

Abschlussbericht

Weiterentwicklung des "Monitoringsystem Bioökonomie" unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des vorsorgenden Umweltschutzes

von:

Aaron Best, Holger Gerdes, Eike Karola Velten, Zoritza Kiresiewa, Michael Schock, Ramiro de la Vega, Charlotte Felthöfer
Ecologic Institut, Berlin

Horst Fehrenbach, Silvana Bürck, Susanne Köppen
ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg

Walther Zeug
UFZ - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Leipzig

Herausgeber:

TEXTE 130/2025

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3720 12 104 0
FB001666

Abschlussbericht

Weiterentwicklung des "Monitoringsystem Bioökonomie" unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des vorsorgenden Umweltschutzes

von

Aaron Best, Holger Gerdes, Eike Karola Velten, Zoritza
Kiresiewa, Michael Schock, Ramiro de la Vega, Charlotte
Felthöfer

Ecologic Institut, Berlin

Horst Fehrenbach, Silvana Bürck, Susanne Köppen
ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg

Walther Zeug
UFZ - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH,
Leipzig

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

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

Durchführung der Studie:

Ecologic Institut
Pfalzburger Str. 43/44
10717 Berlin

Abschlussdatum:

März 2024

Redaktion:

Fachgebiet I 1.1 Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien,
Ressourcenschonung
Jens Günther

DOI: <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7534>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Oktober 2025

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

Kurzbeschreibung: Weiterentwicklung des "Monitoringsystem Bioökonomie" unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des vorsorgenden Umweltschutzes

Mit ihrer Bioökonomiestrategie untermauert die deutsche Bundesregierung ihr Bestreben langfristig eine nachhaltige und biobasierte Wirtschaftsweise zu etablieren. Das UBA-Forschungsvorhaben entwickelte in diesem Kontext relevante und aussagekräftige Vorschläge für Bioökonomie-Indikatoren und Monitoringansätze mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit und den Schutz der natürlichen Systeme. Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Arbeiten und Ergebnisse des Projekts zusammen. Das Projekt umfasste:

- ▶ **Analyse bestehender Monitoringsysteme:** Es wurde eine Wissensbasis für das Projekt etabliert, indem es die neuesten Informationen zusammentrug und einen übergreifenden und standardisierten Überblick über die verschiedenen Monitoring-Initiativen erstellte. Dies beinhaltet eine Zusammenstellung neuester Informationen zu internationalen, europäischen und nationalen Bioökonomie-Monitoringsystemen und die Auswertung der bestehenden Monitoringsysteme.
- ▶ **Analyse von Indikatorensystemen:** Folgend wurden Indikatoren und Indikatorensysteme ausgewertet, die im Bereich der Biomassenutzung sowie angrenzender Bereiche angewendet werden. Das Ziel war aus vorhandenen Ansätzen und Praxiserfahrungen zu lernen, ob und wie diese für ein Monitoringkonzept zur Bioökonomie als Grundlage dienen können bzw. darin einfließen können und welche Indikatoren für die Bewertung einzelner Aspekte geeignet sind.
- ▶ **Indikatoren zur verstärkten Betrachtung von Umweltaspekten im Bioökonomie-Monitoring:** Aufbauend wurde analysiert wie und mit welchen Indikatoren eine Betrachtung von Umweltaspekten im Monitoring zur Bioökonomie der Bundesregierung möglich ist. Bestehende Fehlstellen des aktuellen Bioökonomie-Monitorings werden identifiziert und beschrieben. Darauf basierend wurde ein ersten Katalog an potenziellen Indikatoren zusammengestellt sowie weiteren Forschungsbedarf benannt und beschrieben. Die Indikatoren wurden entlang der RACER Kriterien (Relevant, Akzeptiert, Glaubwürdig (Credible), Einfach, Robust) bewertet. Die Ergebnisse wurden unter aktiver Einbindung externer Fachexpertise diskutiert.
- ▶ **Ableitung von Handlungsempfehlungen:** Aus den Ergebnissen und Erkenntnissen der vorangegangenen Schritte werden Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung des Bioökonomie-Monitorings sowie zur Umsetzung und Fortentwicklung der Bioökonomie-Strategie mit besonderem Fokus auf den Umwelt- und Naturschutz abgeleitet. Aktuelle Politikprozesse und Gelegenheitsfenster wurden identifiziert, um einen gezielten Input der Projektergebnisse zu ermöglichen.

Abstract: Further development of the "Bioeconomy Monitoring System" with a particular focus on aspects of precautionary environmental protection

With its bioeconomy strategy, the German national government underpins its aspiration to establish a sustainable and bio-based economy in the long term. In this context, the UBA research project **"Further development of the 'Bioeconomy Monitoring System' with a particular focus on aspects of precautionary environmental protection"** developed relevant and meaningful bioeconomy indicators and monitoring approaches with a focus on sustainability and the protection of natural systems. This final report summarizes the work and results of the project. The project included:

- ▶ **Analysis of existing monitoring systems:** A knowledge base for the project was established by gathering the latest information and creating a comprehensive and standardized overview of various monitoring initiatives. This includes a compilation of the latest information on international, European, and national bioeconomy monitoring systems and the evaluation of existing monitoring systems.
- ▶ **Analysis of indicator systems:** Following this, indicators and indicator systems used in the area of biomass utilization and adjacent areas were evaluated. The goal was to learn from existing approaches and practical experiences whether and how these can serve as a basis for a monitoring concept for the bioeconomy or be incorporated into it, and which indicators are suitable for assessing individual aspects.
- ▶ **Indicators for increased consideration of environmental aspects in bioeconomy monitoring:** Building on this, it was analysed how and with which indicators an examination of environmental aspects in the monitoring of the German bioeconomy is possible. Existing gaps in the current bioeconomy monitoring were identified and described. Based on this, a first catalogue of potential indicators was compiled, and further research needs were identified. The indicators were evaluated according to the RACER criteria (Relevant, Accepted, Credible, Simple, Robust) and the results were discussed with active involvement of external expertise.
- ▶ **Recommendations for action:** From the results and insights of the previous steps, recommendations for action were derived regarding the further development of bioeconomy monitoring and for the implementation of the bioeconomy strategy with a special focus on environmental and nature protection. Current political processes and windows of opportunity were identified to enable targeted input of the project findings.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	14
Abkürzungsverzeichnis	15
Zusammenfassung.....	21
Summary	31
1 Einleitung.....	40
1.1 Hintergrund des Projektes	40
1.2 Ziele des Projektes	42
2 Methodik	44
2.1 Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme.....	44
2.2 Analyse möglicher Ansätze und Indikatoren für eine stärkere Betrachtung von Umweltaspekten im Bioökonomie-Monitoring	47
2.2.1 Informationsbasis für die Analyse	48
2.2.2 Potenzielle Indikatoren.....	49
2.2.3 Forschungsbedarf	49
2.3 Indikatorenbewertung	49
2.3.1 Erarbeitung eines begründeten Kriterienkatalogs zur Bewertung der Indikatoren entlang der RACER Kriterien	49
2.3.2 Bewertung der potenziellen Indikatoren.....	53
2.3.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen	53
3 Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme	55
3.1 Vorgehen.....	55
3.2 Einblicke auf Antworten zur Fragestellung: „ <i>Inwieweit werden die Ansätze und Indikatoren für eine Bewertung verwendet?</i> “.....	56
3.3 Einblicke auf Antworten zur Fragestellung: „ <i>Inwieweit sind die Indikatoren für eine Bewertung geeignet?</i> “	56
3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	57
4 Bestehende Fehlstellen des aktuellen Bioökonomie-Monitorings und potenzielle Indikatoren..	58
4.1 Aspekte des vorsorgenden Umweltschutzes.....	58
4.1.1 Leitlinien für die Durchführung der Analysen.....	58
4.1.2 Bioökonomie und die sozial-ökologische Krise.....	58
4.2 Bestehende Fehlstellen.....	61

4.2.1	Ergebnisse der Expert*innenbefragung.....	61
4.2.2	Ergebnisse bisheriger Stakeholder*innenpartizipation am Bioökonomie-Monitoring	65
4.2.3	Vergleich EU Bioökonomie-Monitoring System und SYMOBIO 1.0.....	69
4.3	Potenzielle Indikatoren	78
5	Bewertung von potenziellen Ansätzen und Indikatoren.....	81
5.1	RACER-Screening-Analyse	81
5.2	RACER-Analyse	81
5.2.1	CO ₂ -Opportunitätskosten	81
5.2.2	Integrierte Sankey-Diagramme (kohärente Vergleiche von nachhaltigen Produktionskapazitäten und Nutzung)	88
5.2.3	Label für das Irreversibilitätsrisiko.....	92
5.2.4	Planetare Grenzen	94
5.2.5	Systemische LCA Methoden	101
5.2.6	Biodiversität (potenzieller Artenverlust)	105
5.2.7	Nachhaltige Biomassepotenziale	109
5.2.8	Kreislaufwirtschaft (zirkuläre Nutzungsrate)	112
5.2.9	Räumliche Darstellung der Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung	116
5.2.10	Schadstoff- und Feinstaubemissionen der Bioökonomie	121
6	Vorschläge und Handlungsempfehlungen	126
6.1	Vorschläge zur Ergänzung des Bioökonomie-Monitorings der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten	126
6.1.1	Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene	126
6.1.2	Monitoring-Lücken auf EU-Ebene, die weitgehend durch deutsches Monitoring behoben sind	130
6.1.3	Allgemeine gute Praktiken der EU-BMS, die im deutschen Monitoringsystem einsetzbar sind	135
6.1.4	Notwendiger Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf.....	136
6.2	Handlungsempfehlungen.....	139
7	Quellenverzeichnis	146
A	Anhang: Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme	159
A.1	Asselin et al. (2020): Product biodiversity footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining life cycle assessment and ecology	159
A.1.1	Factsheet.....	159
A.1.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	160
A.1.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	162

A.1.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	163
A.2	Kardung et a. (2020): BioMonitor Projekt.....	165
A.2.1	Factsheet.....	165
A.2.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	166
A.2.3	Analyse bestehender Indikatorenmodelle	169
A.2.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	171
A.3	Böttcher et al. (2020): Nexus Ressourceneffizienz und Landnutzung – Ansätze zur mehrdimensionalen umweltpolitischen Bewertung der Ressourceneffizienz bei der Biomassebereitstellung.....	172
A.3.1	Factsheet.....	172
A.3.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	173
A.3.3	Analyse bestehender Indikatorenmodelle	176
A.3.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	178
A.4	Bracco et al. (2019): Indicators to monitor and evaluate the sustainability of bioeconomy. Overview and a proposed way forward.....	179
A.4.1	Factsheet.....	179
A.4.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	180
A.4.3	Analyse bestehender Indikatorenmodelle	185
A.4.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	188
A.5	Eltrop et al. (2018): Ein Konzept für einen Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden-Württemberg	189
A.5.1	Factsheet.....	189
A.5.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	190
A.5.3	Analyse bestehender Indikatorenmodelle	193
A.5.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	195
A.6	FAO (2011): The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy....	196
A.6.1	Factsheet.....	196
A.6.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	197
A.6.3	Analyse bestehender Indikatorenmodelle	201
A.6.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	203
A.7	FSC (2018): FSC International Standard FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship	204
A.7.1	Factsheet.....	204
A.7.2	Analyse der Monitoringsysteme	205
A.7.3	Analyse bestehender Indikatorenmodelle	209

A.7.4	Zusammenstellung der Indikatoren aus FSC (2018)	211
A.8	Goh (2017): Monitoring the Bio-Economy. Assessing local and global biomass flows, land-use change, carbon impacts and future resources.....	212
A.8.1	Factsheet.....	212
A.8.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	213
A.8.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	216
A.8.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	218
A.9	ISO (2015): ISO 13065:2015 Sustainability criteria for bioenergy	220
A.9.1	Factsheet.....	220
A.9.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	221
A.9.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	224
A.9.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	226
A.10	Jander et al. (2020): Monitoring Bioeconomy Transitions with Economic–Environmental and Innovation Indicators: Addressing Data Gaps in the Short Term	231
A.10.1	Factsheet.....	231
A.10.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	231
A.10.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	234
A.10.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	236
A.11	Kardung et al. (2021): Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators	237
A.11.1	Factsheet.....	237
A.11.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	238
A.11.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	240
A.11.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	243
A.12	Karvonen et al. (2017): Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy	244
A.12.1	Factsheet.....	244
A.12.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	245
A.12.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	248
A.12.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	250
A.13	Kilsedár et al. (2021): Implementation of the EU Bioeconomy Monitoring System dashboards.....	251
A.13.1	Factsheet.....	251
A.13.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	251
A.13.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	255
A.13.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	257

A.14	Lier et al. (2018): Synthesis on bioeconomy monitoring systems in the EU Member States – indicators for monitoring the progress of bioeconomy.....	258
A.14.1	Factsheet.....	258
A.14.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	259
A.14.3	Analyse bestehender Indikatorensesteme	261
A.14.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	264
A.15	Linser und Lier (2020): The Contribution of Sustainable Development Goals and Forest-Related Indicators to National Bioeconomy Progress Monitoring	265
A.15.1	Factsheet.....	265
A.15.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	266
A.15.3	Analyse bestehender Indikatorensesteme	268
A.15.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	271
A.16	Iost et al. (2020): Setting up a bioeconomy monitoring: Resource base and sustainability	273
A.16.1	Factsheet.....	273
A.16.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	274
A.16.3	Analyse bestehender Indikatorensesteme	277
A.16.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	279
A.17	Piñero et al. (2021): Sustainable Consumption and Production Hotspot Analysis Tool (SCP-HAT) v 2.0	280
A.17.1	Factsheet.....	280
A.17.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	281
A.17.3	Analyse bestehender Indikatorensesteme	283
A.17.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	286
A.18	RSB (2016), RSB (2018): Roundtable on Sustainable Biomaterials	287
A.18.1	Factsheet.....	287
A.18.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	289
A.18.3	Analyse bestehender Indikatorensesteme	291
A.18.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	293
A.19	Iriarte et al. (2015): S2Biom Projekt - D5.4 Consistent Cross-Sectoral Sustainability. Criteria & Indicators	295
A.19.1	Factsheet.....	295
A.19.2	Auswertung der Monitoringsystem.....	296
A.19.3	Analyse bestehender Indikatorensesteme	299
A.19.4	Zusammenstellung der Indikatoren.....	301

