deutschland und weltweit allerdings nur auf Kosten anderer Nutzungen oder auf Kosten von natürlichen und naturnahen Ökosystemen möglich. Letzteres führt insbesondere zu einem Biodiversitätsverlust, aber auch zu negativen Effekten für Boden und Wasser. Der gleichzeitige kontinuierliche Ausbau der Siedlungsflächen verschärft den Nutzungsdruck. Eine rein nach marktwirtschaftlichen Prinzipien oder ohne Beachtung von Folgewirkungen erfolgende Allokation und Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen wird weder der begrenzten Verfügbarkeit von Flächen noch den mit ihnen verbundenen gesellschaftlichen Funktionen gerecht. Nicht zuletzt beeinträchtigt der fortschreitende Klimawandel Nutzungsmöglichkeiten und Ökosystemleistungen (IPCC 2019).

Wir empfehlen:

- ▶ **Klimapolitik wird ambitioniert umgesetzt und die Klimawirkung von Flächennutzungspolitikern werden geprüft:** Politisch verbindliche Ziele und Maßnahmen zur Begrenzung der durchschnittlichen Klimaerwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius entsprechend den

¹¹⁴ Food Security Standard (FSS), siehe hierzu <https://www.welthungerhilfe.de/informieren/loesungen/standard-zur-ernaehrungssicherung/>

Anforderungen des Pariser Abkommens sollten konsequent verfolgt und weiterentwickelt werden. Hierzu gehören die ambitionierte Umsetzung des (deutschen) Klimaschutzgesetzes genauso wie die Verabschiedung eines wirksamen europäischen Klimaschutzgesetzes und die Weiterentwicklung der internationalen Abkommen unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse. Die Produktivität und ökologische Leistung von Flächen ist durch die Klimaerwärmung gefährdet. Gleichzeitig hat die Art der Flächennutzung Auswirkungen auf die Höhe der aus der Flächennutzung resultierenden THG-Emissionen. Alle gesetzlichen Regeln und Fördervorhaben, die die Art der Flächenbewirtschaftung betreffen oder betreffen können, sollten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf flächenbezogene THG-Emissionen (z.B. in Bezug auf Bindung bzw. Freisetzung von im Boden gebundenen Kohlenstoff) geprüft und angepasst werden.

- ▶ **Bei Zielkonflikten in der Flächennutzung wird dem Erhalt und Ausbau der Biodiversität sowie der Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff zur Minderung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre Vorrang eingeräumt:** In der Zielabwägung können neben den zu definierenden Nachhaltigkeitszielen für Bioökonomie die relevanten Ziele in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und anderen politischen Agenden (Waldstrategie 2020, Klimaschutzplan 2050, Naturschutz-Offensive 2020, etc.) herangezogen werden. Diese umfassen u.a. Ziele zur Verminderung des Flächenverbrauchs, Ausbau des ökologischen Landbaus, Ausbau von naturnah bewirtschafteten Flächen, von geschützten Gebieten und von Wildnisgebieten zum Schutz der Biodiversität. Grundlage hierfür ist ebenfalls das oben beschriebene Monitoring (s. Kap. 6.2.3). Viele Ziele und Strategien orientieren sich am Zieljahr 2020 bzw. 2030. Daher sollte im Rahmen der aktuell stattfindenden Weiterentwicklung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, wie auch in den anderen umweltpolitischen Strategien, eine Revision der definierten Ziele vorgenommen und Maßnahmen nachgesteuert werden. Besondere Beachtung sollte hierbei Zielkonflikten zwischen verschiedenen Strategien gegeben werden. Um Zielkonflikte im Land- und Flächenmanagement zu vermindern, sind auch **schädliche Subventionen** abzubauen. Diese reichen von Direktzahlungen der GAP über die Mehrwertsteuerreduzierung für tierische Produkte und Agrardieselvergütung bis hin zur Biokraftstoffquote. **Die ambitionierte ökologische Reform und Umsetzung der Agrarpolitik ist zentrale Voraussetzung für eine nachhaltige Bioökonomie:** Zentraler Ansatzpunkt für ein nachhaltiges Flächenmanagement in der EU ist die Neuausrichtung der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP), die noch 2020 novelliert werden soll. Seit längerem wird gefordert, dass die GAP konsequent von der Einkommensstützung weg und hin zur Honorierung gesellschaftlicher Leistungen von Landwirtschaft zu entwickeln sei (WBAE 2018; 2019; KLU 2019; Verbändeplattform 2018; Greenpeace und FiBL 2017; BÖLW 2017; SRU 1985). Zwar ermöglichen die Legislativvorschläge der EU-Kommission für die GAP-Reform den Mitgliedsstaaten mehr Spielraum für einen stärkeren Umwelt- und Klimaschutz als bisher, steuern aber aus ökologischer und sozialer Sicht noch nicht ausreichend um (Pe'er et al. 2019). In den GAP-Verhandlungen sollte sich die Bundesregierung daher für ambitionierte ökologische Inhalte und Ausgestaltungsoptionen einsetzen. Mögliche Elemente sind die Definition verbindlicher, quantitativ unterlegter Ziele für den Zustand der Agrarlandwirtschaft auf nationaler bzw. regionaler Ebene; nationale Mindestbudgetanteile für den Agrarumwelt- und Klimaschutz, die es im Zeitablauf zu erhöhen gilt, oder die Festlegung ökologischer Mindestanforderungen für die Genehmigung nationaler GAP-Strategiepläne (WBAE 2019). Auch eine stärkere Förderung der Agroforstwirtschaft kann eine nachhaltigere Bioökonomie stärken. In der deutschen Umsetzung sollten die mitgliedstaatlichen Spielräume maximal zugunsten des Umwelt- und Klimaschutz genutzt werden, mit einer weitreichenden Umschichtung von Mitteln aus der ersten in die zweite Säule der GAP und einer mittelfristigen Nutzung der gesamten ersten Säule-Mittel für ambitionierte Eco-Schemes,

Umwelt-, Naturschutz- und Klima- oder Tierwohlmaßnahmen (ebd.). Über die GAP-Umsetzung hinaus kann die Bundesregierung förderpolitisch und ordnungspolitisch eine stärkere Umwelt- und Sozialverträglichkeit der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft vorantreiben. Unter anderem lassen sich das Abgaben- und Ordnungsrecht (z.B. im Hinblick auf Moorschutz, Limitierung der Stickstoffeinträge, Erhaltung und Verbesserung des Bodenkohlenstoffs, naturnahe Bewirtschaftung, Tierwohl) mithilfe sukzessiv ambitionierter werdender Mindeststandards dynamisch weiterentwickeln. Dies kann mit einer verpflichtenden Lebensmittel-Kennzeichnung gekoppelt werden, die (analog zur Eierkennzeichnung) unterschiedliche Qualitäten der Erzeugungsweisen offenlegt. Die Kennzeichnung würde es Verbraucherinnen und Verbrauchern ermöglichen, ihre Kaufkraft in Produkte des gesetzlichen Mindeststandards (Stufe 3) zu investieren, oder in Erzeugnisse mit höheren Standards (Stufe 2, 1) bzw. mit Prämiumstandard (Stufe 0, Bio). Die höheren Preise, die für höhere Standards gezahlt werden, helfen, die Umstellung der Erzeugungsmethoden zu finanzieren (Benning und Reichert 2017).

- ▶ **Der Zugang zu landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland und der EU wird für eine nachhaltige Bioökonomie gesichert:** Die Verfügbarkeit und der Zugang zu Flächen hat Auswirkungen auf die tatsächliche Flächennutzungsstruktur. Das bestehende Ordnungsrecht kann Verdrängungseffekte zugunsten von externen Investoren nicht verhindern und schränkt damit das Potenzial der regionalen Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen für die Lebensmittelproduktion ein, auch für die Produktion unter Berücksichtigung erweiterter Nachhaltigkeitsanforderungen. Im Prinzip sind über bestehende Grundstücksverkehrsgesetze Möglichkeiten vorhanden, Landkäufe zu verhindern, wenn diese die Agrarstruktur negativ beeinträchtigen. Allerdings gilt dies nur in bestimmten Fällen und insbesondere nicht bei entsprechenden Landkäufen durch Unternehmen. Hierdurch werden Flächennutzungen und auch Flächenverbräuche möglich, die nicht erwünscht sind und auch möglicherweise eine Ausweitung Gewinnung nachwachsender Rohstoffe gegenüber der Lebensmittelproduktion begünstigen. Um diese Art des „Landgrabblings“ zu verhindern und einen präferenziellen Zugang zu Flächen für ökologische Land- und Forstwirtschaft sicherzustellen, bedarf es einer Anpassung des Ordnungsrechts, z.B. der Grundstücksverkehrsgesetze und der Schaffung von Agrarstruktursicherungsgesetzen. (vgl. Wunder et al. 2019).
- ▶ **Die Biomasseförderung in RED II¹¹⁵ & EEG¹¹⁶ wird bei zukünftigen Revisionen und Recasts weiter reduziert.** Eine direkte Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse führt zu einem steigenden Druck auf vorhandene Flächen, mit Auswirkungen auf Umwelt und Preise (weitere Verknappung mit Rückwirkungen auf andere Sektoren). Dies betrifft vor allem land- und forstwirtschaftliche Anbaubiomasse, aber z.T. auch Reststoffe und Abfälle. Beispielsweise sollten zukünftige Recasts der RED einen Ausstiegspfad für alle Biokraftstoffe auf Basis von Anbaubiomasse (Nahrungs- und Futterpflanzen, Lignozellulose-Pflanzen) und nicht nur auf Basis von „high indirect land-use change-risk feedstock“ (bisher ist hier Palmöl genannt) anstreben.
- ▶ **Eine Reduktion der Flächennutzung in anderen Sektoren unterstützt den Wandel zu einer nachhaltigen Bioökonomie:** Durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen und von (international gehandelten) Futtermitteln erfolgt bereits heute eine signifikante Flächennutzung. Um insgesamt den Druck auf Flächen zu reduzieren, sollten auch in anderen

¹¹⁵ Erneuerbare-Energien-Richtlinie (engl. Renewable Energies Directive II)

¹¹⁶ Erneuerbare-Energien-Gesetz

Sektoren Strategien zur Reduktion von Flächeninanspruchnahme verfolgt werden. Hierzu gehören insbesondere:

- **30-Hektar-Ziel weiterentwickeln und operationalisieren:** Das Ziel der Bundesregierung, die Neuinanspruchnahme von Verkehrs- und Siedlungsflächen auf weniger als 30 ha pro Tag im Jahr 2030 zu begrenzen (ursprünglich sollte das Ziel in 2020 erreicht werden)¹¹⁷, ist weiterzuentwickeln und mit konkreten Instrumenten zur Umsetzung zu untersetzen. Das Ziel selbst sollte auf Netto-Null Hektar Neuinanspruchnahme pro Tag gesetzt werden,¹¹⁸ um echte Entlastung bei den Flächenkonkurrenzen zu erreichen. Weil die entsprechende Flächeninanspruchnahme aber aktuell (2017) noch bei 58 ha pro Tag liegt (destatis 2018) und im Wesentlichen zu Lasten landwirtschaftlicher Flächen geht, ist es zentral, dass die Bundesregierung die Ziele zeitnah verbindlich macht und systematisch auf die Bundesländer herunterbricht. Den Bundesländern könnte hierzu nach einem (zwischen Bund und Ländern auszuhandelndem) Schlüssel je ein verbindlich zu erzielender Anteil an diesem 30 Hektar Ziel zugewiesen werden, den die Länder wiederum auf Regionen und Kommunen umlegen würden. Die Flächenbudgets könnten handelbar ausgestaltet werden (Adrian et al. 2018).
- **Fleischproduktion und -konsum sowie Lebensmittelverluste reduzieren:** Die Futtermittelproduktion für die Herstellung von Fleisch und weiteren tierischen Produkten nimmt in Deutschland, wie weltweit, große Flächen in Anspruch. Genauso tragen auch Nahrungsmittelverluste entlang der Wertschöpfungskette zur zusätzlichen Belegung von Flächen bei. Wir führen Handlungsoptionen hierzu in den Handlungsfeldern 6.2.7 und in Bezug auf Forschungslücken in 6.2.10 näher aus.

6.2.6 Branchenspezifische Roadmaps für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln

Um den Einsatz der knappen biogenen Ressourcen zu priorisieren und die damit verbundenen Chancen, Risiken und Umweltbelastungen zu identifizieren, bedarf es einer branchenspezifischen Konkretisierung wesentlicher bioökonomischer Pfade. Ein Ansatz hierfür kann die Ausarbeitung „branchenspezifischer Roadmaps für nachhaltiges Wirtschaften“ sein, wie sie im Integrierten Umweltprogramm 2030 des Bundesministeriums für Umwelt angekündigt wurden (BMUB 2016). Dort heißt es: „Gemeinsam mit den betroffenen Branchen und Unternehmen sollten Ziele und Meilensteine für alle Stufen des Wertschöpfungsprozesses identifiziert werden.“

Wir empfehlen:

- **Für Branchen mit besonderem Bezug zur Bereitstellung und Nutzung biogener Rohstoffe werden im Dialog zwischen Bundesregierung und diesen Branchen branchenspezifische Roadmaps für nachhaltiges Wirtschaften entwickelt:** Besonders relevant sind hier die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, Chemiebranche und Grundstoffindustrien, Textilbranche, Energiewirtschaft sowie die Verpackungsbranche und deren wichtigste Kunden (z.B. Einzelhandel). Es ist naheliegend, in Brancheninitiativen und -strategien auch die Berücksichtigung übergreifender gesellschaftlicher Ziele einzufordern. Hierzu würden u.a. konkrete Ziele und Zielkonflikte in Bezug auf die Nutzung biogener Rohstoffe und biotechnologischer Verfahren bestimmt werden. Diese sind mit den in anderen Kapiteln

¹¹⁷ Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Neuaufgabe 2016): <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/318676/3d30c6c2875a9a08d364620ab7916af6/2017-01-11-nachhaltigkeitsstrategie-data.pdf?download=1>

¹¹⁸ So bereits 2011 vom Bundesrat für 2025 bzw. spätestens 2030 empfohlen, vgl. Bundesrats-Drucksache 590/11 vom 25.11.2011. Im Klimaschutzplan 2050 wird eine Nettoneuinanspruchnahme bis 2050 angestrebt.

(insbesondere 6.2.1, 6.2.3, 6.2.6, 6.2.8 und 6.2.10) übergreifenden Nachhaltigkeitszielen und Handlungsempfehlungen für die Bioökonomie abzustimmen. Branchenspezifische Roadmaps sollten idealerweise in einem politischen Prozess oder auf Initiative der Regierung erarbeitet werden (wie im Integrierten Umweltprogramm angestrebt). Viele Branchen organisieren sich bereits über ihre Verbände oder durch für diesen Zweck geschaffene Organisationen in gemeinsamen Nachhaltigkeitsinitiativen, auf denen gegebenenfalls aufgebaut werden kann. Auch Ansätze wie das Bündnis für nachhaltige Textilien¹¹⁹ oder die diversen Foren für nachhaltige Rohstoffe (Palmöl, Kakao, etc.) könnten hierfür eine Grundlage darstellen. Wichtig ist jedoch, die Branchenaktivitäten als Ganzes zu betrachten und nicht nur einzelne Rohstoffe, um die vielfältigen Verflechtungen besser berücksichtigen zu können. Auch sollten nicht nur „Frontrunner“ angesprochen und verpflichtet werden, sondern alle wichtigen Unternehmen einer Branche. Neben Nachhaltigkeitszielen, die sich aus anderen Kontexten ergeben, sollten die Roadmaps **Ziele und Meilensteine definieren**, die den effizienten Einsatz von Biomasse im Rahmen planetarer Belastungsgrenzen und unter Berücksichtigung der vielfältig vorhandenen Zielkonflikte sicherstellen. Damit orientieren sich die Roadmaps an grundsätzlichen **Leitlinien** wie der Sicherstellung der Reduktion von Treibhausgasen, Nutzung von Kaskaden, Abfall- und Reststoffen (vgl. Kap. 6.2).

- ▶ **Die branchenspezifischen Roadmaps müssen zentral koordiniert werden:** Um Zielkonflikten und Nutzungskonkurrenzen zwischen einzelnen Branchen frühzeitig entgegenzuwirken, ist vor dem Aufstellen branchenspezifischer Roadmaps zunächst ein von der Bundesregierung moderierter, branchenübergreifender Aushandlungsprozess erforderlich. Auf Basis übergreifender Minderungsziele (vgl. Kap. 6.2.3) sollte zunächst eine Obergrenze für den Biomasseeinsatz festgelegt werden, die als Rahmen für eine anschließende Allokation der Biomasse auf die einzelnen Branchen dient. In diesem Zusammenhang können dann einzelne Branchen Vorschläge für den Umgang mit Zielkonflikten entwickeln, die dann wiederum in Abstimmung mit anderen Branchen nachjustiert werden würden.

6.2.7 Konsum- und Ernährungsstile nachhaltiger gestalten

Eine nachhaltigere Ausrichtung der Konsum- und Ernährungsstile bildet eine wichtige Voraussetzung, um überhaupt Freiheitsgrade für die Umsetzung nachhaltiger Bioökonomie-Pfade zu ermöglichen. Hier wird es v.a. darauf ankommen, den übermäßigen Konsum von Fleisch und tierischen Fetten und Eiweißen, aber auch die Lebensmittelabfälle deutlich zu reduzieren. In diesem Zusammenhang kommt dem Begriff der Suffizienz eine besondere Bedeutung zu. **Suffizienz** bedeutet die Änderung von Konsummustern, die helfen, innerhalb der ökologischen Tragfähigkeit der Erde zu bleiben, wobei sich auch zentrale Nutzenaspekte des Konsums ändern (Fischer und Grieshammer 2013). Wichtige Elemente von suffizienten Konsumstilen umfassen:

- ▶ ein Verzicht auf (ressourcenintensive) Güter sowie eine Reduzierung der Menge bestimmter Güter (z.B. von Fleisch und anderer tierischer Produkte wie Milchprodukte);
- ▶ seltenere Nutzung von Gütern (z.B. des Autos) bzw. Ersatz durch qualitativ andere, umweltfreundlichere Güter (z.B. Fahrrad statt Auto);
- ▶ eine Eigenproduktion, sofern diese ökologisch vorteilhaft ist (z.B. ökologischer Gemüseanbau im Garten oder auf urbanen Flächen, vgl. der Trend zu „Essbaren Städten“¹²⁰);

¹¹⁹ <https://www.textilbuenndnis.com/>

¹²⁰ Beispielsweise Andernach in Rheinland-Pfalz (https://www.andernach.de/de/leben_in_andernach/es_startseite.html)

- ▶ eine gemeinsame Nutzung, wenn ökologisch vorteilhaft (z.B. Mitfahrgelegenheiten) sowie
- ▶ eine Verlängerung der Nutzungsdauer, wenn ökologisch vorteilhaft (z.B. bei Kleidung).