A.20	Bringezu et al. (2020): SYMOBIO Projekt	302
A.20.1	Factsheet: Bringezu et al. (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie	302
A.20.2	Auswertung der Monitoringsystem	302
A.20.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	305
A.20.4	Zusammenstellung der Indikatoren	306
A.21	Egenolf und Bringezu (2019): Conceptualization of an Indicator System for Assessing the Sustainability of the Bioeconomy	307
A.21.1	Factsheet	307
A.21.2	Analyse bestehender Monitoringsysteme	308
A.21.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	310
A.21.4	Zusammenstellung der Indikatoren	312
A.22	Wackerbauer et al. (2019): Abschlussbericht – Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie	313
A.22.1	Factsheet	313
A.22.2	Auswertung der Monitoringsystem	314
A.22.3	Analyse bestehender Indikatorensysteme	317
A.22.4	Zusammenstellung der Indikatoren	320
B	Anhang: Leitfaden für die Expert*innenbefragung	323
C	Anhang: RACER Screeninganalysen	327
C.1	Zertifizierung unter Berücksichtigung der landschaftlichen Gegebenheiten	327
C.2	Netto THG-Emissionen der Bioökonomie	329
C.3	Landnutzung und Landnutzungsänderung	331
C.4	Fußabdruck des EU-Verbrauchs in der EU (Verbindung zu Entscheidungsgrundlagen, z. B. Schwellenwerte, Ziele)	333
C.5	Kohlenstoffintensität, gemessen an den THG-Emissionen im Lebenszyklus (gr Äq. CO ₂ / Produkteinheit)	335
C.6	Biodiversität (Waldfragmentierung)	337
C.7	Naturschutz (Renaturierung)	339
C.8	Biomasse kohlenstoffreicher Flächen	341

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Analyse der Perspektiven deutscher Stakeholder*innengruppen auf SDGs in Bezug auf die Bioökonomie, Relevanz der SDGs basierend auf der Relevanz entsprechender Unterziele, die von Stakeholder*innengruppen angegeben wurden, aus	66
Abbildung 2:	Geclusterte Feedbacks zu SYMOBIO aus dem Stakeholder-Workshop 2020	67
Abbildung 3:	Anteile der Antworten auf die Fragen „Wo sehen Sie Ihre eigene Bioökonomie-Vision?“, „Wo sehen Sie die deutsche Bioökonomie-Strategie?“, „Wo sehen Sie die europäische Bioökonomie-Strategie?“	68
Abbildung 4:	Bioökonomie-Monitoring Ansätze und Indikatoren für die RACER-Screeninganalysen	79
Abbildung 5:	Flächenbedarf Anbau-Biokraftstoffe (dt. Verbrauch) vs. Solarstromerzeugung	84
Abbildung 6:	Mittlere jährliche Kohlenstoffspeicherung in Mio. t CO ₂	85
Abbildung 7:	Aggregierter Stoffstrom der Bioökonomie in Deutschland 2015	89
Abbildung 8:	Schematische Darstellung von Produktionskapazität vgl. Nutzung in einem Sankey-Diagramm	90
Abbildung 9:	Skizze eines Symbols zur Kennzeichnung irreversibler Risiken	94
Abbildung 10:	Definitionsschema der Fußabdrücke in Abgrenzung zur inländischen Produktion, Importen und Exporten	95
Abbildung 11:	Planetare Belastungsgrenzen	97
Abbildung 12:	Verhältnis von globalen Fußabdrücken und planetaren Grenzen	98
Abbildung 13:	Verhältnis von nationalen Fußabdrücken und nationalen planetaren Grenzen für Deutschland als Pro-Kopf-Äquivalente	99
Abbildung 14:	Relative Nachhaltigkeit von Biomass-to-Liquid im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen	103
Abbildung 15:	Auswirkungen der Bioethanolproduktion auf die Biodiversität.	106
Abbildung 16:	Bioenergiepotenziale in PJ des Bundeslandes Baden-Württemberg.....	110
Abbildung 17:	Zirkuläre Nutzungsrate der EU 27 im zeitlichen Vergleich.....	113
Abbildung 18:	Vergleich der CMUR in % zwischen den Staaten.....	113
Abbildung 19:	LiDAR-Schätzung der globalen Biomassebestände.	117
Abbildung 20:	Räumliche Darstellung der Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung	120
Abbildung 21:	Europäischer Luftqualitäts-Index.	122

Abbildung 22:	Quellen und Emissionen von Luftschadstoffen in Europa.....	123
Abbildung 23:	Verwendung des landwirtschaftlichen Fußabdrucks im Pilotbericht zur Darstellung der Landnutzung und des Landnutzungswandels durch die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland und weltweit.....	132
Abbildung 24:	Produktion u. Konsum an Rohholzäquivalenten in Deutschland 1995 bis 2030	133

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der AP 1 und AP 2 Fragenkataloge.....	45
Tabelle 2:	Handlungsfelder und -empfehlungen im Überblick	141

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AGB	Above-Ground Biomass
AP	Arbeitspaket
AQI	Air Quality Index
ASLCA	Absolute Sustainability-Based Life Cycle Assessment
ATBD	Algorithm Technical Basis Document
BAU	Business As Usual
BBI	Bio-Based Industries
BBS	Biobasierter Anteil eines Sektors
BC	Black Carbon (Rußpartikel)
BDP	Biodiversity Damage Potential
BE	Bioeconomy (Bioökonomie)
BII	Biodiversitäts-Intaktheits-Index
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BUF	Biomass Utilisation Factor
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BÖ	Bioökonomie
BÖE-Index BW	Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden Württemberg
BPP	Biotic Production Potential
BPS	Central Bureau of Statistics (Indonesian)
BtL	Biomass-to-Liquid
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
BWS	Bruttowertschöpfung
CBA	Cost-benefit analysis
CESR	Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel
CF	Charakterisierungsfaktor

Abkürzung	Erläuterung
CH₄	Methan
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
CLC	Corine Land Cover
CMUR	Circular Material Use Rate
CO	Carbon Monoxide (Kohlenstoffmonoxid)
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CO₂-ÄQ	CO ₂ -Äquivalente
CPO	Certified Palm Oil
CSC-LUC	Carbon Stock Change from Land-use Change
DB	Deckungsbeitrag
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DFD	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMC	Domestic Material Consumption
DNS	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie
DPSIR	Driver-Pressure-State-Impact-Response
DU	Dobson Units
EC	European Commission
EEA	European Environment Agency
EE-MIRIO	Environmentally extended multi-regional input-output
EF	Environmental Footprints (ökologische Fußabdrücke)
EFI	European Forest Institute
ELCA	Environmental Life Cycle Assessment
EP	Eutrophication Potential
EPAL	European Pallet Association
EU	Europäische Union
EU-27	Europäische Union (27 Mitgliedstaaten)
EU MS	EU Mitgliedstaaten
EU-BMS	EU Bioeconomy Monitoring System
EUR	Euro

Abkürzung	Erläuterung
EW	Einwohner
F/FMSY	Fish mortality as percentage of Fish mortality at Maximum Sustainable Yield
FAO	Food and Agriculture Organization
FB	Forschungsbereich
FSC	Forest Stewardship Council
FTE	Full-Time Equivalent
GBEP	Global Bioenergy Partnership
GDP	Gross Domestic Product
GERD	Gross Expenditure on Research and Development
GFFA	Global Forum for Food and Agriculture
GFN	Global Footprint Network
GHG	Greenhouse Gas
GMO	Genetically Modified Organism
GVA	Gross Value Added
GWP	Global Warming Potential
HDI	Human Development Index
HILCSA	Holistic and Integrated Life Cycle Sustainability Assessment
IA	Impact Assessment
IHDI	Inequality-adjusted Human Development Index
ILUC	Indirect Land Use Change
IO	Input-Output
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISBN	International Standard Book Number
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification
ISO	International Organization for Standardization
ISSN	International Standard Serial Number
IUCN	International Union for Conservation of Nature
JRC	Joint Research Centre
LCA	Life Cycle Assessment

Abkürzung	Erläuterung
LCC	Life Cycle Costing
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LCSA	Life Cycle Sustainability Assessment
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
LOFASA	Logical Framework for a Sustainability Assessment
LU	Luxembourg
LUC	Land Use Change
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
LVA	Local Value Added
MCA	Multi-Criteria Analysis
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
MFA	Material Flow Analysis
MJ	Megajoule
MRIO	Multiregionale Input-Output-Analyse
NA	Not applicable (nicht zutreffend)
NABIS	Nationale Biomassestrategie
NACE	Nomenclature of Economic Activities
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEON	National Ecological Observatory Network
NGO	Non-Governmental Organisation
NH₃	Ammoniak
NMVOCs	Flüchtige organische Verbindungen
NO_x	Stickoxid
OE	Omega Einheiten
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PAS	Potentially Affected Species
PB	Planetary Boundaries (Planetare Grenzen)
PBF	Product Biodiversity Footprint
PJ	Petajoule

Abkürzung	Erläuterung
PM	Particulate Matter
PM₁₀	Feinstaub
PM_{2,5}	Feinstaub der Partikelgröße 2.5
PR	Public Relations
RA	Rural Areas
RACER	Relevant, Akzeptiert, Glaubwürdig (Credible), Einfach, Robust
RED	Renewable Energy Directive
RED II	Renewable Energy Directive II
RED III	Renewable Energy Directive III
REFOPLAN	Ressortforschungsplan
RSB	Roundtable on Sustainable Biomaterials
SCL	Standards, Certificates and Labels
SCP-HAT	Sustainable Consumption and Production Hotspots Analysis Tool
SDG	Sustainable Development Goals
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SFM	Sustainable Forest Management
SIA	Sustainability Impact Assessment
SLCA	Social Life Cycle Assessment
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Relevant and Time-bound
SO₂	Schwefeldioxid
SYMOBIO	Systematic Monitoring and Modelling of the Bioeconomy [Projektname]
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule
UAA	Utilized Agricultural Area
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH
UK	United Kingdom
ULC	Under-utilised low carbon
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environment Programme

Abkürzung	Erläuterung
USA	United States of America
USD	United States Dollar
VOC	Volatile Organic Compounds
WEI	Water Exploitation Index
WHO	World Health Organization
WRA	Weed Risk Assessment
WWF	World Wide Fund for Nature
WZ	Wirtschaftszweigen

Zusammenfassung

Hintergrund

Mit der neuen Bioökonomiestrategie (BMEL & BMBF 2020), die auf der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ (BMBF 2010) und der „Politikstrategie Bioökonomie“ (BMEL 2014) aufbaut, intensiviert die deutsche Bundesregierung ihr Bestreben, zukünftig auf eine nachhaltige und biobasierte Wirtschaftsweise zuzusteuern und diese langfristig zu etablieren. Die Umsetzung der Bioökonomiestrategie soll einen Transformationsprozess einleiten, bei dem biologische Ressourcen durch innovative Methoden nachhaltig und effektiv genutzt werden. Dieser Weg stellt vielfältige Anforderungen in den verschiedensten Bereichen und Sektoren wie z. B. der Land- und Forstwirtschaft, Ernährung, Energieerzeugung und Raumplanung dar und ist von zahlreichen Veränderungsprozessen und daraus entstehenden Zielkonflikten geprägt.

Das derzeit in Entwicklung befindliche Bioökonomie-Monitoring der Bundesregierung erfasst neben der sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit auch die ökologische Nachhaltigkeit (siehe z. B. BMBF und BMEL 2022; Bringezu et al. 2020). Der Fokus liegt dabei auf den Themen Klima-, Ressourcen-, Wasser- und Flächenschutz und wird zunächst über die Methode des Fußabdrucks gemessen. Damit sollen die Auswirkungen der Bioökonomie auf Umwelt- und Naturschutz gemessen werden.

Diese Arbeiten dienen als ein vielversprechender Ausgangspunkt für das Monitoring, müssen jedoch weiter ergänzt und vertieft werden. Dies liegt daran, dass der Fußabdruck-Ansatz wichtige umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Aspekte der Bioökonomie nicht vollständig berücksichtigt, insbesondere solche, die mit der biologischen Vielfalt und den Ökosystemen, dem Biomassepotenzial, den standortspezifischen Aspekten sowie den sektor- und produktsspezifischen Aspekten zusammenhängen.

Das Projekt

Ziel des Projekts **‘Weiterentwicklung des „Monitoringssystem Bioökonomie“ unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des vorsorgenden Umweltschutzes’** war es, im Rahmen der stattfindenden Transformation hin zu einer biobasierten Wirtschaft die Entwicklung eines Monitoringsystems zu unterstützen, mit dem beurteilt werden kann, ob die Bioökonomie die Ziele der Nachhaltigkeit und des Schutzes der natürlichen Systeme erreicht.

Das UBA-Forschungsvorhaben entwickelte in diesem Kontext relevante und aussagekräftige Vorschläge für Bioökonomie-Indikatoren und Monitoringansätze mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit und den Schutz der natürlichen Systeme. Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Arbeiten und Ergebnisse des Projekts zusammen. Das Projekt umfasste:

- ▶ **Analyse bestehender Monitoringsysteme:** Es wurde eine Wissensbasis für das Projekt etabliert, indem es die neuesten Informationen zusammentrug und einen übergreifenden und standardisierten Überblick über die verschiedenen Monitoring-Initiativen erstellte. Dies beinhaltet eine Zusammenstellung neuester Informationen zu internationalen, europäischen und nationalen Bioökonomie-Monitoringsystemen und die Auswertung der bestehenden Monitoringsysteme.
- ▶ **Analyse von Indikatorensystemen:** Folgend wurden Indikatoren und Indikatorensysteme ausgewertet, die im Bereich der Biomassenutzung sowie angrenzender Bereiche angewendet werden. Das Ziel war aus vorhandenen Ansätzen und Praxiserfahrungen zu lernen, ob und wie diese für ein Monitoringkonzept zur Bioökonomie als Grundlage dienen

können bzw. darin einfließen können und welche Indikatoren für die Bewertung einzelner Aspekte geeignet sind.

- ▶ **Indikatoren zur verstärkten Betrachtung von Umweltaspekten im Bioökonomie-Monitoring:** Aufbauend wurde analysiert wie und mit welchen Indikatoren eine Betrachtung von Umweltaspekten im Monitoring zur Bioökonomie der Bundesregierung möglich ist. Bestehende Fehlstellen des aktuellen Bioökonomie-Monitorings werden identifiziert und beschrieben. Darauf basierend wurde ein ersten Katalog an potenziellen Indikatoren zusammengestellt sowie weiteren Forschungsbedarf benannt und beschrieben. Die Indikatoren wurden entlang der RACER Kriterien (Relevant, Akzeptiert, Glaubwürdig (Credible), Einfach, Robust) bewertet. Die Ergebnisse wurden unter aktiver Einbindung externer Fachexpertise diskutiert.
- ▶ **Ableitung von Handlungsempfehlungen:** Aus den Ergebnissen und Erkenntnissen der vorangegangenen Schritte werden Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung des Bioökonomie-Monitorings sowie zur Umsetzung und Fortentwicklung der Bioökonomie-Strategie mit besonderem Fokus auf den Umwelt- und Naturschutz abgeleitet. Aktuelle Politikprozesse und Gelegenheitsfenster wurden identifiziert, um einen gezielten Input der Projektergebnisse zu ermöglichen.

Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme

Die Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme sammelte aktuelle Informationen zu wichtigen internationalen, europäischen und nationalen Bioökonomie-Monitoringsystemen und bewertete diese anhand eines Fragenkatalogs. Die Ergebnisse dieser Analyse dienten als Grundlage für die spätere Hauptarbeit des Projekts – die Entwicklung eines Konzepts darüber, wie und mit welchen Ansätzen und Indikatoren eine vertiefte Betrachtung von Umweltaspekten im Monitoring der Bioökonomie der Bundesregierung möglich ist.

Konkret wurde die Analyse, die in Anhang A zu finden ist, genutzt, um einen ersten Katalog potenzieller Ansätze und Indikatoren zu erstellen, die den aktuellen Entwurf eines Bioökonomie-Monitoring der Bundesregierung im Bereich des vorsorgenden Umweltschutzes stärken könnten. Anhang A dient als komprimierte Zusammenfassung der wichtigsten Literaturquellen für die weitere Bearbeitung innerhalb des Projekts und als Wegweiser hinsichtlich vielversprechender Ansätze und Indikatoren, die direkt übernommen oder angepasst werden könnten, um Umweltaspekte besser zu monitoren.

Zu Beginn wurden insgesamt 50 Berichte/Publikationen aus 42 Studien/Projekten zusammengetragen. Davon wurden 37 Berichte und Publikationen systematisch ausgewertet. Auffallend ist, dass sich ca. die Hälfte der Indikatorensysteme der Berichte/Publikationen auf Produkte beziehen, während die andere Hälfte sich auf die Politik oder Strategien beziehen.

Ausgehend von dieser Vorarbeit wurden 22 Studien/Projekte für eine vertiefte Auswertung ausgewählt. Anhand eines Fragenkatalogs wurde für jede dieser Studien abgefragt, ob und welche Indikatoren zu den jeweiligen Fragestellungen passen.

Bestehende Fehlstellen des aktuellen Bioökonomie-Monitorings und potenzielle Indikatoren

Als Leitlinien für das Projekt hat das Umweltbundesamt zentrale Aspekte der Umweltvorsorge identifiziert, die für die Bioökonomie relevant sind. Folgende Aspekte waren von zentraler Bedeutung für die Identifizierung bestehender Monitoring-Lücken und möglicher Indikatoren, die diese schließen können:

- ▶ **Umweltgerechte Biomassepotenziale** – Monitoringansätze und Indikatoren, die erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen (z. B. THG-Emissionen, Biodiversität, Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung) durchzuführen.
- ▶ **Zusätzlicher Bedarf an Biomasse** – Monitoringansätze und Indikatoren, die den erwartbaren zusätzlichen Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressieren.
- ▶ **Veränderung der Nutzung und Biomasseströme** – Monitoringansätze und Indikatoren, die ermöglichen eine Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie zu bewerten.
- ▶ **Biodiversität** – Monitoringansätze und Indikatoren, die erlauben Biodiversitätsaspekte der Biomassenutzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu bewerten.
- ▶ **Umweltwirkungen der Ausweitung der Bioökonomie** – Monitoringansätze und Indikatoren, die eine Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie erlauben.
- ▶ **Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit** – Monitoringansätze und Indikatoren, die eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten (z. B. hinsichtlich THG-Emissionen, Biodiversität, Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung) ermöglichen.

Ergebnisse der Expert*innenbefragung

Im Zeitraum von Januar bis März 2023 wurden Expert*inneninterviews mit 12 Expert*innen für Bioökonomie bzw. Indikatoren geführt. Die Expert*innen nannten die folgenden Themen häufig als im Kontext der Bioökonomie durch Indikatoren unzureichend abgedeckt:

- ▶ **Biodiversität und Gesundheit der Ökosysteme** – Häufig wiesen die Expert*innen auf negative Auswirkungen bioökonomischer Aktivitäten auf Biodiversität und Ökosystemgesundheit hin, darunter den Verlust natürlicher Lebensräume, Habitatfragmentierung und Verschmutzung. Dies wurde immer wieder als ein Bereich genannt, in dem Monitoring und Indikatoren noch unzureichend sind.
- ▶ **Biomassepotenzial** – Die Bedeutung eines nachhaltigen Biomassepotenzials für verschiedene Biomassearten wurde von den Fachleuten oft hervorgehoben, um zu ermitteln, inwieweit die Potenziale in verschiedenen geografischen Regionen bereits ausgeschöpft oder überschritten sind. Die Expert*innen wiesen darauf hin, dass dieses Thema für die Entwicklung von Bioökonomiestrategien besser überwacht werden sollte, um Entscheidungen über den Ausbau der Bioökonomie zu leiten.
- ▶ **Räumliche Auflösung** – Zudem wurde von den Expert*innen betont, dass die Auswirkungen der Bioökonomie lokal variieren können, was eine detaillierte Erfassung dieser Auswirkungen erforderlich macht. Diese Frage bezieht sich auf die beiden zuvor genannten Punkte – biologische Vielfalt und Biomassepotenzial – und stellt eine Verbindung zu spezifischen Landnutzungen in spezifischen Ökosystem- und Bioproduktivitätskontexten her. Indikatoren, die nicht ortsspezifisch sind, wie z. B. Indizes, die die Nutzungsintensität überwachen, können problematisch sein, wenn sie nicht berücksichtigen, dass die Fähigkeit der natürlichen Umwelt gewisse Nutzungsintensitäten zu bewältigen, je nach Standort oder Ökosystemtyp erheblich variieren kann.

- ▶ **Landnutzung, direkte und indirekte Landnutzungsänderung** – Sie machten auch darauf aufmerksam, dass bioökonomische Aktivitäten, insbesondere deren Ausweitung, zu einer Intensivierung der Landnutzung sowie direkten und indirekten Landnutzungsänderungen führen können. Insbesondere die indirekten Landnutzungsänderungen sind schwer in einer Weise zu überwachen, die es ermöglicht, Veränderungen in der Bioökonomie zu ermitteln. Expert*innen erklärten, dass die Ausweitung der Bioökonomie ein wesentlicher Treiber für problematische Landnutzungsänderungen sein kann, wenn sie nicht mit der nötigen Sorgfalt betrieben wird.
- ▶ **Auswirkungen in Exportländern** – Expert*innen betonten häufig, dass die Umweltauswirkungen von Bioökonomie-Aktivitäten in Deutschland und Europa oft in den Ländern auftreten, die Biomasse nach Europa exportieren. Um ein genaues Bild der Umweltauswirkungen des Imports von biobasierten Materialien nach Deutschland zu erhalten, müssen die damit verbundenen lokalen Auswirkungen in diesen Ländern überwacht werden, um für eine nachhaltige Bioökonomie sorgen zu können. Soziale Fragen im Zusammenhang mit der Landnutzung in den Exportländern, wie z. B. Landrechte, wurden ebenfalls als wichtig erachtet.
- ▶ **Auswirkungen in Bezug auf die planetaren Grenzen** – Sie hoben hervor, dass Fragen der Bioökonomie eng mit planetaren Herausforderungen wie Biodiversität und Klimawandel verknüpft sind. Einige Expert*innen erwähnten auch das Konzept der planetaren Grenzen und hielten es für einen relevanten Kontext zum Monitoring der Umweltauswirkungen der Bioökonomie.
- ▶ **Bioenergie aus Nicht-Abfall-Biomasse** – Darüber hinaus äußerten sich mehrere Expert*innen besorgt über die Umweltauswirkungen einer verstärkten Biomasseproduktion für die Bioenergieerzeugung. Mehrere Expert*innen wiesen darauf hin, dass für die Bioenergieerzeugung im Rahmen des Kaskadenprinzips ausschließlich Abfälle verwendet werden sollten, die tatsächlich anfallen und keine alternative Verwendungsmöglichkeit haben, anstatt Materialien fälschlicherweise als Abfall zu deklarieren.

Vergleich EU Bioökonomie-Monitoring System und SYMOBIO 1.0

Das im November 2020 gestartete EU Bioeconomy Monitoring System (EU-BMS) ist eine von der Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission verwaltete Initiative, die es der EU und ihren Mitgliedstaaten ermöglicht, Trends in der Bioökonomie mithilfe von Indikatoren aktiv zu überwachen (Europäische Kommission 2023c). Das EU-BMS bietet einen natürlichen Kontext für das Verständnis und den Vergleich des von der deutschen Regierung entwickelten Monitoringansatzes. Das EU-BMS umfasst Online-Dashboards mit Zeitreihendaten für Deutschland und andere Mitgliedstaaten für mehrere der EU-BMS-Indikatoren. Der vollständige Datensatz ist öffentlich zugänglich und kann heruntergeladen werden.

In den folgenden Bemerkungen werden besondere Stärken des EU-BMS herausgestellt, die bewährte Verfahren bieten und in die deutschen Monitoringansätze einbezogen werden könnten:

- ▶ **Umfassende Taxonomie** – Das EU-BMS ist innerhalb eines konzeptionellen Rahmens organisiert, der eine umfassende Taxonomie von Zielen, normativen Kriterien und Schlüsselkomponenten bietet, unter denen die Indikatoren gruppiert sind.
- ▶ **Verschiedene Arten von Indikatoren** – Die EU-BMS verwendet verschiedene Arten von Indikatoren, darunter:

- **Basisindikatoren** – diese Indikatoren überwachen spezifische Facetten der Bioökonomie, sind aber untereinander nicht harmonisiert.
- **Bearbeitete Indikatoren** – diese Indikatoren sind das Ergebnis einer Harmonisierung, Berechnung und Interpretation.
- **Indikatoren auf Systemebene** – diese Indikatoren erfordern mehr Fachwissen bei ihrer Erstellung und können komplexere Themen der Bioökonomie abdecken.
- **Zusammengesetzte Indikatoren** – diese Indikatoren sind das Ergebnis der Zusammenstellung mehrerer Indikatoren auf der Grundlage eines zugrundeliegenden Modells mit der Fähigkeit, mehrdimensionale Konzepte zu berücksichtigen.

Darüber hinaus werden einige Indikatoren als Leitindikatoren ausgewählt, d. h. als eine Teilmenge von Indikatoren, die alle Aspekte der EU-Bioökonomie abbilden sollen (für eine vollständige Beschreibung dieser Indikatortypen siehe Kilsedár et al. 2023, S. 33). Durch die Verwendung mehrerer Typen kann das EU-BMS Monitoring-Lücken vermeiden, die sich aus einem engeren Ansatz ergeben würden.

Im Projekt SYMOBIO 1.0 unterscheiden Egenolf und Bringezu (2019) zwischen Leitindikatoren (headline indicators)- und spezifischen Indikatoren. Sie charakterisieren Leitindikatoren als solche, die wesentliche Aspekte eines Systems durch hoch aggregierte Informationen erfassen und Ursache-Wirkungs-Beziehungen deutlich machen. Leitindikatoren lassen sich mit normativen Referenzwerten kombinieren, um Entscheidungsträgern bei der Formulierung und Bewertung von Themen zu assistieren. Die SYMOBIO Fußabdruck-Indikatoren gelten als Leitindikatoren. Spezifische Indikatoren hingegen messen bestimmte Merkmale eines Systems und ergänzen sowie vertiefen die durch die Leitindikatoren bereitgestellten Informationen. Weiterhin erörtern die Autoren das DPSIR-Konzept und dessen Anwendung auf das Monitoring der Bioökonomie.

- ▶ **Einbeziehung von Schlüsselkomponenten ohne veröffentlichte Indikatoren** – Das EU-BMS identifiziert Schlüsselkomponenten, für die es noch keine veröffentlichten Indikatoren gibt. Durch diesen Ansatz bewahrt die EU-BMS die Integrität ihres konzeptionellen Rahmens und einen laufenden Überblick über die noch zu schließenden Monitoring-Lücken.
- ▶ **Beibehaltung eines Überblicks über „alle Indikatoren“** – Die JRC stellt der Öffentlichkeit einen jährlichen Bericht über die Entwicklung des EU-BMS zur Verfügung, der einen Überblick über alle Indikatoren und ihren Entwicklungsstand enthält (Kilsedár et al. 2023). Die Statuskategorien für alle Indikatoren in der jährlichen Aktualisierung des EU-BMS 2023 lauten wie folgt: „veröffentlicht“, „Daten verfügbar“, „Datenlücke“, „in Entwicklung“, „löschen“ und „unbekannt“. Ab 2023 hat die JRC einige Indikatoren zur Streichung aus dem System vorgesehen, die sich auf den vorsorgenden Umweltschutz beziehen (siehe Kilsedár et. al 2023, S. 35 ff.). Laut Kilsedár (2023) beziehen sich 10 der 13 Indikatoren, die im Jahr 2024 gestrichen werden sollen, auf das Umweltmonitoring. Diese 10 Indikatoren sind im Vergleich des EU-BMS mit SYMOBIO 1.0 unten aufgeführt.
- ▶ **Bezug zu mehreren politischen Rahmenwerken** – Zusätzlich zu seiner Rolle als Monitoring-Rahmenwerk für die EU-Bioökonomie-Strategie bezieht das EU-BMS Indikatoren auf die UN-SDGs sowie die Prioritäten des europäischen Green Deals, wobei ein Indikator möglicherweise mehrere SDGs und Green Deal-Prioritäten betrifft. Die interaktive Website ermöglicht es Nutzer*innen, die sich für diese politischen Rahmenwerke interessieren, zu sehen, wie sie mit der Bioökonomie zusammenhängen.