Wir empfehlen:

- ▶ **Das allgemeine Bewusstsein für Suffizienz wird gesteigert und mehrheitsfähig gemacht:** Aus der Definition von Suffizienz wird ersichtlich, dass ein Verzicht bzw. ein „Weniger“ bei suffizienten Konsum- und Lebensstilen zwar eine wichtige Rolle spielen, aber nur einen Teilaspekt ausmachen kann. Vergleichbar wichtig ist die Transformation des Konsums in Richtung anderer Produktions- und Nutzungsformen, die der Schlüssel für kostengünstigere, gesündere und „elegantere“ Lösungen sein und zudem einen Gewinn an Zeitsouveränität und Lebensqualität bedeuten können (Fischer & Grießhammer 2013). Die Bundesregierung sollte neben Informationskampagnen verstärkt Reallabore¹²¹ initiieren, da nach unserer Einschätzung die größte Hürde bei der Etablierung suffizienter Konsum- und Lebensstile darin besteht, die Lücke zwischen Bewusstsein und tatsächlichem Handeln zu überwinden. Reallabore können ein positives Framing des Suffizienzbegriffes in der Breite der Gesellschaft fördern und konkretisieren (Schäpke et al. 2018). Im Rahmen dieser Reallabore sollten insbesondere auch die Voraussetzungen und Strukturen herausgearbeitet werden, die für nachhaltigere Konsumpraktiken erforderlich sind. Zudem sollten die identifizierten Ansatzpunkte hinsichtlich ihrer Alltagsadäquanz untersucht werden.
- ▶ **Der Konsum von Fleisch und tierischen Fetten und Eiweißen wird durch ein Bündel von Maßnahmen deutlich reduziert:** Als Startpunkt für eine suffizienzorientierte Ausrichtung der Konsum- und Lebensstile empfiehlt es sich, auf Bedürfnisfelder und Produkte zu fokussieren, die ein hohes ökologisches Entlastungspotenzial aufweisen. In diesem Zusammenhang kommt dem Konsum von Fleisch und tierischen Fetten und Eiweißen eine herausragende Bedeutung zu. Der hohe Fleischkonsum verursacht weltweit gravierende Umweltbelastungen, unter anderem durch die hohe Flächeninanspruchnahme für den Anbau von Futtermitteln und die Einträge von Nährstoffen aus Düngemitteln und Pestiziden (Djekic und Tomasevic 2016). Ohne eine deutliche Reduzierung der für die Futtermittelproduktion belegten landwirtschaftlichen Flächen bestehen im Rahmen der planetaren Grenzen praktisch keine Spielräume für zusätzliche Anbaubiomasse.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt die EAT-Lancet Commission eine Reduzierung des derzeitigen Fleischkonsums um 50 Prozent bis 2050, um im globalen Maßstab ein Niveau innerhalb planetarer Grenzen sicherzustellen (Willett et al. 2019). Wir empfehlen, die Reduzierung um 50 Prozent in Deutschland und Europa deutlich früher als 2050 zu realisieren. Stattdessen sollte in Anbetracht der drohenden Kippunkte bei Klimaschutz und Biodiversität das Jahr 2030 als Zielmarke angepeilt werden. Pro Person bedeutet eine Reduktion um 50 Prozent eine Beschränkung des Fleischkonsums auf 43 Gramm pro Tag (Willett et al. 2019).

Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Kombination aus verschiedenen Politikinstrumenten erforderlich. Dazu gehören Kommunikationskampagnen, aber auch Anreizinstrumente, z.B. die Erhöhung des Mehrwertsteuersatzes. Konkret sollte die Bundesregierung eine Erhöhung der Mehrwertsteuer für tierische Produkte auf 19 Prozent vorsehen. Das daraus resultierende zusätzliche Steueraufkommen in Höhe von ca. 6-7 Milliarden Euro sollte dazu verwendet werden, im Gegenzug bei pflanzlichen Produkten einen vergünstigten

¹²¹ Zur Definition von Reallaboren siehe Fußnote 93.

Mehrwertsteuersatz in Höhe von 5 Prozent einzuführen (Förster et al. 2018). Aus ethischer Perspektive sollten die Tierschutzstandards in der Landwirtschaft erhöht und auch deren Einhaltung sichergestellt werden. Das würde bei vielen Konsumentinnen und Konsumenten auf Zustimmung stoßen, da ein Bewusstsein darüber, dass die gegenwärtig dominierenden Haltungsformen (v.a. Massentierhaltung und Tiertransporte) nicht länger tragbar sind, in der Gesellschaft weiter anwächst. Eine durch höhere Standards induzierte Verteuerung der Preise für tierische Nahrungsmittel, insbesondere Fleisch und Milchprodukte, kann sich vor diesem Hintergrund positiv auf deren Reduktion auswirken.

- ▶ **Vegetarische und vegane Angebote in Gastronomie und Handel werden gefördert:** Neben finanziellen Anreizen spielen zudem mehr attraktive vegetarische und vegane Angebote in Gastronomie und Handel eine wichtige Rolle für eine deutliche Reduktion des Verzehrs von Lebensmitteln tierischen Ursprungs. Insbesondere in den stark expandierenden Sektoren des Außer-Haus-Verzehrs sowie der Convenience-Lebensmittel sind hier deutlich mehr fleischfreie bzw. fleischarme Optionen erforderlich, die alltagstauglich und preiswert sind, um dadurch in der Breite der Gesellschaft den Umstieg auf diese Alternativen zu ermöglichen. Um die Konkurrenzfähigkeit nachhaltigerer Angebote in Gastronomie und Handel zu steigern, sollten diese ebenfalls steuerlich begünstigt werden, z.B. durch einen reduzierten Mehrwertsteuersatz.
- ▶ **Lebensmittelverluste werden weiter reduziert:** Strategien zur Reduktion von Lebensmittelverlusten sollten sowohl die Angebotsseite (Verluste in der Wertschöpfungskette) als auch die Nachfrageseite (Verluste im Verkauf sowie bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern) adressieren. Eine Vielzahl von Ansätze stehen hierfür zur Verfügung. Im Mittelpunkt sollten ambitionierte und mindestens auf Ebene der EU verabredete Ziele zur Reduktion von Lebensmittelverlusten stehen und zugleich ein integrierter Ansatz verfolgt werden, der die vielfältigen Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Sektoren und Politikbereichen berücksichtigt (Bos-Brouwers et al. 2020). Politikmaßnahmen sollten sich an einer „Food Use Hierarchy“ orientieren, bei der (jenseits der Vermeidung) beispielsweise ein Fokus auf die Verarbeitung von Zubereitungs- und Speiseresten (z.B. aus der Gastronomie) für den menschlichen Verzehr bzw. als Tierfutter gelegt wird. Zudem sollten die in Lebensmittelabfällen enthaltenen Nährstoffe in den landwirtschaftlichen Kreislauf zurückgeführt werden. Erst danach sollten andere Formen der Inwertsetzung von Lebensmittelabfällen in Erwägung gezogen werden, z.B. deren Nutzung als biogener Rohstoff und die energetische Verwertung (Wunder et al. 2018).

6.2.8 Biotechnologie vorsorgeorientiert nutzen

Im Vergleich zu konventionellen Züchtungsverfahren bieten die neuen gentechnischen Verfahren evtl. weitreichende Veränderungspotentiale. Die neuen gentechnischen Verfahren sollten jedoch im Vergleich zur „klassischen“ Gentechnik nicht allein deshalb grundsätzlich als sicherer betrachtet werden, weil die Anwendung möglicherweise zielgerichteter erfolgt. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von neuen gentechnischen Verfahren mit z.T. erheblichen Risiken verbunden ist. Dazu gehören insbesondere sogenannte Off-target Effekte¹²², aber auch On-Target-Effekte¹²³. Weiterhin können neue Eigenschaften, die mit den neuen gentechnischen Verfahren erzeugt wurden, zu direkten und indirekten gesundheitlichen sowie ökologischen und

¹²² Bei Off-Target-Effekten handelt es sich um Schnitte des Schneideproteins von CRISPR/Cas9 an falschen Stellen, die unerwünschte Mutationen hervorrufen können (vgl. Kosicki, Tomberg, & Bradley 2018).

¹²³ Bei On-Target-Effekten schneidet das CRISPR/Cas9-Schneideprotein zwar am beabsichtigten Gen-Ort („on-target“), führt aber ebenfalls zu ungewollten Veränderungen des Erbguts (vgl. Li et al., 2016).

sozialen Problemen führen. So sind unter anderem veränderte Stoffwechselwege und Inhaltsstoffe auf ihre gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen zu prüfen sowie trockenresistente Pflanzen auf ihr Invasivitätspotential für die Natur zu bewerten.