- ▶ **Koordination mit anderen Monitoring-Rahmenwerken** – das EU-BMS hat das ausdrückliche Ziel, sich mit den Bioökonomie-Monitoring-Rahmenwerken der EU-Mitgliedstaaten sowie internationaler Organisationen wie der FAO und der OECD zu koordinieren (Kilsedar et al. 2023, S. 7)

Bewertung von potenziellen Ansätzen und Indikatoren

Für 18 Ansätze und Indikatoren wurde eine Screening-Analyse anhand der RACER-Kriterien durchgeführt. Die Ergebnisse der Screening-Analysen wurden in einem Expertenworkshop im April 2023 diskutiert. Die folgenden 10 Ansätze und Indikatoren wurden für die in diesem Bericht vorgestellten vertieften Analysen ausgewählt:

- ▶ **CO₂-Opportunitätskosten** - Die Maßnahme vergleicht die offiziell berichteten CO₂-Minderungspotenziale von Bioökonomie-Aktivitäten (z. B. Biokraftstoffe) mit alternativen Ansätzen und bezieht die Renaturierung ausdrücklich als Alternative in die Analyse mit ein. **Einheiten:** Tonne CO_{2-eq}. Bzw. Flächenbelegung in Hektar.
- ▶ **Integrierte Sankey-Diagramme (kohärente Vergleiche von nachhaltigen Produktionskapazitäten und Nutzung)** - Der Ansatz kombiniert Sankey-Diagramme der Stoffströme nach Biomassekategorien mit Darstellungen der nachhaltigen Produktionskapazitäten für diese Kategorien von Biomasse. In Fällen, in denen keine Kapazitätsberechnung verfügbar ist, wird dies im Diagramm angegeben. Kapazitätsspannen können verwendet werden, um Unsicherheiten oder Meinungsverschiedenheiten zu kommunizieren. **Einheiten:** Unterschiedliche (z. B. tonne Trockenmasse).
- ▶ **Label für das Irreversibilitätsrisiko** - Der Ansatz ist ein Label, die Aufmerksamkeit auf Irreversibilitätsrisiken lenkt. Diese Kennzeichnung könnte in Verbindung mit anderen Indikatoren verwendet werden, um sicherzustellen, dass bei der Festlegung von Zielen für diese Indikatoren ein höheres Maß an Vorsorge angewendet wird. **Einheit:** kein quantitativer Indikator.
- ▶ **Planetare Grenzen** - Die planetaren Grenzen stellen ein wissenschaftlich-politisches Konzept aus 9 Hauptindikatoren, welche die planetare Biokapazität der Erde abbilden sollen: Neue Substanzen, Biosphäre, Stoffkreisläufe, Süßwasser, Landnutzung, Klimawandel, Luftverschmutzung, Ozeanversauerung, Ozonschicht. Anhand der planetaren Grenzen lässt sich aufzeigen ob und inwieweit planetare Biokapazitäten bereits überschritten sind, welche Handlungsspielräume noch zur Verfügung stehen und in welchen Bereichen dringende und tiefgreifende Handlungsnotwendigkeiten bestehen. **Einheiten:** unterschiedliche Zielwerte (und Vergleiche mit den tatsächlichen Werten).
- ▶ **Systemische LCA Methoden** - Die Vielfalt von Lebenszyklusanalyse (LCA) Methoden bieten Möglichkeiten zur Abschätzung und Interpretation von Auswirkungen bestimmter Produkte, Prozesse und Produktionssystem mittels einer Input/Output-Modellierung von mikro- und mesoökonomischen Prozessen. Neben ökologischen LCA (E-LCA) können soziale LCA (S-LCA), betriebswirtschaftliche LCA (LCC) und kombinierte bzw. Integrierte LCA (LCSA) die ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekte umfassen angewendet werden. Perspektivisch ließen sich mit absoluten LCA-Methoden nicht nur relative Nachhaltigkeitsbewertungen zwischen Produkten, sondern auch absolute Nachhaltigkeitsbewertungen in Bezug zu den planetaren Grenzen durchführen. **Einheiten:** unterschiedlich.

- ▶ **Biodiversitätsverlust (potenzieller Artenverlust)** - Der Indikator dient dazu den produktspezifischen potenziellen Biodiversitätsverlust abzubilden. Er besteht aus der Flächenbelegung (oder auch Flächennutzungsänderung), welche mit einem Charakterisierungsfaktor, der den potenziellen Artenverlust ausdrückt, multipliziert wird (Chaudhary et al. 2015). **Einheit:** *regionaler Artenverlust pro m², regionaler Artenverlust pro Jahr pro m², globaler Artenverlust pro m², globaler Artenverlust pro Jahr pro m²*.
- ▶ **Nachhaltige Biomassepotenziale** - Der Indikator bildet die Menge an Biomasse ab, welche in Einklang mit Naturschutz und Biodiversität innerhalb einer Zeitperiode und innerhalb einer Volkswirtschaft genutzt werden kann. Es bestehen bereits Arbeiten zu einzelnen Aspekten nachhaltiger Biomassepotenziale (z. B. Bioenergiepotenzielle, Holzpotentiale) aber zum aktuellen Zeitpunkt besteht kein expliziter Indikator, welcher diese Aspekte systematisch abdeckt. **Einheit:** *Tonnen oder Petajoule*.
- ▶ **Zirkuläre Nutzungsrate** - Der Indikator beschreibt den Anteil der zurückgewonnenen und in die Kreislaufwirtschaft wiedereingebrachten Menge an Material. Er ist definiert als Verhältnis zwischen dem zirkulären und dem gesamten Materialeinsatz. Für eine Anwendung in der Bioökonomie gilt es den Fokus auf biogene Abfall- und Reststoffe zu legen. **Einheit:** *% (hohe Werte deuten darauf hin, dass mehr Sekundärmaterial verwendet wird, um Primärmaterial zu ersetzen)*.
- ▶ **Räumliche Darstellung der Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung** - Der Ansatz beschreibt die Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung in einer räumlichen Aufteilung. Auf diese Weise kann der Indikator als Frühwarnsystem fungieren, um regionale Hotspots und Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Landnutzungsarten kenntlich zu machen. **Einheit:** *Karte mit Informationen zur regionalen Landnutzung (z. B. Verteilung der Flächen nach Landwirtschaft, Wälder, Städte in % und Hektar; Verteilung nach Biomasseart (z. B. Wiesen, Ackerland, Waldgebiete) in % und Hektar)*.
- ▶ **Schadstoff- und Feinstaubemissionen der Bioökonomie** - Der Indikator misst diejenigen Stoffe in der Luft, die die Luftqualität negativ beeinflussen. Zum einen ermittelt er die nicht zu den Treibhausgasen gehörigen gasförmigen Schadstoffemissionen wie Ammoniak, Stickstoffoxide, flüchtige organische Verbindungen sowie Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid sowie den Feinstaubgehalt in der Luft. Der Indikator kann einerseits die gesamten emittierten Luftschaudstoffe eines Landes angeben (in Tonnen) oder aber die lokale Luftqualität an bestimmten Messstationen (in µg/m³). **Einheit:** *Tonnen oder µg/m³*.

Vorschläge und Handlungsempfehlungen

Mit dem „Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie“ wurde das im Rahmen des SYMOBIO-Projekts entwickelte Monitoringsystem erstmals zur Bewertung der Bioökonomie in Deutschland angewendet. Angesichts der Dimensionen und Komplexität der Bioökonomie als Ganzes, ist es nicht verwunderlich, dass hier viele Fragen offenbleiben und sich Lücken zeigen. Zunächst wurde deutlich, dass aus der Erstanwendung nur eine Sachstandsanalyse hervorgeht. Ein Monitoringergebnis im eigentlichen Sinne lässt sich erst durch eine wiederholte Erhebung über einen längeren Entwicklungszeitraum erschließen.

Wichtig wäre es jedoch, auch für den Status quo bereits Aussagen zur positiven oder negativen Wirkung der Bioökonomie treffen zu können und nicht erst einen längeren Transformationsprozess abwarten zu müssen.

Die folgenden Empfehlungen für ein deutsches Bioökonomie-Monitoring fokussieren auf den Umwelt- und Naturschutz. Die Empfehlungen werden hier in den Kontext der identifizierten

Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene gestellt, die sich in drei wesentliche Kategorien einteilen lassen:

- ▶ **Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene** - Die Empfehlungen gehen auf die Lücken der Monitoringsysteme der EU und Deutschlands ein.
- ▶ **Monitoring-Lücken auf EU-Ebene, die weitgehend durch deutsches Monitoring behoben sind** - Die Empfehlungen erkennen wichtige Stärken des deutschen Monitoringsystems im Vergleich zum EU-System an und bauen darauf auf.
- ▶ **Gute Praktiken der EU-BMS, die im deutschen Monitoringsystem einsetzbar sind** - Die Empfehlungen zeigen bewährte Verfahren auf EU-Ebene auf, die den deutschen Ansatz zum Bioökonomie-Monitoring verbessern könnten.

Auf der Grundlage der im Rahmen der Studie durchgeföhrten Arbeiten wurden die nachstehenden Handlungsempfehlungen ausgearbeitet. Im Folgenden finden Sie kurze Zusammenfassungen, die in sieben Handlungsfelder unterteilt sind. Einen vollständigen Überblick über die Empfehlungen findet sich in Abschnitt 6.

Wir empfehlen, folgende Handlungen vorzunehmen:

1. Entwicklung und Anwendung eines umfassenderen, vielschichtigen Monitoringkonzepts, das den vorsorgenden Umweltschutz berücksichtigt und überwacht, ob die bioökonomische Aktivität im Rahmen des nachhaltigen Biomassepotenzials bleibt

1.1. Die wichtigsten Belastungen für die biologische Vielfalt werden überwacht. Das deutsche Bioökonomie-Monitoring wird um den besten verfügbaren Indikator zum Monitoring des Zustands der biologischen Vielfalt erweitert.

1.2. Es werden ein oder mehrere Indikatoren für die Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration) entwickelt.

1.3. Ein visuelles Warnsymbol und ein Begleittext werden Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit auf die Risiken der Irreversibilität hinweisen.

2. Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren

2.1. Das nachhaltige Biomassepotenzial in Deutschland wird für mehrere Biomassearten ermittelt und nachhaltige Produktionskorridore werden für die Biomasseproduktion identifiziert.

2.2. Das nachhaltige Biomassepotenzial in Deutschland wird in Bezug zu den Biomasseströmen gesetzt. Es werden ein oder mehrere Indikatoren entwickelt, die das nachhaltige Biomassepotenzial widerspiegeln. Ein oder mehrere Indikatoren überwachen, inwieweit die Nutzung der Biomasse innerhalb dieses Potenzials bleibt.

2.3. Für die Monitoring der Bioökonomie, werden Sankey-Diagramme erweitert, um: 1) die natürlichen Quellen der dargestellten Materialien zu erwähnen; 2) Nachhaltigkeitsgrenzen (oder Schätzwerte für diese Grenzen) anzugeben; und 3) in Fällen, in denen Nachhaltigkeitsgrenzen nicht bekannt sind, darauf hinzuweisen, dass dies der Fall ist. Diese Erweiterungen können durch Begleitgrafiken neben den Sankey-Diagrammen dargestellt werden.

2.4. Szenarien für die zukünftige Produktion werden erstellt werden, die die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels und andere relevanten Faktoren berücksichtigen.

3. Beibehaltung des Fußabdruckkonzepts und Weiterentwicklung

- 3.1. Die Bundesregierung entwickelt ein robustes, auf dem Fußabdruck-Konzept basierendes Umweltmonitoring der Bioökonomie weiter.
- 3.2. Der deutsche Fußabdruck-Ansatz ist über einen oder mehrere Benchmarking-Ansätze (pro Kopf, pro Wirtschaftsleistung, pro länderspezifische biophysikalische Merkmale) mit den planetaren Grenzen verbunden.
- 3.3. Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird um Indikatoren erweitert, die wichtige Umweltaspekte überwachen und durch bioökonomische Aktivitäten beeinflusst werden, auch wenn der genaue Anteil dieser Auswirkungen, die auf bioökonomische Aktivitäten zurückzuführen sind, nicht vollständig bestimmt werden kann (z. B. Verschmutzung von Luft und Wasser).
- 3.4. Das deutsche Bioökonomie-Monitoring wird relevante Monitoring-Dimensionen im Zusammenhang mit dem vorsorgenden Umweltschutz auch dann aufzeigen, wenn Indikatoren für das Monitoring dieser Dimensionen noch nicht entwickelt sind oder Daten für Indikatoren fehlen oder unvollständig sind. Dadurch behalten Entscheidungsträger sowie Publikum einen Überblick über die wichtigen Themen und dokumentieren zugleich die verbleibenden Lücken im Monitoringsystem.
- 3.5. Ein vielfältigeres Set von Indikatoren wird in das deutsche Bioökonomie-Monitoring eingebbracht werden, um den Fußabdruck-Ansatz zu ergänzen und so verschiedene Facetten und Skalen des vorsorgenden Umweltschutzes abzudecken.

4. Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit die Möglichkeit geben, die Bioökonomie als eine Reihe von Aktivitäten zu sehen, die an bestimmten Orten eingebettet sind und auf der Produktivität der Natur basieren

- 4.1. Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird raumbezogene Informationen enthalten, mit denen Hot Spots der Bioökonomie identifiziert werden können, in denen die negativen Umweltauswirkungen besonders hoch sind oder nicht im Einklang mit einer nachhaltigen Biomasseproduktion stehen.
- 4.2 Detaillierte Karten werden verwendet, um Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit visuell zu vermitteln, wie Flächen national und international genutzt werden, wie sich diese Nutzungen verändern und wie natürliche Systeme durch bioökonomische Aktivitäten beeinflusst werden.

5. Künftig mögliche Bioökonomiepfade und deren potenzielle Auswirkungen auf Umwelt und Soziales in die Trendanalyse des Bioökonomie-Monitoring integrieren

- 5.1. Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird ein Element wissenschaftlich fundierter "hypothetischer Belastungsindikatoren" enthalten, die die Umweltauswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien der Bioökonomie beleuchten können. Substitutions- und kontrafaktische Szenarien werden mit einfließen.
- 5.2. Spezifische Indikatoren werden aufgenommen, die die bioökonomische Effizienz verschiedener Produkte und Sektoren abbilden.

5.3. Neben klassischen Ökobilanzierungen werden innovative LCA Methoden entwickelt und implementiert, welche a) integriert soziale, ökologische und ökonomische Auswirkungen, Synergien und Trade-Offs identifizieren können, b) absolute Nachhaltigkeit als nachhaltige Produktionsmengen bestimmter Produktgruppen innerhalb der planetaren Grenzen bestimmen können, und c) als hybride LCA-I/O Methoden auf meso- und makroökonomischen Skalen wie Sektoren und Regionen anwendbar sind.

5.4. Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem, durch integrierte wirtschaftlich-ökologisch, sozial-ökologisch Indikatoren, wird Entscheidungsträger*innen und die Öffentlichkeit dabei unterstützen Zielkonflikte abzuwägen, um Wege zu finden, die am effizientesten gesellschaftlichen Nutzen schaffen und gleichzeitig die natürliche Umwelt schützen.

6. Koordinierung der Entwicklung von Monitoring in verwandten politischen Strategien sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene

6.1. Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte eine solidere Taxonomie von Fragen des vorsorgenden Umweltschutzes entwickeln und diese Taxonomie mit den politischen Prioritäten der deutschen Regierung in Verbindung bringen.

6.2. Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte seine Indikatoren auf mehrere politische Rahmenwerke beziehen, darunter die EU-BMS, Agenda 2030 und die verschiedenen Strategien der Bundesregierung (Bioökonomie-Strategie, Biomasse-Strategie, Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Kreislaufwirtschaftsstrategie usw.).

6.3. Vertreter*innen des deutschen Bioökonomie-Monitoringsystems sollten sich auf globaler Ebene, auf EU-Ebene und auf Ebene der EU-Mitgliedsstaaten über Fortschritte beim Monitoring im Sinne des vorsorgenden Umweltschutzes austauschen und sich gegenseitig in der Entwicklung des Monitoringsystems unterstützen.

7. Forschungslücken adressieren

7.1. **Nachhaltige Biomassepotenziale - Leitfrage:** *Was sind die nachhaltige Biomassepotenziale in Deutschland, EU und global?*

7.2. **Biodiversität - Leitfrage:** *Wie lässt sich der Biodiversitätsverlust im Zusammenhang mit bioökonomischen Aktivitäten messen?*

7.3. **Wasser - Leitfrage:** *Wie kann die Wasserknappheit und Wasserverschmutzung, die mit Bioökonomie verbunden sind, überwacht werden?*

7.4. **Kreislaufwirtschaft - Leitfrage:** *wie können Bioökonomie- und Kreislaufwirtschafts-Monitoring miteinander verküpft werden?*

7.5. **Koordination Deutschland/EU/International - Beispiel:** *Austausch zwischen EU-Mitgliedstaaten (auch international) zum Thema Monitoring der Bioökonomie (zum Beispiel ein ERA-NET Bioeconomy ins Leben rufen), mit der Beteiligung von dem Knowledge Centre for Bioeconomy*

Summary

Background

With the new Bioeconomy Strategy (BMEL & BMBF 2020), which builds on the "National Research Strategy BioEconomy 2030" (BMBF 2010) and the "Bioeconomy Policy Strategy" (BMEL 2014), the German federal government is intensifying its endeavours to move towards a sustainable and bio-based economy in the future and to establish this as a long term approach. The implementation of the bioeconomy strategy is intended to initiate a transformation process in which biological resources are utilised sustainably and effectively using innovative methods. This path presents a wide range of challenges in various areas and sectors, such as agriculture and forestry, nutrition, energy production and spatial planning, and is characterised by numerous change processes and the resulting conflicts of objectives.

In addition to social and economic sustainability, the German government's bioeconomy monitoring also covers ecological sustainability (see e.g. BMBF and BMEL 2022; Bringezu et al. 2020). The focus of environmental monitoring is on climate, resource, water and land conservation and is initially measured using the footprint method. This is intended to measure the impact of the bioeconomy on environmental protection and nature conservation.

This work serves as a promising starting point for monitoring, but needs to be further supplemented and deepened. This is because the footprint approach does not fully take into account important environmental and sustainability-related aspects of the bioeconomy, especially those related to biodiversity and ecosystems, biomass potential, site-specific aspects and sector- and product-specific aspects.

About the project

The aim of the project 'Further development of the "Bioeconomy Monitoring System" with special consideration of aspects of precautionary environmental protection' was to support the development of a monitoring system that could be used in the context of the ongoing transformation to a bio-based economy to assess whether the bioeconomy achieves the goals of sustainability and the protection of natural systems.

In this context, the research project developed relevant and meaningful bioeconomy indicators and monitoring approaches with a focus on sustainability and the protection of natural systems. This final report summarizes the work and results of the project. The project comprised:

- ▶ **Analysis of existing monitoring systems:** A knowledge base for the project was established by gathering the latest information and creating a comprehensive and standardized overview of various monitoring initiatives. This includes a compilation of the latest information on international, European, and national bioeconomy monitoring systems and the evaluation of existing monitoring systems.
- ▶ **Analysis of indicator systems:** Following this, indicators and indicator systems used in the area of biomass utilization and adjacent areas were evaluated. The goal was to learn from existing approaches and practical experiences whether and how these can serve as a basis for a monitoring concept for the bioeconomy or be incorporated into it, and which indicators are suitable for assessing individual aspects.
- ▶ **Indicators for increased consideration of environmental aspects in bioeconomy monitoring:** Building on this, an analysis was carried out of how and with which indicators an examination of environmental aspects in the monitoring of the German bioeconomy is possible. Existing gaps in the current bioeconomy monitoring were identified and described.

Based on this, a first catalogue of potential indicators was compiled, and further research needs were identified. The indicators were evaluated according to the RACER criteria (Relevant, Accepted, Credible, Simple, Robust) and the results were discussed with active involvement of external expertise.

- ▶ **Recommendations for action:** From the results and insights of the previous steps, recommendations for action were derived regarding the further development of bioeconomy monitoring and for the implementation of the bioeconomy strategy, with a special focus on environmental and nature protection. Current political processes and windows of opportunity were identified to enable targeted input of the project findings.

Analysis of existing monitoring and indicator systems

The analysis of existing monitoring and indicator systems collected current information on important international, European and national bioeconomy monitoring systems and evaluated these using a catalogue of questions. The results of this analysis served as the basis for the subsequent main work of the project - the development of a concept on how and with which approaches and indicators an in-depth consideration of environmental aspects is possible in the bioeconomy monitoring of the German federal government.

The analysis, which can be found in Appendix A, was used to create an initial catalogue of potential approaches and indicators that could strengthen the federal government's bioeconomy monitoring in the area of preventive environmental protection. The material in Appendix A served as a condensed summary of the most important literature sources for further processing within the project and as a guide to promising approaches and indicators that could be directly adopted or adapted to better monitor environmental aspects.

Initially, a total of 50 reports/publications from 42 studies/projects were compiled. Of these, 37 reports and publications were systematically analysed. It is notable that around half of the indicator systems in the reports/publications relate to products, while the other half relate to policy or strategies.

Based on this preliminary work, 22 studies/projects were selected for in-depth analysis. Using the catalogue of questions, each of these studies was examined to determine to what extent indicators addressed the issues raised by the respective questions.

Existing gaps in current bioeconomy monitoring and potential indicators

As guidelines for the project, the Federal Environment Agency identified key aspects of environmental precaution that are relevant to the bioeconomy. The following aspects were of central importance for the identification of existing monitoring gaps and potential indicators that could close them:

- ▶ **Environmentally sound biomass potentials** - monitoring approaches and indicators that enable the assessment of environmentally sound available biomass potentials (e.g. GHG emissions, biodiversity, land use, resource consumption, or pollution).
- ▶ **Additional demand for biomass** - monitoring approaches and indicators that address the expected additional demand for biomass due to an expansion of the bioeconomy.
- ▶ **Change in utilisation and biomass flows** - monitoring approaches and indicators that enable assessment of shifts in biomass utilisation/changes in biomass flows within the bioeconomy.

- ▶ **Biodiversity** - monitoring approaches and indicators that enable assessment of biodiversity aspects of biomass utilisation along the entire value chain.
- ▶ **Environmental impacts of the expansion of the bioeconomy** - monitoring approaches and indicators that enable an assessment of the environmental impacts, especially of new/additional uses due to the expansion of the bioeconomy.
- ▶ **Assessment of environmental benefits** - monitoring approaches and indicators that enable an assessment of the effects of substituting fossil/abiotic products with biotic products (e.g. with regard to GHG emissions, biodiversity, land use, resource consumption, or environmental pollution).

Results of the expert survey

In the period from January to March 2023, expert interviews were conducted with 12 experts on the bioeconomy and indicators. The experts frequently mentioned the following topics as being insufficiently covered by indicators in the context of the bioeconomy:

- ▶ **Biodiversity and ecosystem health** - Experts frequently pointed to negative impacts of bioeconomy activities on biodiversity and ecosystem health, including loss of natural habitats, habitat fragmentation and pollution. This was repeatedly mentioned as an area in which monitoring and indicators are still inadequate.
- ▶ **Biomass potential** - The importance of sustainable biomass potential for different biomass types was often emphasised by the experts in order to determine the extent to which potential has already been exhausted or exceeded in different geographical regions. The experts pointed out that this topic should be better monitored for the development of bioeconomy strategies in order to guide decisions on the expansion of the bioeconomy.
- ▶ **Spatial resolution** - The experts also emphasised that the impacts of the bioeconomy can vary locally, which makes it necessary to record these impacts in detail. This question relates to the two points mentioned above - biodiversity and biomass potential - and establishes a link to specific land uses in specific ecosystem and bioproduction contexts. Indicators that are not site-specific, such as indices that monitor utilisation intensity, can be problematic if they do not take into account that the capacity of the natural environment to cope with certain utilisation intensities can vary considerably depending on location or ecosystem type.
- ▶ **Land use, direct and indirect land use change** - Experts pointed out that bioeconomic activities, especially their expansion, can lead to intensification of land use as well as direct and indirect land use change. Indirect land use change is difficult to monitor in a way that allows changes in the bioeconomy to be identified. Experts explained that the expansion of the bioeconomy can be a major driver of problematic land use change if it is not managed with the necessary care.
- ▶ **Impacts in exporting countries** - The interviewed experts frequently emphasised that the environmental impacts of bioeconomy activities in Germany and Europe often occur in countries that export biomass to Europe. In order to get an accurate picture of the environmental impacts of importing bio-based materials to Germany, the associated local impacts in these countries need to be monitored to ensure a sustainable bioeconomy. Social issues related to land use in exporting countries, such as land rights, were also considered important.

- ▶ **Implications in relation to planetary boundaries** - Experts emphasised that bioeconomy issues are closely linked to planetary challenges such as biodiversity and climate change. Some experts also mentioned the concept of Planetary Boundaries and considered it a relevant context for monitoring the environmental impacts of the bioeconomy.
- ▶ **Bioenergy from non-waste biomass** - In addition, several experts expressed concern about the environmental impact of increased biomass production for bioenergy production. Several experts pointed out that only waste that is actually generated and has no alternative use should be used for bioenergy production as part of the cascade principle, rather than falsely labelling materials as waste.

Comparison of the EU Bioeconomy Monitoring System and SYMOBIO 1.0

Launched in November 2020, the EU Bioeconomy Monitoring System (EU-BMS) is an initiative managed by the European Commission's Joint Research Centre (JRC) that enables the EU and its Member States to actively monitor trends in the bioeconomy using indicators (European Commission 2023c). The EU-BMS provides a natural context for understanding and comparing the monitoring approach developed by the German government. The EU-BMS includes online dashboards with time series data for Germany and other Member States for several of the EU-BMS indicators. The full dataset is publicly available and can be downloaded.

The following comments highlight particular strengths of the EU-BMS that offer best practices and could be incorporated into German monitoring efforts:

- ▶ **Comprehensive taxonomy** - The EU-BMS is organised within a conceptual framework that provides a comprehensive taxonomy of objectives, normative criteria and key components under which the indicators are grouped.
- ▶ **Different types of indicators** - The EU-BMS uses different types of indicators, including
 - **Basic indicators** - these indicators monitor specific facets of the bioeconomy but are not harmonised with each other.
 - **Processed indicators** - these indicators are the result of harmonisation, calculation and interpretation.
 - **System-level indicators** - these indicators require more expertise to produce and can cover more complex bioeconomy issues.
 - **Composite indicators** - these indicators are the result of compiling several indicators based on an underlying model with the ability to take multidimensional concepts into account.

In addition, some indicators are selected as headline indicators, i.e. a subset of indicators that are intended to reflect all aspects of the EU bioeconomy (for a full description of these indicator types, see Kilsedar et al. 2023, p. 33). By using multiple types, the EU-BMS can avoid monitoring gaps that would result from a narrower approach.

In the SYMOBIO 1.0 project, Egenolf and Bringezu (2019) distinguish between headline indicators and specific indicators. They characterise headline indicators as those that capture key aspects of a system through highly aggregated information and make cause-and-effect relationships clear. Headline indicators can be combined with normative reference values to assist decision-makers in the formulation and evaluation of issues. The SYMOBIO Footprint indicators are considered to be headline indicators. Specific indicators, on the

other hand, measure certain characteristics of a system and complement and deepen the information provided by the headline indicators. The authors also discuss the DPSIR concept and its application to bioeconomy monitoring.

- ▶ **Inclusion of key components without published indicators** - The EU-BMS identifies key components for which there are no published indicators yet. Through this approach, the EU-BMS maintains the integrity of its conceptual framework and an ongoing overview of the monitoring gaps that still need to be filled.
- ▶ **Maintaining an overview of all indicators** - The JRC provides the public with an annual report on the development of the EU-BMS, which contains an overview of all indicators and their development status (Kilsedár et al. 2023). The status categories for all indicators in the annual update of the EU-BMS 2023 are as follows: "published", "data available", "data gap", "under development", "delete" and "unknown". From 2023, the JRC has scheduled some indicators for deletion from the system that relate to precautionary environmental protection (see Kilsedár et al. 2023, p. 35 ff.). According to Kilsedár (2023), 10 of the 13 indicators to be deleted in 2024 relate to environmental monitoring.
- ▶ **Reference to multiple policy frameworks** - In addition to its role as a monitoring framework for the EU Bioeconomy Strategy, the EU-BMS relates indicators to the UN SDGs as well as the European Green Deal priorities, with one indicator potentially addressing multiple SDGs and Green Deal priorities. The interactive website allows users interested in these policy frameworks to see how they relate to the bioeconomy.
- ▶ **Coordination with other monitoring frameworks** - the EU-BMS has the explicit aim of coordinating with the bioeconomy monitoring frameworks of EU Member States as well as international organisations such as the FAO and OECD (Kilsedár et al. 2023, p. 7).

Evaluation of potential approaches and indicators

A screening analysis was carried out for 18 approaches and indicators using the RACER criteria. The results of the screening analyses were discussed in an expert workshop in April 2023. The following 10 approaches and indicators were selected for the more in-depth analyses presented in this report:

- ▶ **CO₂ opportunity costs** - The measure compares the officially reported CO₂ reduction potentials of bioeconomy activities (e.g. biofuels) with alternative approaches and explicitly includes renaturation as an alternative in the analysis. **Units:** Tonne CO₂-eq. or land use in hectares.
- ▶ **Integrated Sankey diagrams (coherent comparisons of sustainable production capacities and utilisation)** - The approach combines Sankey diagrams of material flows by biomass category with representations of sustainable production capacities for these categories of biomass. In cases where no capacity calculation is available, this is indicated in the diagram. Capacity ranges can be used to communicate uncertainties or disagreements. **Units:** Various (e.g. tonne of dry matter).
- ▶ **Irreversibility risk label** - The approach is a label that draws attention to irreversibility risks. This label could be used in conjunction with other indicators to ensure that a higher level of precaution is applied when setting targets for these indicators. **Units:** not a quantitative indicator.