Wir empfehlen:

- ▶ **Das Vorsorgeprinzip wird beim Einsatz neuer gentechnischer Verfahren in der Landwirtschaft konsequent angewendet und die bestehende Rechtslage auf EU-Ebene wird beibehalten:** Unter Beachtung des Vorsorgeprinzips sollten Organismen, die mittels neuer gentechnischer Verfahren erzeugt wurden, nicht für den Anbau und den Import zugelassen werden, solange Risiken im konkreten Anwendungsfall nicht umfassend geprüft und ausgeschlossen wurden. Mit der Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) vom 25.07.2018, dass auch die neuen gentechnischen Verfahren der EU-Gentechnikrichtlinie unterliegen, gelten für die neuen gentechnischen Verfahren die gleichen Grundsätze und Instrumente zur Risikobewertung und zum Risikomanagement wie für die bereits bestehenden gentechnischen Verfahren, v.a. in Hinblick auf:

- Rückverfolgbarkeit,
- Kennzeichnung,
- direkte und indirekte sowie kurz- und langfristige Umwelteffekte,
- Monitoring.

Da die Bevölkerung einer Anwendung der Gentechnik mehrheitlich kritisch gegenübersteht, wird das bestehende Schutzniveau in Hinblick auf Kennzeichnung und Wahlfreiheit als besonders wichtig erachtet. Zur Gewährleistung dieses Schutzniveaus sollte die Bundesregierung einer von Akteuren der Biotechnologieforschung ins Spiel gebrachten **Regelung der neuen gentechnischen Verfahren** außerhalb des Gentechnikgesetzes (MPG 2019), also nach den Rechtsvorschriften zum Anbau von Pflanzen, der Lebens- und Futtermittelsicherheit sowie des Umweltschutzes, eine Absage erteilen und sich auf europäischer Ebene dafür einsetzen, **dass an der gegenwärtig gültigen Rechtslage festgehalten wird.**

- ▶ **Es wird eine Fall-zu-Fall-Beurteilung im Rahmen einer integrierten Chancen-Risiko-Betrachtung durchgeführt:** Möglicherweise bieten bestimmte Anwendungen der neuen gentechnischen Verfahren Chancen, beispielsweise in Hinblick auf eine nachhaltigere Gestaltung industrieller Produktionsprozesse. So könnten in **geschlossenen Bioreaktoren** neue Synthesewege für Chemikalien erschlossen werden, z.B. die mikrobielle Fermentation land-/forstwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe sowie die Synthese von Chemikalien, Kunststoffen und Kraftstoffen auf der Basis höhermolekularer biogener Ausgangsstoffe. In diesem Zusammenhang sollten **zentral wichtige Aspekte der Nachhaltigkeit und des Risikomanagements frühzeitig geklärt** werden, z.B. mögliche Auswirkungen auf die Umwelt durch Abwässer/Abfall und Leckagen und Störfällen bei potenziell lebensfähigen Organismen. Zudem ist derzeit auch noch nicht geklärt, inwieweit sich Versuche mit kleinem Volumen auf einen industriellen Maßstab hochskalieren lassen.
- ▶ **Die Bundesregierung macht sich für ein Moratorium für die Freisetzung von „Gene Drive“-Anwendungen stark:** Einen speziellen Anwendungsbereich der neuen gentechnischen Verfahren bilden „Gene Drive“-Organismen. Diese sind in der Lage, die genetischen Eigenschaften natürlicher Populationen von Pflanzen und Tieren in erheblichem Umfang zu verändern, oder möglicherweise ganze Arten auszurotten. Aufgrund fehlender Möglichkeiten der Rückholbarkeit solcher Organismen und damit verbundener unabsehbarer Risiken

hinsichtlich der Biodiversität und Systemintegrität von Ökosystemen, sollte auf die Freisetzung solcher Anwendungen bis auf weiteres verzichtet werden. Ein Moratorium sollte auf **internationaler Ebene** im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) und der Internationalen Naturschutzunion (IUCN) angestrebt werden. Solange eine solche Vereinbarung auf internationaler Ebene nicht erzielt werden kann, sollte der Verzicht auf eine Freisetzung von Gene Drive-Organismen zumindest auf der Ebene der Europäischen Union durchgesetzt werden und so lange gelten, bis eine ökosystemare Unbedenklichkeit im jeweiligen Anwendungsfall durch unabhängige wissenschaftliche Studien nachgewiesen werden kann.

- **Es wird ein gesellschaftlicher Dialog zu Zielen und Handlungsoptionen zu neuen gentechnischen Verfahren initiiert:** Die Gesellschaft ist bislang an der Bewertung der neuen gentechnischen Verfahren nur unzureichend beteiligt. Dies sollte durch die Etablierung von Dialogstrukturen auf nationaler wie europäischer Ebene verbessert werden. Eine wichtige Grundlage für eine **faktenbasierte Ausrichtung** solcher Dialoge können die Ergebnisse der **integrierten Chancen-Risiko-Betrachtung** (s.o.) sein.

6.2.9 Forschungs- und Innovationspolitik zur Bioökonomie an ihrem Gesellschafts- und Umweltnutzen ausrichten

Die Erforschung der Bioökonomie wird aktuell in vielen Ländern (z.B. Deutschland und Irland) durch umfangreiche **Förderprogramme** möglich gemacht. In der EU sind hierbei besonders das europäische Forschungs- und Innovationsrahmenprogramm „Horizont 2020“ und dessen Nachfolgeprogramm „Horizont Europa“ von Bedeutung. Die daraus resultierenden Forschungsvorhaben und -ergebnisse weisen jedoch ein **thematisches Ungleichgewicht** auf. So werden vorrangig technologieorientierte Fragestellungen untersucht, während die Forschung zu sozioökonomischen Aspekten der Bioökonomie – trotz neuer Ausschreibungen, die solche berücksichtigen – verhältnismäßig gering ausgestattet ist (Hüsing et al. 2017; Kiresiewa und Hasenheit 2019). Dies spiegelt sich in den Zielsetzungen vieler Bioökonomie-Strategien wider, in denen prioritär wirtschaftliches Wachstum und Arbeitsplätze sowie die Erschließung neuer Geschäftsfelder durch neue Technologien angestrebt werden. Neben den ihnen zugesprochenen Chancen können sich hinter technologischen Innovationen in der Bioökonomie jedoch unabsehbare Risiken verbergen. Auch Zielkonflikte, die sich beispielsweise zwischen Biomassennutzung und Ernährungssicherung sowie Natur- und Biodiversitätsschutz ergeben, können durch rein technische Forschung nicht hinreichend gelöst werden. Möglichkeiten für eine nachhaltige Nutzung von Ökosystemen, verantwortungsvolle Konsumpraktiken, Suffizienzstrategien, verantwortungsbewusste Innovationen oder der Wissenstransfer aus dem Ausland – auch aus Ländern des Globalen Südens in den Norden – sollten daher in der Forschung künftig stärker aufgegriffen werden. Hier können zivilgesellschaftliche Akteure einen wichtigen Beitrag leisten, da sie in der Lage sind, gesellschaftsrelevante und auch systemkritische Aspekte in Forschungsprojekte einzubringen, die ansonsten Gefahr laufen, nicht oder kaum betrachtet zu werden.

Wir empfehlen:

- **Die Regierung fördert Forschungsprojekte, die sich mit sozialen und ökologischen Aspekten beschäftigen und diese in die bestehende technologische Forschung integrieren:** Die Untersuchung sozialökologischer Fragen sollte im gleichen Umfang wie technologieorientierte Forschung stattfinden. Der **Rolle von sozialen, kulturellen und institutionellen Innovationen** (wie nachhaltigen Konsumpraktiken) sollte mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden, um Forschung und Innovation für die Gesellschaft relevanter zu machen. Der sektor- und disziplinenübergreifende Charakter von Bioökonomie verträgt sich nicht gut mit

der aktuell überwiegend disziplinär ausgerichteten (Spitzen-)Forschungsförderung. Es gilt auch, technologische Forschung *integrativ* mit sozialwissenschaftlichen und ökologischen Fragen zu verknüpfen. Förderprogramme sind entsprechend auszuschreiben und Anträge – auch **interdisziplinär** – zu evaluieren. Wesentlich für die Evaluierung sollte sein, inwieweit die Projektvorschläge den **Vorrang der Lebensmittelproduktion** (Food First Prinzip) unterstützen.