- ▶ **Planetary Boundaries** - The Planetary Boundaries are a scientific-political concept consisting of 9 main indicators that are intended to map the Earth's planetary biocapacity: Climate change; Biodiversity loss (Biosphere integrity); Land-system change; Freshwater change; Biogeochemical flows (Nitrogen and phosphorus cycles); Ocean acidification; Atmospheric aerosol loading; Stratospheric ozone depletion; Novel entities. The Planetary Boundaries can be used to show whether and to what extent planetary biocapacities have already been exceeded, what room for manoeuvre is still available and in which areas urgent and far-reaching action is required. **Units:** *different target values (and comparisons with the actual values)*.
- ▶ **Systemic LCA methods** - A variety of life cycle assessment (LCA) methods offer possibilities for estimating and interpreting the effects of certain products, processes and production systems by means of input/output modelling of micro- and meso-economic processes. In addition to ecological LCA (E-LCA), social LCA (S-LCA), business LCA (LCC) and combined or integrated LCA (LCSA) can be used to analyse the ecological, social and economic aspects. In the future, absolute LCA methods could be used to carry out not only relative sustainability assessments between products but also absolute sustainability assessments in relation to Planetary Boundaries. **Units:** *various*.
- ▶ **Biodiversity loss (potential species loss)** - The indicator is used to depict the product-specific potential biodiversity loss. It consists of the land cover (or land use change), which is multiplied by a characterisation factor that expresses the potential species loss (Chaudhary et al. 2015). **Units:** *regional species loss per m², regional species loss per year per m², global species loss per m², global species loss per year per m²*.
- ▶ **Sustainable biomass potential** - The indicator shows the amount of biomass that can be utilised within a year and within an economy in accordance with nature conservation and biodiversity. Work already exists on individual aspects of sustainable biomass potentials (e.g. bioenergy potential targets, wood potentials), but there is currently no explicit indicator that systematically covers these aspects. **Units:** *tonnes or petajoules*.
- ▶ **Circular material use rate** - The indicator describes the proportion of material recovered and reintroduced into the circular economy. It is defined as the ratio between circular and total material use. For application in the bioeconomy, the focus should be on biogenic waste and residual materials. **Unit:** *% (high values indicate that more secondary material is used to replace primary material)*.
- ▶ **Spatial representation of the type, intensity and change in land use** - The approach describes the type, intensity and change in land use in a spatial breakdown. In this way, the indicator can act as an early warning system to identify regional hotspots and interactions between different types of land use. **Unit:** *Map with information on regional land use (e.g. distribution of areas by agriculture, forests, cities in % and hectares; distribution by biomass type (e.g. meadows, arable land, forest areas) in % and hectares)*.
- ▶ **Pollutant and particulate matter emissions from the bioeconomy** - The indicator measures those substances in the air that have a negative impact on air quality. On the one hand, it determines the gaseous pollutant emissions that are not greenhouse gases, such as ammonia, nitrogen oxides, volatile organic compounds, carbon monoxide, sulphur dioxide and the particulate matter content in the air. The indicator can show the total air pollutants emitted by a country (in tonnes) or the local air quality at specific measuring stations (in µg/m³). **Units:** *tonnes or µg/m³*.

Proposals and recommendations for action

The "Pilot Report on the Monitoring of the German Bioeconomy" is the first time that the monitoring system developed as part of the SYMOBIO project has been used to assess the bioeconomy in Germany. Given the dimensions and complexity of the bioeconomy as a whole, it is not surprising that many questions remain unanswered and gaps are evident. Firstly, it became clear that this first assessment provides only a status analysis. A monitoring result in the true sense of the word can only be obtained through a repeated survey over a longer development period.

However, it would be important to be able to make statements now regarding the positive or negative effects of the bioeconomy and not have to wait for a longer transformation process.

The following recommendations for German bioeconomy monitoring focus on environmental protection and nature conservation. The recommendations are placed here in the context of the identified monitoring deficits at EU and national level, which fall into three broad categories:

- ▶ **Monitoring deficits at EU and national level** - The recommendations address the deficits in the monitoring systems of both the EU and Germany.
- ▶ **Monitoring deficits at EU level that have largely been remedied by German monitoring**
 - The recommendations recognise important strengths of the German monitoring system compared to the EU system and build on them.
- ▶ **EU-BMS good practices applicable in the German monitoring system** - The recommendations identify best practices at EU level that could improve the German approach to bioeconomy monitoring.

Based on the work carried out in the study, the following action recommendations were prepared. Brief summaries are provided below, grouped under seven fields of action. For the full overview of the recommendations, see Section 6.

We recommend the following actions be undertaken:

1. Develop and apply a more comprehensive, multi-layered monitoring approach that takes into account precautionary environmental protection and monitors whether bioeconomic activity remains within the sustainable biomass potential

1.1. The most important pressures on biodiversity are monitored. The German bioeconomy monitoring system is expanded to include the best available indicator for monitoring the state of biodiversity.

1.2. One or more indicators for nature restoration will be developed.

1.3. A visual warning symbol and accompanying text will alert decision-makers and the public to the risks of irreversibility where they are relevant.

2. Define sustainability targets for the bioeconomy

2.1. The sustainable biomass potential in Germany is determined for several biomass types and sustainable production corridors are identified for biomass production.

2.2. The sustainable biomass potential in Germany is set in relation to the biomass flows. One or more indicators are developed that reflect the sustainable biomass potential. One or more indicators monitor the extent to which the utilisation of biomass remains within this potential.

2.3. For the monitoring of the bioeconomy, Sankey diagrams are extended to: 1) mention the natural sources of the materials shown; 2) indicate sustainability limits (or estimates for these limits); and 3) in cases where sustainability limits are not known, indicate that this is the case. These extensions can be illustrated by accompanying graphics next to the Sankey diagrams.

2.4. Scenarios for future production will be produced that take into account the expected impacts of climate change and other relevant factors.

3. Maintenance of the footprint concept and further development

3.1. The Federal Government will continue to develop a robust environmental monitoring system for the bioeconomy based on the footprint concept.

3.2. The German footprint approach is linked to the planetary boundaries via one or more benchmarking approaches (per capita, per economic output, per country-specific biophysical characteristics).

3.3. The German bioeconomy monitoring system is expanded to include indicators that monitor important environmental aspects that are influenced by bioeconomic activities, even if the exact proportion of these impacts that can be attributed to bioeconomic activities cannot be fully determined (e.g. air and water pollution).

3.4. German bioeconomy monitoring will identify relevant monitoring dimensions related to precautionary environmental protection even if indicators for monitoring these dimensions are not yet developed or data for indicators are missing or incomplete. This will provide decision-makers and the public with an overview of the important issues and at the same time document the remaining gaps in the monitoring system.

3.5. A more diverse set of indicators will be introduced into German bioeconomy monitoring to complement the footprint approach and thus cover different facets and scales of precautionary environmental protection.

4. Enable decision-makers and the public to see the bioeconomy as a set of activities embedded in specific locations and based on the productivity of nature

4.1. The German bioeconomy monitoring system will include spatial information that can be used to identify bioeconomy hot spots where negative environmental impacts are particularly high or not in line with sustainable biomass production.

4.2. Detailed maps will be used to visually communicate to decision makers and the public how land is used nationally and internationally, how these uses are changing and how natural systems are affected by bioeconomy activities.

5. Integrate possible future bioeconomy pathways and their potential environmental and social impacts into the trend analysis of bioeconomy monitoring

5.1. The German bioeconomy monitoring system will include an element of scientifically based "hypothetical impact indicators" that can shed light on the environmental impacts of different bioeconomy development scenarios. Substitution and counterfactual scenarios will be included.

5.2. Specific indicators will be included that reflect the bioeconomic efficiency of different products and sectors.

5.3. In addition to classical life cycle assessments, innovative LCA methods will be developed and implemented that: a) can identify integrated social, ecological and economic impacts, synergies and trade-offs; b) can determine absolute sustainability as sustainable production quantities of certain product groups within planetary boundaries; and c) can be applied as hybrid LCA-I/O methods on meso- and macroeconomic scales such as sectors and regions.

5.4. The German bioeconomy monitoring system, through integrated economic-ecological, social-ecological indicators, will support decision-makers and the public in balancing trade-offs to find ways that most efficiently create societal benefits while protecting the natural environment.

6. Coordinate the development of monitoring in related policies at both national and international levels

6.1. German bioeconomy monitoring should develop a more robust taxonomy of precautionary environmental protection issues and link this taxonomy to the German government's policy priorities.

6.2. German bioeconomy monitoring should relate its indicators to several policy frameworks, including the EU-BMS, Agenda 2030 and the various strategies of the German government (Bioeconomy Strategy, Biomass Strategy, National Biodiversity Strategy, Circular Economy Strategy, etc.).

6.3. Representatives of the German bioeconomy monitoring system should exchange information at global, EU and EU member state level on progress in monitoring in terms of precautionary environmental protection and support each other in the development of the monitoring system.

7. Addressing research gaps

7.1. **Sustainable biomass potentials - Driving question:** *What are the sustainable biomass potentials in Germany, the EU and globally?*

7.2. **Biodiversity - Driving question:** *How can biodiversity loss be measured in the context of bioeconomic activities?*

7.3. **Water - Driving question:** *How can water scarcity and water pollution associated with the bioeconomy be monitored?*

7.4. **Circular economy - Driving question:** *how can bioeconomy and circular economy monitoring be linked?*

7.5. **Coordination Germany/EU/International - Example:** *Establish exchanges between EU Member States (also internationally) on the topic of monitoring the bioeconomy (e.g. setting up an ERA-NET Bioeconomy), with the involvement of the Knowledge Centre for Bioeconomy.*

1 Einleitung

Mit der neuen Bioökonomiestrategie (BMEL & BMBF 2020), die auf der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ (BMBF 2010) und der „Politikstrategie Bioökonomie“ (BMEL 2014) aufbaut, intensiviert die deutsche Bundesregierung ihr Bestreben, zukünftig auf eine nachhaltige und biobasierte Wirtschaftsweise zuzusteuern und diese langfristig zu etablieren. Die Umsetzung der Bioökonomiestrategie soll einen Transformationsprozess einleiten, bei dem biologische Ressourcen durch innovative Methoden nachhaltig und effektiv genutzt werden. Dieser Weg stellt vielfältige Anforderungen in den verschiedensten Bereichen und Sektoren wie z. B. der Land- und Forstwirtschaft, Ernährung, Energieerzeugung und Raumplanung dar und ist von zahlreichen Veränderungsprozessen und daraus entstehenden Zielkonflikten geprägt.

Das Bioökonomie-Monitoring der Bundesregierung erfasst neben der sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit auch die ökologische Nachhaltigkeit (siehe z. B. BMBF und BMEL 2022; Bringezu et al. 2020). Der Fokus liegt dabei auf den Themen Klima-, Ressourcen-, Wasser- und Flächenschutz und wird zunächst über die Methode des Fußabdrucks gemessen. Damit sollen die Auswirkungen der Bioökonomie auf Umwelt- und Naturschutz gemessen werden. Eine Stärke des Konzepts des ökologischen Fußabdrucks ist seine Fähigkeit, sowohl nationale als auch internationale Aspekte der Bioökonomie zu messen und diese Auswirkungen dem nationalen Verbrauch bzw. der nationalen Produktion zuzuordnen. Die Fußabdruck-Methodik berücksichtigt die Auswirkungen von Importen und Exporten unter Verwendung multiregionaler Input-Output-Modelle. Die Pilotstudie enthält Informationen zu fünf Fußabdrücken: Materialfußabdruck, Forstfußabdruck, Agrarfußabdruck, Wasserfußabdruck und Klimafußabdruck. Weitere Informationen zur Methodik des Fußabdrucks sowie die fünf Fußabdrücken finden sich in Bringezu et al. (2020, S. 76 ff.).

Diese Arbeiten dienen als ein vielversprechender Ausgangspunkt für das Monitoring, müssen jedoch weiter ergänzt und vertieft werden. Dies liegt daran, dass der Fußabdruck-Ansatz wichtige umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Aspekte der Bioökonomie nicht vollständig berücksichtigt, insbesondere solche, die mit der biologischen Vielfalt und den Ökosystemen, dem Biomassepotenzial, den standortspezifischen Aspekten sowie den sektor- und produktspezifischen Aspekten zusammenhängen.

1.1 Hintergrund des Projektes

Neben der Fülle an technologischen Fragestellungen, die mit der Bioökonomie verbunden sind, ergeben sich auch vielfältige ökonomische, ökologische, gesellschaftliche und politische Herausforderungen, deren Relevanz und Auswirkungen es zu untersuchen gilt. Als eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Strategie zielt die Bioökonomie-Strategie darauf ab, einen wirtschaftlichen Mehrwert zu schaffen, wie z. B. die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, die Schaffung neuer Arbeitsplätze oder die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien, und gleichzeitig wichtige ökologische Herausforderungen zu bewältigen. Allerdings könnte die Ausweitung der Bioökonomie, wenn sie nicht sorgfältig betrieben wird, auch ökologische und soziale Probleme verschärfen, die den ökonomischen Mehrwert der Bioökonomie schmälern oder sogar überkompensieren. Ein zentraler Aspekt in dieser Betrachtung ist der Anbau der für die Bioökonomie erforderlichen Biomasse: Die zusätzliche Biomasseproduktion kann national und global den Druck auf Ökosysteme und Biodiversität erhöhen, soziale Ungleichheiten verstärken und zu Landnutzungskonflikten führen. An diesem Beispiel zeigt sich, dass noch

offen ist, ob und unter welchen Bedingungen die Bioökonomie dazu beitragen kann, eine positive ökologische Wirkung (im Sinne der planetaren Grenzen) zu entfalten.

Vor diesem Hintergrund ist es von zentraler Bedeutung, Strukturen und Instrumente zu schaffen, welche diese Effekte messbar machen und die notwendigen Informationen zur Minimierung oder Lösung potenzieller Konflikte liefern. Daher hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, die im Jahr 2016 initiierte Pilotphase für ein Monitoringsystem fortzusetzen und zu vertiefen, damit sie komplexe Zusammenhänge besser nachvollziehen und die künftige Entwicklung der Bioökonomie besser steuern und ggf. Handlungsfelder priorisieren kann (BMEL & BMBF 2020). Während der ersten Pilotphase wurden drei Forschungsvorhaben gefördert, die jeweils im Zuständigkeitsbereich vom BMEL, BMBF oder BMWK lagen. Die Ergebnisse der drei Vorhaben, die gebündelt in einem „Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie“ veröffentlicht wurden, geben einen Überblick über die Verfügbarkeit an biogenen Ressourcen in Deutschland, zeigen eine Gesamteinschätzung der ökologischen Fußabdrücke sowie die sozio-ökonomische Entwicklung, Trends und Treiber der deutschen Bioökonomie (Bringezu et al. 2020). Die Auswertung der Ergebnisse der Pilotstudie hat gezeigt, dass es Verbesserungs- und Weiterentwicklungsbedarf gibt; insbesondere im vorliegenden Projektkontext sind hier zwei Faktoren relevant: einerseits stellt die aktuelle Datenverfügbarkeit und -qualität eine Herausforderung für das Monitoring dar (Möller et al. 2020); zum Beispiel sind die Daten zu Biomasseströmen aus Überseeregionen äußerst lückenhaft. Andererseits sind die potenziell unerwünschten Wirkungen für Umwelt und Gesellschaft, die durch die Förderung der Bioökonomie auftreten können, nicht ausreichend untersucht (Spangenberg & Kuhlmann 2020; Zeug et al. 2019; Zeug et al. 2021).

Bei der Anwendung des Konzepts der planetaren Grenzen als Konzept des vorsorgenden Umweltschutzes auf ein Monitoring der Bioökonomie ergeben sich eine Reihe von Problemen, die gerade für die Vergleichbarkeit und Verknüpfung mit europäischen Monitoringsystemen von entscheidender Bedeutung sind (Sala et al. 2020; Bjørn et al. 2020). Aus der Pilotphase ist bislang nicht erkennbar, ob das Erreichte im Bereich der Bioökonomie aus Umweltsicht als positiv oder negativ zu werten ist. Auch durch eine wiederkehrende Ausübung über die kommenden Jahre wird dies nicht möglich sein, da die Messgenauigkeit auf der Makroebene nur größere Transformationsschritte sichtbar macht und viele Effekte auf einer kleinskaligen Ebene nicht erfassen kann. Dies wäre jedoch eine wesentliche Voraussetzung, um mit einem solchen Instrument Aussagen zum vorsorgenden Umweltschutz treffen zu können. Dazu bedürfte es jedoch konkrete Zielvorgaben in der deutschen Bioökonomiestrategie. Das Fehlen dieser Vorgaben erschwert letztlich ein Monitoring der Zielerreichung (Möller et al. 2020). Die dahinterliegenden Konflikte um gesellschaftspolitische Fragestellungen spielen für die erwarteten Chancen und Risiken der Bioökonomie eine entscheidende Rolle (Eversberg 2020).

Wichtig für das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem ist es, dass es anschlussfähig mit anderen Monitoringprozessen aus dem nationalen, europäischen und globalen Kontext ist. Zahlreiche nationale Strategien und Programme mit einem direkten Bezug zur Bioökonomie verfügen über Indikatoren zur Bewertung des Fortschritts oder sind derzeitig dabei, diese zu erarbeiten. Das sind zum Beispiel die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, das Ressourceneffizienzprogramm ProgRess III (angestrebt ist die Entwicklung von Indikatoren und Zielen zur Ressourceneffizienz auf EU-Ebene) und das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum (Indikatoren werden konkretisiert). Auch auf EU-Ebene ist die Entwicklung eines umfassenden Monitorings der Bioökonomie als wichtiges Ziel in der EU-Bioökonomiestrategie verankert. Dieses soll die wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Fortschritte der Bioökonomie messen und wird vom Knowledge Center for Bioeconomy der Europäischen

Kommission in Zusammenarbeit mit europäischen und internationalen Experten erarbeitet. Auf einem Dashboard des Knowledge Centre for Bioeconomy sind bereits Leitindikatoren sowie entsprechende Datensätze visualisiert und offen zugänglich. Im Juli 2022, im Rahmen 8. Umweltaktionsprogramms der EU, verabschiedete die EU Kommission Leitindikatoren zum Monitoring der Fortschritte bei der Verwirklichung der Umwelt- und Klimaziele der EU (Europäische Kommission 2024).

Obwohl bereits zahlreiche Indikatoren zur Bewertung der Bioökonomie existieren, ist zu beobachten, dass die Auswirkungen biobasierter Produkte und Prozesse auf Biodiversität, Stickstoff- und Phosphorbelastung sowie der Umwelt in den entsprechenden Biomasse-Herkunftsgebieten bisher nicht ausreichend berücksichtigt sind.

Was kennzeichnet ein Monitoringsystem, das Aspekte des vorsorgenden Umweltschutzes effektiv berücksichtigt? Ein solches System muss für Entscheidungsträger*innen und relevante Akteur*innen Informationen bereitstellen, auf dessen Basis im Kontext der Weiterentwicklung der Bioökonomie Handlungsentscheidungen getroffen werden können, die gewährleisten, innerhalb Planetarer Grenzen auf der Makroebene sowie innerhalb lokalen Nachhaltigkeitsgrenzen zu bleiben. Monitoring ist in diesem Zusammenhang als ein kontinuierlicher und systematischer Prozess der Datensammlung und -bewertung eines spezifischen Themas, einer Intervention oder eines Prozesses zu verstehen, bei dem das Ziel möglichst klar definiert ist (z. B. nach SMART: spezifisch, messbar, erreichbar, relevant und terminiert). Dabei sollen sachliche Informationen zusammengetragen werden, die eine Bewertung des Ziels ermöglichen. Die Auswahl der Indikatoren sollte Relevanz, Datenverfügbarkeit, -erhebung und -zusammenstellung sowie Transparenz berücksichtigen. Der Aspekt der Transparenz ist von zentraler Bedeutung und sollte für alle Bausteine eines Monitoringsystems vorliegen, damit die Ergebnisse des Monitorings und ggf. darauf aufbauende Entscheidungen nachvollziehbar und verständlich sind.

1.2 Ziele des Projektes

Ziel des Projekts ‘**Weiterentwicklung des „Monitoringsystem Bioökonomie“ unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des vorsorgenden Umweltschutzes**’ war es, im Rahmen der stattfindenden Transformation hin zu einer biobasierten Wirtschaft die Entwicklung eines Monitoringsystems zu unterstützen, mit dem beurteilt werden kann, ob die Bioökonomie die Ziele der Nachhaltigkeit und des Schutzes der natürlichen Systeme erreicht. Das Projekt sollte Wissen über und Empfehlungen zur Bioökonomie generieren, die auf den neusten Erkenntnissen basieren und für die Aufnahme in aktuelle politische Initiativen und Prozesse geeignet sind. Dazu tauschten sich die Mitglieder*innen des Projektteams mit Vertreter*innen verwandten Monitoring-Initiativen aus und stellten Anforderungen an geeignete Indikatoren im Sinne des vorsorgenden Umweltschutzes auf. Die projektspezifischen Ziele waren:

Besseres Monitoring von Nachhaltigkeitsaspekten

- ▶ **Identifizierung und Weiterentwicklung von bestehenden Monitoringsystemen und deren Indikatoren:** Monitoringansätze identifizieren und weiterentwickeln, die es erlauben zu bewerten, wie sich eine Ausweitung der Bioökonomie auf Umwelt und Natur im Zeitverlauf auswirkt.

- ▶ **Entwicklung von Ansätzen für ein effektives Monitoring von Aspekten der Umweltgerechtigkeit und Nachhaltigkeit:** Zentrale Bausteine für ein Monitoringsystem entwickeln, die eine Bewertung von nachhaltigen Biomasseströmen sowie deren Verfügbarkeit und Bereitstellung in Hinblick auf die Einhaltung der planetaren Grenzen und gesellschaftlich determinierter Potentiale ermöglichen.
- ▶ **Bewertung verschiedener Bioökonomieansätze:** Vor- und Nachteile von unterschiedlichen Bioökonomieansätzen im Hinblick auf die Nachhaltigkeit bewertbar machen.

Vernetzt und aktuell

- ▶ **Berücksichtigung und Abstimmung mit angrenzenden Indikatorensystemen:** Bereits etablierte Monitoringsysteme und deren Indikatoren in an die Bioökonomie angrenzenden Bereichen, insbesondere im Bereich der Ressourceneffizienz, der Biodiversitätsstrategie und der Nachhaltigkeitsstrategie berücksichtigen und die zu entwickelnden Ansätzen und Indikatoren mit diesen abstimmen.
- ▶ **Berücksichtigung und Abgleich mit laufenden Monitoringprojekten:** mit Expert*innen aus laufenden und geplanten Monitoringprojekten zur Bioökonomie und anderer Ressorts in Austausch treten, Kenntnisse abgleichen und neue Erkenntnisse generieren.

Wirksame Empfehlungen

- ▶ **Ableitung von Handlungsempfehlungen:** relevante und konkrete Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Bioökonomiestrategie und zukünftigen Ausgestaltung einer umweltgerechten Bioökonomie aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes aufzeigen.
- ▶ **Prägung des Bioökonomie-Monitorings der Bundesregierung:** Erkenntnisse und Ergebnisse in das geplante Monitoring „Bioökonomie“ der Bundesregierung einbringen.

2 Methodik

Die zentrale Aufgabe des Projekts war herauszufinden, welche Lücken der bisherige Ansatz des deutschen Bioökonomie-Monitorings nicht adressiert und anschließend Monitoringansätze und Indikatoren zu erarbeiten, die diese schließen könnten. Dazu gehörte zum Beispiel die Fragen, welche Treiber sich positiv oder negativ auf die Entwicklung der Bioökonomie auswirken und ob weitere indirekte Effekte (z. B. auf die Biodiversität) vorliegen, die bislang nicht berücksichtigt wurden.

2.1 Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme

Die Analyse der Ziele stehender Monitoring- und Indikatorensysteme zum einen und zum anderen die Analyse der Indikatoren selbst waren Aufgaben der Arbeitspakete 1 und 2 des Projekts. Diese beiden Aufgaben waren eng miteinander verknüpft. Nachfolgend wird auf das methodische Vorgehen dieser beiden Arbeitspakete eingegangen.

Das Projektteam analysierte Monitoringsysteme hinsichtlich des vorsorgenden Umweltschutzes mit Hilfe eines Fragenkataloges. Als Vorarbeit wurde eine Zusammenstellung neuester Informationen zu internationalen, europäischen und nationalen Bioökonomie-Monitoringsystemen erstellt. Die Ergebnisse wurden dem Umweltbundesamt übermittelt. Auf dieser Basis und unter Rücksprache des Projektteams mit dem Umweltbundesamt wurden Monitoringsysteme für die Analyse ausgewählt. Die endgültige Auswahl von den in diesem Bericht dargestellten 22 Monitoringsystemen wurde Anfang Februar 2022 getroffen.

Um die Frage zu beantworten, inwieweit Aspekte des vorsorgenden Umweltschutzes in vorhandenen Monitoringsystemen und durch einzelne Indikatoren berücksichtigt werden, nutzte das Projektteam einen Fragenkatalog. Das Arbeitspaket 1 legte den Schwerpunkt auf die Zielsetzung der Bioökonomie-Monitoringsysteme. Im Arbeitspaket 2 wurden die Indikatoren in den Blick genommen (siehe Tabelle 1 für einen Überblick der Fragenkataloge).

Die Antworten des Projektteams auf die Fragen des Fragenkatalogs erfolgen in zwei aufeinander bezogenen Formen: 1) in einer narrativen Form, die aus kurzen Sätzen besteht, und 2) in einer tabellarischen Bewertung dahingehend, inwieweit die Monitoringsysteme die verschieden im Fragenkatalog behandelten Aspekte erfassen sollen.

Tabelle 1: Übersicht der AP 1 und AP 2 Fragenkataloge

Themen	AP 1 Fragenkatalog	AP 2 Fragenkatalog
	<i>Zentrale Fragestellung: "Inwieweit sind die Ansätze und Indikatoren für eine Bewertung <u>verwendet</u>?"</i>	<i>Zentrale Fragestellung: "Inwieweit sind die Indikatoren für eine Bewertung <u>geeignet</u>?"</i>
Umweltgerechte Biomassepotenziale	Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet ? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?
Zusätzliche Bedarf an Biomassen	Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert ?	[im AP 2 Fragenkatalog nicht erwähnt]
Veränderungen der Nutzung und Ströme	Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht ?	Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?
Umweltwirkungen der Ausweitung	Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet ?	Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit	Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?
Planetare Grenzen und SDGs	Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (SDGs) herzustellen?
Biodiversität	[im AP 1 Fragenkatalog nicht erwähnt]	Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?
Hierarchisierung / Priorisierung	Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	[im AP 2 Fragenkatalog nicht erwähnt]
Gewichtung	Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	[im AP 2 Fragenkatalog nicht erwähnt]

Themen	AP 1 Fragenkatalog	AP 2 Fragenkatalog
Integration in das Monitoringkonzept der Bundesregierung	<i>[im AP 1 Fragenkatalog nicht erwähnt]</i>	Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren ?

Ein spezieller Fokus auf die Indikatorensysteme wurde in AP2 gelegt. Der erste Schritt war der Zusammenstellung von Indikatoren und Indikatorensystemen gewidmet. Der zweite Schritt hat sich auf die Auswertung der Indikatoren und Indikatorensysteme hinsichtlich ihrer Eignung für ein Bioökonomie-Monitoring fokussiert.

Eine Systematisierung der zu analysierenden Studien erfolgt anhand einer im Rahmen des Projektes entwickelten Bewertungsmatrix. Die Bewertungsmatrix umfasste die Bereiche „Metadaten“ und „Systematisierung“. Der Bereich Metadaten dient der Zusammenstellung relevanter Informationen über die Studie bzw. das Projekt (z. B.: Autorenschaft). Im Bereich Systematisierung wird untersucht, welche Studien beziehungsweise Indikatorensysteme welche Themen adressieren. Auf folgende Themen hin wurden die Studien bzw. Indikatorensysteme untersucht:

- ▶ Landnutzung
- ▶ Landnutzungsänderung
- ▶ Biodiversität & Ökosysteme
- ▶ Aspekte der Wertschöpfungskette
- ▶ Ressourcenschonung

Zusätzlich dazu wurde untersucht auf welche Ebene die Indikatoren/-systeme abzielen:

- ▶ Produktbezogen
- ▶ Strategiebezogen/politikbezogen

Das Projektteam wählte aus der Gesamtheit der Studien jene aus, die einer Auswertung der Indikatoren unterzogen werden sollten. Diese Auswahl wurde von Seiten des Umweltbundesamtes ergänzt. Schließlich standen 22 Studien der weiteren Auswertung zur Verfügung. Die in Tabelle 1 dargestellte Fragenkatalog wurde auf jede der 22 Studien angewendet. Bei dieser Auswertung der Indikatorensysteme geht es einerseits um eine detaillierte Analyse der Indikatoren, andererseits geht es darum zu bewerten, ob die Indikatoren für ein Bioökonomie-Monitoring geeignet sind. Um auf die finale Fragestellung der Stärken, Schwächen und Nutzbarkeit der Indikatorensysteme antworten zu können, wird der Fragenkatalog in Tabelle 1 um diese 3 Aspekte ergänzt.

Zur besseren Überschaubarkeit erfolgt die Auswertung in tabellarischer Form in gleicher Art und Weise wie in AP1. Für jede Fragestellung wurde ein Indikator des zu untersuchenden Indikatorensystems aufgeführt, welcher im Rahmen der Fragestellung verwendet werden kann. Dieser dient jedoch ausschließlich als Beispiel, weitere Indikatoren der Indikatorensysteme sind ebenfalls verwendbar.

Anhang A enthält die abgeschlossenen Analysen von 22 Studien, welche die bestehenden Monitoring- und Indikatorsysteme darstellen, die im Rahmen des Projekts untersucht wurden.

2.2 Analyse möglicher Ansätze und Indikatoren für eine stärkere Betrachtung von Umweltaspekten im Bioökonomie-Monitoring

Das Hauptziel des nächsten Schrittes im Projekt bestand in der Entwicklung von Konzepten, die aufzeigen, wie und mit welchen Ansätzen und Indikatoren eine verstärkte Betrachtung von

Umweltaspekte im Monitoring zur Bioökonomie der Bundesregierung integriert werden könnte.