- ▶ **Forschungs- und v.a. Entwicklungsvorhaben zum Thema Bioökonomie beinhalten verbindlich eine Risikoabschätzung (Technikfolgen- und Nachhaltigkeitsabschätzung):** Nach der Identifikation von Risiken sollten im Rahmen von Forschungsprojekten Managementsysteme zur Minderung dieser Risiken entwickelt werden. Entsprechende Anforderungen sind in den Ausschreibungen von Forschungsprojekten zu integrieren. Diese Anforderungen sollen Innovationen nicht verhindern und machen eine Technikfolgenabschätzung von Bioökonomie-Pfaden und -ansätzen nicht überflüssig, sondern ergänzen sie. Auf Basis der Technikfolgenabschätzung kann eine fundierte Entscheidung getroffen werden, welche Pfade und Ansätze nicht weiterverfolgt oder zumindest nicht durch Förderungsmaßnahmen unterstützt werden sollen.
- ▶ **Zivilgesellschaftliche Akteure bringen sich stärker in die Konzipierung und Entwicklung von Forschungsagenden und Forschungsprojekten ein:** Transdisziplinäre Forschung bindet Zivilgesellschaft in den Agenda-Setting-Prozess der Forschung und in die Definition von (gesellschaftlich relevanten) Fragestellungen von Forschungsvorhaben ein, um den gesellschaftlichen Mehrwert von Forschung zu erhöhen (Weingart 1999; Nowotny et al. 2001; Maasen und Lieven 2006). Dies erkennt das BMBF in seinen Forschungsschwerpunkten „Sozial-ökologische Forschung“ (SÖF) und „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) bereits an. Die Einbindung der Zivilgesellschaft sollte jedoch auch in anderen Forschungsschwerpunkten etabliert werden, insbesondere bei Projekten mit einem sehr technischen Ansatz. Entsprechende Anforderungen sind in den Ausschreibungen von Forschungsprojekten zu integrieren. Darüber hinaus können Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen angeregt werden, auch in Forschungsvorhaben, die keine Drittmittelförderung beinhalten, verstärkt zivilgesellschaftliche Akteure in die Definition und Bearbeitung von Forschungsfragen und die Entwicklung von Handlungsempfehlungen einzubinden; entsprechende Weiterbildungsangebote zu den Eckpunkten und Qualitätsstandards von transdisziplinärer Forschung (Bergmann et al. 2005) wären aufzubauen.
- ▶ **Der Austausch von Technologien, Wissen und (sozialen) Praktiken aus Ländern des Globalen Südens in den Globalen Norden wird verstärkt:** Die Bioökonomie-Forschung kann durch die Vereinfachung des bislang schwergängigen Wissenstransfers vom Globalen Süden in den Globalen Norden bereichert werden. Hier bestehen zahlreiche innovative Ansätze u.a. zu alternativen Proteinquellen, pflanzenbasierten Fleischersatzprodukten, Medizin, Agroforstwirtschaft und faserbasierten Materialien. Internationale Forschungszusammenarbeit muss stärker auf die Entwicklung lokal angepasster Technologien setzen. Ein solcher Wissensaustausch und Technologietransfer ließe sich durch die gezielte Anpassung von Ausschreibungsbedingungen und Forschungsschwerpunkten fördern – etwa durch die Bedingung, Partner aus Ländern des Globalen Südens zu integrieren oder Ergebnisse in Open-Access-Form zu veröffentlichen. Anknüpfend an dieser Empfehlung des Bioökonomierats, eine nationale Plattform zur Bioökonomie aufzubauen, welche die vorhandenen Bioökonomie-Initiativen, Akteure und Interessengruppen in Deutschland bundesweit vernetzt und Zusammenarbeit ermöglicht (Bioökonomierat 2019), kann auch der internationale Austausch und Wissenstransfer über eine solche Plattform gefördert werden.

6.2.10 Forschungslücken adressieren

Im Vorhaben „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030 / SDG-Umsetzung“ wurden eine Reihe von Fragestellungen bearbeitet, die helfen sollen, Bioökonomie nachhaltig im Sinne der Agenda 2030 weiterzuentwickeln. Im Forschungsprozess sind weitere Fragen aufgetaucht, deren Bearbeitung uns in diesem Kontext wesentlich erscheint, die wir aber im Projekt selbst nicht vertieft bearbeiten konnten. Folgende Fragen sollten – partizipativ – beforscht werden:

- ▶ **Wie können Widerstände gegen eine Transformation hin zu einer nachhaltigeren Bioökonomie überwunden werden?** Seit mehreren Jahrzehnten existieren in unterschiedlichen Teilssektoren dessen, was heute unter „Bioökonomie“ verstanden wird, starke Widerstände von Wirtschaftsinteressen gegen einen Wandel hin zu einer nachhaltigeren Entwicklung. Dies trifft u.a. auf die Landwirtschaft und das vor- und nachgelagerte Agribusiness zu, in gewissem Maße auch auf den Forst- und Holzsektor sowie die (grüne, weiße) Biotechnologieindustrie. Als Ursachen gelten unter anderem eine starke Lobbymacht und Organisationsfähigkeit im Sektor, Interessensverflechtungen zwischen Teilssektoren und ein relativ exklusiver Zugang zu politisch-administrativen Entscheidern (Nischwitz und Chojnowski 2019; Oxfam Deutschland 2016; SRU 2019). Allerdings sind entsprechende Erklärungen oft eher anekdotisch. Eine fundiertere empirische Studie zu den Ursachen solcher politischen Hemmnisse, insbesondere zur hemmenden Rolle von „Regimeakteuren“ in ausgewählten Politikprozessen der deutschen Agrar- und Bioökonomie-Politik, könnte hier neue Erkenntnisse bringen. Zugleich gälte es zu beleuchten, wie es in anderen Transformationsprozessen – beispielsweise der Energiewende – oder in landwirtschaftlichen Transformationen in anderen Ländern gelungen ist, bestehende Machtstrukturen und Interessenskonstellationen aufzubrechen und Hemmnisse für eine Nachhaltigkeitstransformation abzubauen. Hier kann auf Erkenntnisse der Lobby- und der Transformationsforschung zurückgegriffen werden (Delmas et al. 2016; Leif und Speth 2003; Heyen und Wolff 2019; Fischer und Newig 2016; Sutherland et al. 2015; Slingerland 2009).
- ▶ **Wie kann das „Food First“-Prinzip operationalisiert werden?** In bestehenden Bioökonomie-Strategien fehlt es an konkreten Absicherungen des „Food First“-Prinzips für globale Ernährungssicherheit. Auch in der Bioökonomie-Forschung besteht die Notwendigkeit, das „Food First“ Prinzip konzeptionell zu erweitern und zu vertiefen. Es sollte weiterhin erforscht werden, wie globale Ernährungssouveränität und das „Food First“-Prinzip im Kontext von Entwicklungszusammenarbeit und internationalen Governancemechanismen praktisch umgesetzt werden können. Dies ist insbesondere für die Befriedigung von Grundbedürfnissen derzeitiger und zukünftiger Generationen notwendig. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung sollte hierzu ein internationales praxisorientiertes Forschungs- und Aktionsprogramm ins Leben rufen, das auch die Kooperation mit Akteuren in Ländern des Globalen Südens zum Ziel hat.
- ▶ **Wie können Mengen an nachhaltig produzierter Biomasse und ihr Konsum aufeinander abgestimmt werden?** Als weitere Forschungsfrage sollte analysiert werden, welche Mengen an Agrargütern und Holzprodukten mit ökologisch und sozial ausgerichteten Anbaukonzepten (z.B. ökologischer Landbau, Konzept der Agrarökologie, extensive Forstwirtschaft) weltweit produziert werden können und in welchem Umfang sie das aktuelle bzw. künftig zu erwartende globale Konsumniveau abdecken können. Da in Summe mit einer Verknappung biogener Ressourcen zu rechnen ist, schließen sich Forschungsfragen dazu an, in welchem Umfang und mit welchen Ansätzen Konsummuster verändert werden können und sollten, um z.B. Anforderungen der Ernährungssouveränität gerecht zu werden.

- **Ist die Erhöhung von Tierschutzstandards eine erfolgversprechende Strategie, um die Tierproduktion zu verringern?** Zu prüfen ist, ob eine Erhöhung der Tierschutzstandards in der Landwirtschaft ein aussichtsreicher Weg ist, die Tierproduktion und die damit verbundenen Umweltbelastungen zu senken und Tierleid zu verringern (Weissensteiner und Winckler 2019; Heinrich-Böll-Stiftung; BUND; Le Monde Diplomatie 2018). Es kann davon ausgegangen werden, dass dies bei Konsumentinnen und Konsumenten auf Verständnis stößt, da das Bewusstsein über die Problematiken der Intensivtierhaltung in der Gesellschaft weit verbreitet ist. Zugleich führen höhere Tierschutzstandards zu einer Preissteigerung und Wertschätzung der Produkte. Hierdurch wird ein Rückgang des Fleischkonsums und damit der Tierzahlen erwartet. Allerdings fließen hier mehrere, empirisch zu untersuchende Hypothesen ein: So werden Annahmen über die Preiselastizität von unter Tierwohlbedingungen produziertem Fleisch getroffen. Es könnte jedoch sein, dass eine Verteuerung nicht zur Verringerung von Nachfrage und Angebot führt. Hier wäre der Forschungsstand (vgl. Thiele 2001; 2008) zu aktualisieren und zu spezifizieren. Zudem ist zu erforschen, ob das Interesse an Tierschutz wirklich ausreichend stark ist, um zu einer Akzeptanz von Verteuerung bzw. zu einem partiellen Verzicht auf Fleisch und tierische Produkte zu führen (Isermeyer und Schrader 2003). Schließlich muss auch die Frage gestellt werden, wie mehr Tierschutz angesichts von möglicher Abwanderung der betroffenen Agrarbetriebe und anderer Nebenwirkungen umzusetzen ist, bzw. was die besten Instrumente sind, um mehr Tierwohl ohne solche Nebenwirkungen zu erzielen.

Ein tabellarischer Überblick über die Handlungsfelder und -empfehlungen mit weiteren Informationen zur zeitlichen Umsetzung, den jeweiligen Adressaten sowie den mit den Empfehlungen verbundenen Nachhaltigkeitspotenzialen befindet sich in Tabelle 6 im Anhang dieses Berichts.

6.3 Literaturverzeichnis

- Adrian, L.; Bock, S.; Buntzel, A.; Preuß, T.; Rakel, M. (2018): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme - Aktionsplan Flächensparen (UBA-Texte, 38/2018). Umweltbundesamt (Hg.). Dessau, 2018.
- Benning, R.; Reichert, T. (2017): Germanwatch-Vorschlag für eine Neue Agrarpolitik der EU, Transparenz für Verbraucher*innen und Steuerzahlende. Germanwatch (Hg.). Berlin, 2017.
- Bergmann, M.; Brohmann, B.; Hoffmann, E.; Loibl, M. C.; Rehaag, R.; Schramm, E.; Voß, J.-P. (2005): Qualitätskriterien transdisziplinärer Forschung, Ein Leitfaden für die formative Evaluation von Forschungsprojekten. Frankfurt a.M., 2005.
- Berkes, F. (2017): Environmental Governance for the Anthropocene?, *Social-Ecological Systems, Resilience, and Collaborative Learning*. In: *Sustainability* 9 (7), S. 1232.
- Bioökonomierat (2019): Appell an die Politik, Ausblick in eine nachhaltig gestaltete Zukunft. Berlin, 2019. Online verfügbar unter https://biooekonomierat.de/publikationen/?tx_rsmpublications_pi1%5Bpublication%5D=134&tx_rsmpublications_pi1%5Baction%5D=show&tx_rsmpublications_pi1%5Bcontroller%5D=Publication&cHash=d209baca41e898b2f5d10c0494ff3580.
- BMEL (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie, Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie, 2014.
- BMU (2017): Biologische Vielfalt in Deutschland: Fortschritte sichern - Herausforderungen annehmen! Rechenschaftsbericht 2017 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Bonn, 2017.
- BMUB (2016): Den ökologischen Wandel gestalten, Integriertes Umweltprogramm 2030. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.), 2016.

- Bodle, R.; Stockhaus, H. (2019): Geeignete Rechtsinstrumente für die nationale Umsetzung der bodenbezogenen Sustainable Development Goals, insbesondere des Ziels einer „land degradation neutral world“ (UBA-Texte, 48/2019). Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, 2019.
- Bodle, R.; Stockhaus, H.; Wolff, F.; Oberthür, S. (2020): The future of international soil governance. In: *International Yearbook of Soil Law and Policy 2019* 4.
- BÖLW (2017): Starke Höfe, gesunde Umwelt, lebendige Dörfer: Für eine zukunftsfähige Gemeinsame Agrarpolitik der EU, Das BÖLW-Nachhaltigkeitsmodell für eine zukunftsfähige Landwirtschaft. Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft. Berlin, 2017.
- Bos-Brouwers, H.; Burgos, S.; Colin, F.; Graf, V. (2020): Policy recommendations to improve food waste prevention and valorisation in the EU, REFRESH Deliverable 3.5, 2020. Online verfügbar unter https://eu-refresh.org/sites/default/files/D3.5%20Policy%20recommendations_v.2.pdf.
- Bringezu, S.; Banse, M.; Ahmann, L.; Bezama, N. A.; Billig, E.; Bischof, R.; Blanke, C.; Brosowski, A.; Brüning, S.; Borchers, M.; Budzinski, M.; Cyffka, K.-F.; Distelkamp, M. et al. (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel (Hg.). Kassel, 2020.
- Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Aktualisierung 2018. Bonn & Berlin, 2018.
- Bundesregierung (2020): Nationale Bioökonomie-Strategie, Kabinetttversion, 15.01.2020. Berlin & Bonn, 2020.
- Ceballos, G.; Ehrlich, P. R.; Barnosky, A. D.; García, A.; Pringle, R. M.; Palmer, T. M. (2015): Accelerated modern human-induced species losses, Entering the sixth mass extinction. In: *Science Advances* 1 (5).
- Delmas, M.; Lim, J.; Nairn-Birch, N. (2016): Corporate Environmental Performance and Lobbying. In: *Academy of Management Discoveries* 2 (2), S. 175–197.
- destatis (2017): Umweltökonomische Gesamtrechnung - Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2010 – 2017. Bundesamt für Statistik. Wiesbaden, 2017.
- destatis (2018): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. 2017 (Fachserie 3 Reihe 5.1). Bundesamt für Statistik. Wiesbaden, 2018.
- Djelic, I.; Tomasevic, I. (2016): Environmental impacts of the meat chain – Current status and future perspectives. In: *Trends in Food Science & Technology* 54, S. 94–102.
- Ebner, H. (2018): Lobbymacht der Wirtschaft bei Bioökonomie ausgleichen, Interview des Denkhause Bremen, 2018. Online verfügbar unter <https://denkhausbremen.de/harald-ebner-lobbymacht-der-wirtschaft-bei-biooekonomie-ausgleichen/>.
- European Commission (2019): The European Green Deal, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2019) 640 final. Brussels, 11.12.2019, 2019.
- Fischer, C.; Griefshammer, R. (2013): Mehr als nur weniger. Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale. Unter Mitarbeit von Barth, R.; Brohmann, B.; Brunn, C.; Keimeyer, F. und Wolff, F. (Working Paper, 2). Öko-Institut e.V. (Hg.). Freiburg, 2013.
- Fischer, L.-B.; Newig, J. (2016): Importance of Actors and Agency in Sustainability Transitions, A Systematic Exploration of the Literature. In: *Sustainability* 8 (5), S. 476.
- Förster, H.; Kunert, D.; Hünecke, K.; Schumacher, K.; Siemons, A.; Zell-Ziegler, C. (2018): Hintergrundpapier: 50 Jahre Mehrwertsteuer – Ein Blick durch die Klimaschutzbrille, Aktualisierte Fassung. Öko-Institut, 2018. Online verfügbar unter https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Hintergrundpapier_Mehrwertsteuer_2018.pdf.
- Fritsche, U. R.; Eppler, U.; Iriarte, L.; Laaks, S.; Wunder, S.; Kaphengst, T.; Wolff, F.; Heyen, D.; Lutzenberger, A. (2015): Resource-Efficient Land Use – Towards a Global Sustainable Land Use Standard (GLOBALANDS) (UBA-Texte, 82/2015). Umweltbundesamt, 2015.
- Fritsche, U.; Brunori, G.; Chiamonti, D.; Galanakis, Charis; Hellweg, Stefanie; Matthews, Robert & Panoutsou, Calliope (2020): Future transitions for the bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Knowledge Synthesis and Foresight, Report of the Network of Experts prepared for EC DG RTD and JRC in the framework of the EC's Knowledge Centre for Bioeconomy. Darmstadt, 2020.
- Gerdes, H.; Kiresiewa, Z.; Porsch, L. (2017): Creating Networks for the Transition to a Bio-based and Circular Economy, BioSTEP Policy Paper, 2017. Online verfügbar unter http://www.bio-step.eu/fileadmin/BioSTEP/Bio_documents/BioSTEP_Policy_Paper_final.pdf.
- Greenpeace; FiBL (2017): Kursbuch Agrarwende 2050, Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Langfassung. Unter Mitarbeit von Wirz, A.; Kasperczyk, N. und Thomas, F. Hamburg & Frankfurt, 2017.

- Heinrich-Böll-Stiftung; BUND; Le Monde Diplomatique (Hg.) (2018): Fleischatlas, Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel. Berlin, 2018.
- Heyen, D. A. (2016): Exnovation, Herausforderungen und politische Gestaltungsansätze für den Ausstieg aus nicht-nachhaltigen Strukturen (Working Paper, 3/2016). Öko-Institut, 2016.
- Heyen, D. A.; Wolff, F. (2019): Drivers and barriers of sustainability transformations, A comparison of the 'Energiewende' and the attempted transformation to organic agriculture in Germany. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*.
- 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. Karlsruhe, 2017.
- IPBES (2019): Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, 2019.
- IPCC (2019): Climate Change and Land, IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2019.
- Isermeyer, F.; Schrader, L. (2003): Wer bezahlt den Tierschutz? In: Isermeyer, F. (Hg.): Fleisch 2025. Landbauforschung Völknerode Sonderheft 262, S. 151–174.
- Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M. (2019): Politische Bioökonomie-Strategien und Akteure. Unter Mitarbeit von Patrick Schröder. In: Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M.; Wolff, F.; Möller, M. und Gesang, B. (Hg.): Bioökonomie-Konzepte und Diskursanalyse. Teilbericht des Projekts „Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung“. Dessau-Roßlau (UBA-Texte, 78), S. 32–67.
- KLU (2019): Landwirtschaft quo vadis? Agrar- und Ernährungssysteme der Zukunft – Vielfalt gewähren, Handlungsrahmen abstecken, Position der Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt (KLU). Dessau-Roßlau, 2019.
- Leif, T.; Speth, R. (Hg.) (2003): Die stille Macht, Lobbyismus in Deutschland. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Lenton, T. M.; Rockström, J.; Gaffney, O.; Rahmstorf, S.; Richardson, K.; Steffen, W.; Schnellhuber, H. J. (2019): Climate tipping points – too risky to bet against. In: *Nature* (575), S. 592–595.
- MA (Hg.) (2005): Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, D.C: Island Press.
- Maasen, S.; Lieven, O. (2006): Transdisciplinarity, A new mode of governing science? In: *Science and Public Policy* 33 (6), S. 399–410.
- MPG (2019): Regulating genome edited organisms as GMOs has negative consequences for agriculture, society and economy. Max Planck Gesellschaft, 2019. Online verfügbar unter <https://www.mpg.de/13748566/position-paper-crispr.pdf>.
- Netzwerk Reallabore der Nachhaltigkeit (2020): Was ist ein Reallabor?, 2020. Online verfügbar unter <https://www.reallabor-netzwerk.de/zentrale-begriffe/was-ist-ein-reallabor/>.
- Nischwitz, G.; Chojnowski, P. (2019): Studie zu Verflechtungen und Interessen des Deutschen Bauernverbandes (DBV). NABU (Hg.), 2019.
- Nowotny, H.; Scott, P.; Gibbons, M.; Scott, P. B. (2001): Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty. Cambridge: Reino Unido Polity Press.
- Oxfam Deutschland (2016): „Biosprit“-Lobbyisten beeinflussen EU-Politik – mit fatalen Folgen. Online verfügbar unter <https://www.oxfam.de/ueber-uns/aktuelles/2016-10-26-biosprit-lobbyisten-beeinflussen-eu-politik-fatalen-folgen>.
- Pe'er, G.; Zinngrebe, Y.; Moreira, F.; Sirami, C.; Schindler, S.; Müller, R.; Bontzorlos, V.; Clough, D.; Bezák, P.; Bonn, A.; Hansjürgens, B.; Lomba, A.; Möckel, S. et al. (2019): A greener path for the EU Common Agricultural Policy. In: *Science* 365 (6452), S. 449–451.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, F. S.; Lambin, E. F.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H. J.; Nykvist, B.; Wit, C. A. de; Hughes, T. et al. (2009): A safe operating space for humanity. In: *Nature* (7263), S. 472–475. DOI: 10.1038/461472a.
- SCBD (2014): Global Biodiversity Outlook 4 - A mid-term assessment of progress towards the implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. Montréal, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014.
- Schäpke, N.; Bergmann, M.; Stelzer, F.; Lang, D. J.; Editors, G. (2018): Labs in the Real World, Advancing Transdisciplinary Research and Sustainability Transformation: Mapping the Field and Emerging Lines of Inquiry. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 27 (1), S. 8–11.

- Slingerland, M. (Hg.) (2009): Poppe, K., Termeer, C. and Transitions towards sustainable agriculture and food chains in peri-urban areas. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- SRU (2019): Demokratisch regieren in ökologischen Grenzen - Zur Legitimation von Umweltpolitik, Sondergutachten. Sachverständigenrat für Umweltfragen. Berlin, 2019.
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.; Fetzer, I.; Bennett, E. M.; Biggs, R.; Carpenter, S.R.; Vries, W. de; Wit, C. A. de; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J. et al. (2015): Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science* 347 (6223), S. 736.
- Sutherland, L.-A.; Darnhofer, I.; Wilson, G. A.; Zagata, L. (Hg.) (2015): Transition pathways towards sustainability in agriculture: Case studies from Europe. Wallingford: CABI Publishing.
- SWISSAID (2009): Ernährungssouveränität – Wege zu einer gesicherten Ernährung für Alle, Eine entwicklungspolitische Perspektive von SWISSAID. Bern, 2009.
- TEEB (2018): Measuring what matters in agriculture and food systems: a synthesis of the results and recommendations of TEEB for Agriculture and Food's Scientific and Economic Foundations report. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. UNEP (Hg.). Geneva, 2018.
- Thiele, S. (2001): Ausgaben- und Preiselastizitäten der Nahrungsmittelnachfrage auf Basis von Quer-schnittsdaten: Eine Systemschätzung für die Bundesrepublik Deutschland. In: *German Journal of Agricultural Economics* 50 (2), S. 108–115.
- Thiele, S. (2008): Elastizitäten der Nachfrage privater Haushalte nach Nahrungsmitteln – Schätzung eines AIDS auf Basis der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2003. In: *German Journal of Agricultural Economics* 57 (5), S. 258–268.
- UBA (2018): Daten zur Umwelt - Ausgabe 2018, Umwelt und Landwirtschaft. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, 2018.
- UN (2015): Transforming our world, The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, A/RES/70/1, 2015.
- UNEP (2019): Global Environmental Outlook 6, Healthy Planet, Healthy People - Humanity's Transformative Challenge. Draft. UN Environment. Nairobi, 2019.
- Verbändeplattform (2018): Kernforderungen zu den Vorschlägen der EU-Kommission zur Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) nach 2020, Stellungnahme der Verbände-Plattform zum TOP „GAP nach 2020“ auf der Agrarministerkonferenz (AMK) von Bund und Ländern am 27.-28.09.2018, 2018.
- Walker, W. E.; Rahman, S. A.; Cave, J. (2001): Adaptive policies, policy analysis, and policy-making. In: *European journal of operational Research* 128 (2), S. 282–289.
- WBAE (2018): Für eine gemeinwohlorientierte Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2020, Grundsatzfragen und Empfehlungen. Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz. Berlin, 2018.
- WBAE (2019): Zur effektiven Gestaltung der Agrarumwelt- und Klimaschutzpolitik im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU nach 2020. Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz. Berlin, 2019.
- Weingart, P. (1999): Neue Formen der Wissensproduktion: Fakt, Fiktion und Mode. In: *TA-Informationen* 3/4 (1999), S. 48–57.
- Weißensteiner, R.; Winckler, C. (2019): Tierwohl und Umweltschutz – Zielkonflikt oder Win-Win-Situation? (TEXTE, 51/2019). Umweltbundesamt (Hg.), 2019.
- Willett, W.; Rockström, J.; Loken, B.; Springmann, M.; Lang, T.; Vermeulen, S.; Garnett, T.; Tilman, D.; DeClerck, F.; Wood, A.; Jonell, M.; Clark, M.; Gordon, L. J. et al. (2019): Food in the Anthropocene, The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. In: *The Lancet* 393 (10170), S. 447–492.
- Wunder, S.; McFarland, K.; Hirschnitz-Garbers, M.; Parfitt, J.; Luyckx, K.; Jarosz, D.; Youhanan, L.; Stenmarck, A.; Colin, F.; Burgos, S.; Gheoldus, M.; Cummins, A. C.; Mahon, P. et al. (2018): Food waste prevention and valorisation: Relevant EU policy areas, REFRESH Deliverable 3.3, 2018. Online verfügbar unter https://eu-refresh.org/sites/default/files/REFRESH_D3.3_EU%20policy%20screening_18052018_25072018.pdf.
- Wunder, S.; Wolff, F.; Kuhn, S.; Burger, A.; Gieseke, U.; Kasper, C. (2019): Rural Urban Nexus – Globale Landnutzung und Urbanisierung, Integrierte Ansätze für eine nachhaltige Stadt-Land-Entwicklung (UBA-Texte, 138/2019). Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, 2019.

Anhang: Tabellarischer Überblick über Handlungsfelder und -empfehlungen

Tabelle 6: Handlungsfelder und -empfehlungen im Überblick

Handlungsfelder und -empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie	Umsetzbarkeit (kurz-, mittel-, langfristig)	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (+ / ++) (sozial, ökologisch)
1. Die Rolle von Bioökonomie im Kontext der planetaren Grenzen und Agenda 2030 konkretisieren			
<ul style="list-style-type: none"> Die Bundesregierung und der Bioökonomierat spezifizieren im Rahmen der Umsetzung der Nationalen Bioökonomie-Strategie die Rolle von Bioökonomie im Kontext der planetaren Grenzen und Agenda 2030. 	kurz- bis mittel- fristig	Bundesregierung (IMAG BÖ), Bioökonomierat	++ s, ö
2. Den gesellschaftlichen Dialog zur Bioökonomie stärken und die Governance von Bioökonomie ausbalancieren			
<ul style="list-style-type: none"> Ein offener Diskussionsprozess mit Bürgerinnen und Bürgern wird gefördert. 	kurzfristig	BMBF, BMEL, Europäische Kommission	+ s
<ul style="list-style-type: none"> Die Stimme der organisierten Zivilgesellschaft wird in der politischen und öffentlichen Diskussion um die Bioökonomie gestärkt. 	kurzfristig	Bundesregierung (IMAG BÖ), Europäische Kommission	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Mögliche Beteiligungsformate und Ressourcen für die Teilnahme daran werden im vorgesehenen Umsetzungsplan der nationalen und europäischen Bioökonomie-Strategie festgeschrieben. 	kurz-bis mittelfristig	Bundesregierung (IMAG BÖ), Europäische Kommission	+ ö
<ul style="list-style-type: none"> Eine Diskussion von Nachhaltigkeitsfragen im Kontext der Bioökonomie zwischen Stakeholdern aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Forschung und Politik in einem längerfristigen und geschützten Dialogformat („Chatham-House Dialog“) könnte helfen, die Polarisierung der Debatte zu überwinden. 	kurz-bis mittelfristig	Bundesregierung (IMAG BÖ)	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Alle relevanten Ressorts („Whole-of-Government“-Ansatz) werden auf Augenhöhe in die Strategieprozesse zur Bioökonomie eingebunden, um Politikkohärenz zu gewährleisten (u.a. zur Entwicklung der Umsetzungsmaßnahmen der Nationalen Bioökonomie-Strategie). 	kurz- bis mittelfristig	Bundesregierung (IMAG BÖ)	+ ö,s
<ul style="list-style-type: none"> Prozesse der politischen Interessensvertretung werden transparenter gestaltet. 	kurz-bis mittelfristig	Bundesregierung	+ s, ö
3. Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren und ein regelmäßiges Monitoring durchführen			
<ul style="list-style-type: none"> Die Bundesregierung setzt politische Zielvorgaben für eine nachhaltige Bioökonomie, verknüpft sie mit Zeitvorgaben und monitort die Zielerreichung. 	kurz-bis mittelfristig	Ziele: Bundesregierung; Monitoring: UBA, BfN, Forschungsakteure	++ ö, s

Handlungsfelder und -empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie	Umsetzbarkeit (kurz-, mittel-, langfristig)	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (+ / ++) (sozial, ökologisch)
<ul style="list-style-type: none"> Künftig mögliche Bioökonomie-Pfade und deren potenzielle Auswirkungen auf Umwelt und Soziales werden in die Trendanalyse des Bioökonomie-Monitoring integriert. 	kurz-bis mittelfristig	Akteure des Bioökonomie-Monitorings	+ ö, s
<ul style="list-style-type: none"> Datenerfassung und -qualität zur Bewertung von Bioökonomie-Pfaden werden verbessert. 	kurz-bis mittelfristig	Statistische Behörden und Wissenschaft, unterstützt durch ökonomische Akteure	+ ö, s
4. Starke internationale Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln			
<ul style="list-style-type: none"> Die Bundesregierung setzt sich in internationalen Prozessen dafür ein, dass bestehende internationale Governance- und Fördermechanismen für nachhaltiges Land- und Flächenmanagement, Boden- und Waldschutz gestärkt und ausgebaut werden. 	kurz- bis mittelfristig	Bundesregierung (BMU, BMEL)	++ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Die europäische Handelspolitik wird angepasst, um Biomasseimporte aus und Flächendruck in den Ländern des Globalen Südens zu verringern. 	mittelfristig	Bundesregierung (BMWI, BMEL, BMU, BMZ), Europäische Union (DG ENV, DG TRADE)	+ ö
<ul style="list-style-type: none"> Ernährungssouveränität und das Primat der Ernährungssicherung („Food First“-Prinzip) werden im geplanten Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomie-Strategie operationalisiert. 	kurz-bis mittelfristig	Bundesregierung (IMAG BÖ)	++ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Nachhaltige Bioökonomie wird durch internationale Entwicklungskooperation der EU und Deutschland gefördert, u.a. zu Agrarökologie und der nachhaltigen Gestaltung von Produktketten (Palmöl, Soja etc.). 	kurz- bis mittelfristig	Bundesregierung (BMZ), Europäische Union (DG DEVCO)	+ s, ö
5. Bioökonomie mit nachhaltigem Land- und Flächenmanagement verknüpfen			
<ul style="list-style-type: none"> Klimapolitik wird ambitioniert umgesetzt, um negative Auswirkungen auf Flächenverfügbarkeit und ökologische Leistungen von Flächen zu begrenzen, und Klimawirkungen von Flächennutzungspolitiken werden geprüft. 	kurz- bis langfristig	Bundesregierung (BMU, BMEL); Europäische Union	++ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Bei Zielkonflikten in der Flächennutzung wird Erhalt und Ausbau der Biodiversität sowie der Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff zur Minderung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre eine prioritäre Bedeutung eingeräumt. 	kurz- bis mittelfristig	BMBF, BMEL	++ ö

Handlungsfelder und -empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie	Umsetzbarkeit (kurz-, mittel-, langfristig)	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (+ / ++) (sozial, ökologisch)
<ul style="list-style-type: none"> Die ambitionierte ökologische Reform und Umsetzung der Agrarpolitik ist zentrale Voraussetzung für eine nachhaltige Bioökonomie. 	kurz- bis mittelfristig	BMEL, BMU	++ ö
<ul style="list-style-type: none"> Der Zugang zu landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland und der EU wird für eine nachhaltige Bioökonomie gesichert. 	kurz- bis mittelfristig	BMEL, BMI	++ ö, s
<ul style="list-style-type: none"> Die Biomasseförderung in RED II & EEG wird bei zukünftigen Revisionen und Recasts weiter reduziert. 	mittelfristig	BMEL, BMU	++ ö
<ul style="list-style-type: none"> Eine Reduktion der Flächennutzung in anderen Sektoren unterstützt den Wandel zu einer nachhaltigen Bioökonomie, u.a. durch Weiterentwicklung und Operationalisierung des 30-Hektar-Ziels. 	kurz- bis mittelfristig	BMU, BMI	++ ö
6. Branchenspezifische Roadmaps für eine nachhaltige Bioökonomie entwickeln			
<ul style="list-style-type: none"> Für Branchen mit besonderem Bezug zur Bereitstellung und Nutzung biogener Rohstoffe werden im Dialog zwischen Bundesregierung und diesen Branchen branchenspezifische Roadmaps für nachhaltiges Wirtschaften entwickelt 	mittelfristig	BMWi und BMU für Bundesregierung	++ s, ö
7. Konsum- und Ernährungsstile nachhaltiger gestalten			
<ul style="list-style-type: none"> Das allgemeine Bewusstsein für Suffizienz wird gesteigert und mehrheitsfähig gemacht (Informationskampagnen und Reallabore¹²⁴ initiieren). 	kurz- bis mittelfristig	Für Politikinstrumente: Bundesregierung (BMU, BMEL), Verbraucher*innen	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Der Konsum von Fleisch und tierischen Fetten und Eiweißen wird durch ein Bündel von Maßnahmen deutlich reduziert um 50% bis 2030. 	mittel- langfristig	Bundesregierung (BMF, BMEL, BMU)	++ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Vegetarische und vegane Angebote in Gastronomie und Handel werden gefördert. 	kurz- und mittelfristig	Bundesregierung (BMF, BMEL, BMU)	++ ö
<ul style="list-style-type: none"> Lebensmittelverluste werden weiter reduziert auf Angebots- und Nachfrageseite; konsequente Anwendung der „Food Use Hierarchy“ (z.B. Rückführung von Nährstoffen in den landwirtschaftlichen Kreislauf vor energetischer Verwertung). 	kurz- bis mittelfristig	BMEL, Lebensmittelhersteller, Handel, Gastronomie, Verbraucher*innen	++ ö
8. Auf eine vorsorgeorientierte Nutzung der Biotechnologie fokussieren			
<ul style="list-style-type: none"> Das Vorsorgeprinzip wird beim Einsatz neuer gentechnischer Verfahren in der Landwirtschaft konsequent 	kurzfristig	BMEL, BMU, BMJV	++ s, ö

¹²⁴ Zur Definition von Reallaboren siehe Fußnote 93.

Handlungsfelder und -empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie	Umsetzbarkeit (kurz-, mittel-, langfristig)	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (+ / ++) (sozial, ökologisch)
angewendet und die bestehende Rechtslage auf EU-Ebene beibehalten.			
<ul style="list-style-type: none"> Es wird eine Fall-zu-Fall-Beurteilung im Rahmen einer integrierten Chancen-Risiko-Betrachtung durchgeführt (z.B. für neue Synthesewege in Bioreaktoren, frühzeitige Untersuchung relevanter Aspekte der Nachhaltigkeit und des Risikomanagements). 	kurz- bis mittelfristig	Anlagenentwickler und -hersteller	++ ö
<ul style="list-style-type: none"> Die Regierung macht sich stark für ein Moratorium für die Freisetzung von „Gene Drive“-Anwendungen¹²⁵ (auf internationaler Ebene im Rahmen von CBD und IUCN) 	kurz- bis mittelfristig	BMU, EU-Kommission (DG ENV)	+ ö
<ul style="list-style-type: none"> Es wird ein gesellschaftlicher Dialog zu Zielen und Handlungsoptionen zu neuen gentechnischen Verfahren initiiert (faktenbasierte Ausrichtung, basierend auf Ergebnissen der integrierten Chancen-Risiko-Betrachtung). 	kurz- bis mittelfristig	BMEL, BMU, BMJV	+ s, ö
9. Forschungs- und Innovationspolitik zur Bioökonomie an ihrem Gesellschafts- und Umweltnutzen ausrichten			
<ul style="list-style-type: none"> Die Regierung fördert Forschungsprojekte, die sich mit sozialen und ökologischen Aspekten beschäftigen und diese in bestehende technologische Forschung integrieren. 	kurz- bis mittelfristig	BMBF, Europäische Kommission	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Forschungs- und v.a. Entwicklungsvorhaben zum Thema Bioökonomie beinhalten verbindlich eine Risikoabschätzung (Technikfolgen- und Nachhaltigkeitsabschätzung). 	kurz- bis mittelfristig	BMBF, Europäische Kommission	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Zivilgesellschaftliche Akteure partizipieren stärker an der Konzipierung und Entwicklung von Forschungsagenden und Forschungsprojekten. 	kurz- bis mittelfristig	BMBF, Europäische Kommission	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Der Transfer von Technologien, Wissen und (sozialen) Praktiken aus Ländern des Globalen Südens in den Globalen Norden wird gestärkt. 	mittel- und langfristig	BMBF, BMZ, Europäische Kommission	+ s, ö
10. Forschungslücken adressieren			
<ul style="list-style-type: none"> Wie können Widerstände gegen eine Transformation hin zu einer nachhaltigeren Bioökonomie überwunden werden? 	kurzfristig	BMBF	+ s, ö
<ul style="list-style-type: none"> Wie kann das „Food First“-Prinzip operationalisiert werden? 	kurzfristig	BMBF, BMEL, BMZ	+ s

¹²⁵ Bei Gene Drives handelt es sich um Methoden, um eine genetische Veränderung in eine natürliche Population einzubringen und auf alle Individuen auszubreiten.

Handlungsfelder und -empfehlungen für eine nachhaltige Bioökonomie	Umsetzbarkeit (kurz-, mittel-, langfristig)	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (+ / ++) (sozial, ökologisch)
<ul style="list-style-type: none"> • Wie können Mengen an nachhaltig produzierter Biomasse und ihr Konsum aufeinander abgestimmt werden? • Ist die Erhöhung von Tierschutzstandards eine erfolgversprechende Strategie, um die Tierproduktion zu verringern? 	kurzfristig	BMF, BMEL BMBF, BMEL	+ s, ö