2.2.1 Informationsbasis für die Analyse

Als Informationsbasis wurden die folgenden Informationsquellen herangezogen, um Monitoring-Lücken im Bereich des Umweltschutzes zu ermitteln und geeignete Indikatoren zu identifizieren, die dazu beitragen könnten, diese Lücken zu schließen:

- ▶ **Analyse der bestehenden Monitoring- und Indikatorensysteme:** Die in der ersten Phase des Projekts durchgeführten Analysen (Anhang A) diente als Grundlage für die Identifizierung möglicher Ansätze und Indikatoren, die für das Monitoring der Umweltauswirkungen der Bioökonomie in Deutschland nützlich sein könnten. Darüber hinaus wurden die verschiedenen Ansätze miteinander und mit der Pilotphase des deutschen Ansatzes verglichen, um Lücken im Monitoring zu identifizieren.
- ▶ **Experteninterviews:** Eine Expert*innenbefragung wurde durchgeführt, um ein umfassenderes Bild der Bioökonomie zu zeichnen. Das Projektteam wollte dadurch ermitteln, welche Informationen das Monitoring im Kontext des Umwelt- und Naturschutzes liefern sollte und ob und inwieweit diese im jetzigen Monitoring Berücksichtigung finden. Ziel war es zu identifizieren, welche Aspekte und Bereiche der ökologischen Nachhaltigkeit einer Bioökonomie bisher nicht (adäquat) einbezogen und durch Indikatoren beschrieben sind. Die Expert*innenbefragung besteht aus 12 Telefoninterviews mit Expert*innen u.a. aus Wissenschaft und Umweltschutzorganisationen. Bei den befragten Personen handelt es sich um Expert*innen mit fundierten Kenntnissen der Bioökonomie bzw. von Nachhaltigkeitsindikatoren, die einen Querschnitt der für die Monitoring der Bioökonomie relevanten Methoden und Perspektiven darstellen. Die Befragungen wurden mittels eines Leitfadens mit offenen Fragen strukturiert (siehe Anhang B).
- ▶ **Weitere Recherche:** Zur Ergänzung der oben genannten Quellen wurden weitere Nachforschungen angestellt, einschließlich einer detaillierten Analyse der laufenden Monitoring-Maßnahmen zur Bioökonomie auf EU-Ebene (EU Bioökonomie Monitoringsystem)¹ und Datenabfragen. Zusätzlich wurden Kurzgespräche mit relevanten Expert*innen zu bestimmten Fragestellungen durchgeführt.

Basierend auf den Expert*innenbefragungen wurde eine Liste der offenen Aspekte bzw. Fehlstellen erstellt. Die fehlenden Punkte wurden je nach ihrer Relevanz in Gruppen eingeteilt. Die Liste wurde um Kurznamen sowie -beschreibungen für die Fehlstellen als auch relevanten Aspekte für die Definition von Indikatoren ergänzt.

Im Anschluss wurde einen Abgleich der Analyse der bestehenden Monitoring- und Indikatorensysteme mit den Fehlstellen durchgeführt. Dabei steht die Frage im Zentrum, ob bereits Indikatoren identifiziert wurden, die die Fehlstellen ganz oder teilweise abdecken bzw. beschreiben. Von besonderer Bedeutung für diese Analyse waren das EU Bioökonomie Monitoringsystem (Europäische Kommission 2023) und der 2020 veröffentlichte "Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie" (Brinzeu et al. 2020). Die in diesen beiden Monitoringsystemen verwendeten Indikatoren wurden zu einer Übersichtsmatrix hinzugefügt, die eine integrierte Grundlage für die Bewertung der Deckungslücke bildete.

¹ Siehe EU Bioökonomie Monitoringsystem, verfügbar unter https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/monitoring_en

Das Resultat dieses Schrittes war die Identifizierung und Beschreibung der bestehenden Fehlstellen des Pilot-Bioökonomie-Monitorings der Bundesregierung.

2.2.2 Potenzielle Indikatoren

Ein erster Katalog an potenziellen Indikatoren wurde zusammengestellt. Im Rahmen der Zielsetzung und des Umfangs des Projekts bestand das Ziel darin, sich auf die wichtigsten Lücken im Monitoring der Bioökonomie, die für den Umweltschutz relevant sind, zu konzentrieren und eine kleine Anzahl vielversprechender Indikatoren zu ermitteln, die das Potenzial haben, diese Lücken zu schließen. Ausgehend von einer langen Liste mit über 600 Indikatoren aus der Literatur wurde die Auswahl auf 18 Indikatoren und Ansätzen eingegrenzt, die einer Screening-Analyse unterzogen werden sollten. Im April 2023 wurde ein Expertenworkshop abgehalten, um diese Screening-Analysen zu diskutieren. Auf der Grundlage des Expertenfeedbacks, der Rücksprache mit dem UBA und der fachlichen Einschätzung des Projektteams wurden 10 Indikatoren für eine eingehendere Bewertung ausgewählt.

2.2.3 Forschungsbedarf

Wo keine passenden Indikatoren zu den genannten Fehlstellen identifiziert werden konnten, wurde der noch offene Forschungsbedarf beschrieben. Dies umfasst eine Kurzbeschreibung der benötigten Informationen anhand der identifizierten Fehlstelle, um daran mögliche Indikatoren abzuleiten.

2.3 Indikatorenbewertung

2.3.1 Erarbeitung eines begründeten Kriterienkatalogs zur Bewertung der Indikatoren entlang der RACER Kriterien

Für die Indikatorenbewertung hat das Projektteam eine RACER-Analyse durchgeführt und dabei die RACER-Kriterien verwendet, die im Tool 43 der Better Regulation Toolbox der EU (Europäische Kommission 2023a) beschrieben sind (siehe Box 1).

Box 1: RACER Kriterien für Indikatoren

Soweit möglich, sollten alle Indikatoren „RACER“ sein, d. h.:

1. **Relevant**, d. h. eng mit den zu erreichenden Zielen verbunden.
2. **Akzeptiert** werden (z. B. von Mitarbeiter*innen, Interessengruppen). Die Rolle und Anwendungsbereich für den Indikator müssen gut definiert sein.
3. **Glaubwürdig (Credible)** für Nicht-Experten, eindeutig und leicht zu interpretieren.
4. **Einfach** zu erfassen (z. B. sollte die Datenerhebung mit geringem Aufwand möglich sein).
5. **Robust** gegen Manipulationen (z. B. Verwaltungsaufwand: Wenn das Ziel die Verringerung des Verwaltungsaufwands für Unternehmen ist, könnte es sein, dass der Aufwand nicht verringert, sondern nur von den Unternehmen auf die öffentliche Verwaltung verlagert wird).

Quelle: Europäische Kommission (2023a)

Die RACER-Kriterien werden bereits seit vielen Jahren für die Bewertung von Indikatoren verwendet. So wurden die RACER-Kriterien von Best et al. (2009) für eine im Auftrag der Europäischen Kommission durchgeführte Evaluation des Ökologischen Fußabdrucks

operationalisiert. Box 2 zeigt als Beispiel einer Anwendung die operationalisierten RACER-Kriterien für die genannte Studie.

Box 2: Operationalisierte RACER-Kriterien aus Best et al. (2009)

Relevant

Fortschrittsmessung

Steht der Indikator/die Methode in Bezug zu bestehenden spezifischen politischen Zielen? Bietet er eine Hilfestellung beim Monitoring, strategischen Politikgestaltung und/oder Zielfestlegung? Quantifiziert er die Lücken zwischen der aktuellen Situation und den festgelegten Zielen? Bietet er eine angemessene Frühwarnung, um politische Maßnahmen anzuleiten? Reagiert er auf kurzfristige Veränderungen, die (unter anderem) zeigen können, ob politische Maßnahmen Wirkung zeigen?

Identifizierung von Trends

Kann die Methodik/der Indikator verwendet werden, um Veränderungen im Zeitverlauf zu verfolgen? Dies setzt voraus, dass für mindestens eine Eingangsvariable Zeitreihendaten benötigt werden (z. B. eine Reihe von jährlichen Messungen).

Vorhersage und Modellierung

Kann der Indikator in einem vorausschauenden Sinne verwendet werden, um künftige Umweltauswirkungen der Nutzung natürlicher Ressourcen abzuschätzen oder für anspruchsvollere Modellierungen, bei denen die Auswirkungen verschiedener möglicher politischer Maßnahmen oder des technologischen Fortschritts und/oder veränderter Verbrauchsmuster simuliert werden können? Kann der Indikator als Frühwarnindikator fungieren?

Umfang/Ebenen der Anwendung

Liefert der Indikator relevante Informationen zu den effektiven Anwendungsebenen? Disaggregierungen – entweder räumlich, nach Produkt, nach Branche oder nach Ökosystemtyp – können für eine effektive Politik erforderlich sein. Wenn zum Beispiel politische Entscheidungen auf lokaler Ebene getroffen werden, liefert der Indikator dann die erforderlichen lokalen Informationen? Oder, wenn Entscheidungen spezifisch für eine bestimmte Branche getroffen werden, liefert der Indikator Daten auf Branchenebene?

Funktions- und bedarfsbezogene Analyse

Der Indikator sollte Vergleiche zwischen Material- und Energieressourcen in Bezug auf ihre Funktionen und den Wettbewerb in der Praxis ermöglichen (z. B. im Fall wo ein Energieträger, Nahrungsmittel oder Baumaterial durch ein anderes ersetzt wird). Ebenso sollte die Methodik den Vergleich verschiedener Arten der Erfüllung menschlicher Grundbedürfnisse (Wohnen, Mobilität, Ernährung etc.) hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch ermöglichen.

Akzeptiert

Akzeptanz durch die Stakeholder

Die zugrundeliegende Logik und Bedeutung eines Indikators sollte von den Stakeholder*innengruppen leicht verstanden und akzeptiert werden. Dies wird durch konzeptionelle Einfachheit und Einfachheit der Berechnung begünstigt. Für eine effektive öffentliche Kommunikation muss der Indikator mit weit verbreiteten Werten und Anliegen übereinstimmen, um die Stakeholder*innen zu motivieren, Daten zu berechnen oder bereitzustellen und Interpretationen der Bedeutung des Indikators zu akzeptieren.

Glaubwürdig (Credible)

Eindeutig

Der Indikator sollte geeignet sein, eine klare, unmissverständliche Botschaft zu vermitteln. Dies bezieht sich sowohl auf die Interpretation durch politische Entscheidungsträger (lässt er klare Schlussfolgerungen zu, um politisches Handeln zu leiten?) als auch auf die Interpretation durch die breite Öffentlichkeit (liefert er tatsächlich die Informationen, die er nach Meinung von Nicht-Expert*innen liefern soll?)

Transparenz der Methode

Die zugrundeliegenden Daten und Berechnungsmethoden sollten vollständig offengelegt, interpretierbar und reproduzierbar sein.

Einfach

Verfügbarkeit der Daten

Der Indikator erfordert keine Eingabe von Daten, deren Erhebung übermäßig aufwendig, teuer oder aufwendig ist oder die nicht ordnungsgemäß gemessen werden können. Idealerweise sollte der Indikator auf Daten beruhen, die bereits erhoben werden und in elektronischer Form leicht verfügbar sind.

Technische Machbarkeit

Die Methodik ist so einfach, dass sie mit Software und Fachwissen durchgeführt werden kann, die dem Umfang der Anwendung und den typischen Fähigkeiten der Institution, die die Berechnungen durchführt, angemessen sind. Die Eingaben und die Berechnungsmethodik sind klar definiert, um Unklarheiten und daraus resultierende Fehler bei der Umsetzung zu vermeiden.

Komplementarität und Integration

Gibt es potenzielle Ergänzungen zwischen dem Indikator und den anderen zu bewertenden Verfahren? Besteht das Potenzial für eine weitere Integration des Indikators mit den anderen? Dies kann sich auf die Datenerhebung, -speicherung, -analyse und -berichterstattung beziehen, aber auch auf die Art und Weise, wie die Indikatoren zusammenarbeiten, um politische Entscheidungsträger*innen und die Öffentlichkeit bei der Formulierung und Erfüllung politischer Ziele zu unterstützen.

Robust

Vertretbare Theorie

Der Indikator basiert auf einer soliden Theorie; vermeidet Doppelzählungen oder Auslassungen von verwendeten Ressourcen; ist konsistent in seinen Maßeinheiten; beruht auf Annahmen, die klar dargelegt und vernünftig sind und erfordert nicht die Verwendung schlecht definierter oder schlecht quantifizierter Parameter. Die Methodik sollte normalerweise die Verwendung subjektiver Faktoren zur Gewichtung verschiedener Komponenten vermeiden. In Fällen, in denen eine subjektive Gewichtung verwendet wird, muss diese zumindest begründet und explizit gemacht werden.

Empfindlichkeit

Der Wert des Indikator-Outputs ändert sich schnell genug in Bezug auf die Input-Parameter, um politisch bedeutsame Änderungen zu erfassen, und kann Nichtlinearitäten, Diskontinuitäten und Schwellenwerte erkennen.

Datenqualität

Die zugrundeliegenden Daten sollten von ausreichender Qualität sein, so dass Ungenauigkeiten in den Daten nicht zu falschen Ergebnissen führen (d. h., wenn die Daten

unsicher oder nicht ganz genau sind, würden Abweichungen innerhalb der Unsicherheitsspanne nicht zu gegenteiligen Ergebnissen und Schlussfolgerungen führen)

Verlässlichkeit

Der Indikator ist zuverlässig in Bezug auf seine Genauigkeit, Wiederholbarkeit und die klare Spezifikation des Protokolls und der Formeln, die bei den Berechnungen verwendet werden. Dieser Aspekt schließt ein, dass alle Details der Berechnung offen unter den Forscher*innen ausgetauscht werden, um unterschiedliche Standards zu vermeiden (d. h. es kann Meinungsverschiedenheiten über die richtige Methodik geben, aber methodische Unterschiede müssen berücksichtigt werden).

Vollständigkeit

Ist der Indikator vollständig in Bezug auf das Schutzobjekt, das er/sie bewertet (z. B. natürliche Umwelt, menschliche Gesundheit, zukünftige Ressourcenverfügbarkeit)? Wird eine Verschiebung von Belastungen zwischen einzelnen Problemen/Auswirkungsarten (z. B. vom Klimawandel zu nuklearen Risiken), zwischen den Schutzobjekten (z. B. von der menschlichen Gesundheit zur natürlichen Umwelt) und zwischen Regionen (z. B. kann eine Verlagerung der Produktion die Umweltbelastung vom Ort des Verbrauchs weg verlagern) vermieden?

Quelle: Best et al. (2009)

Diese operationalisierten RACER-Kriterien wurden mit Blick auf die spezifischen Ziele der Evaluierung angepasst und verfeinert. So konnte ein fundierter Kriterienkatalog bei den Evaluierungen der Ansätze und Indikatoren eingesetzt werden. Es galt als besonders wichtig, die folgenden wichtigen Merkmale von Umweltindikatoren zum Bioökonomie-Monitoring zu berücksichtigen:

- ▶ **Vorsorgender Umweltschutz** – welche der folgenden Aspekte von vorsorgendem Umweltschutz liegen im Fokus und inwieweit sind sie adressiert?
 - **Umweltgerechte Biomassepotenzial** – kann eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale erfolgen?
 - **Zusätzliche Bedarf an Biomassen** – kann der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert werden?
 - **Veränderungen der Nutzung und Ströme** – können Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertet werden?
 - **Umweltwirkung bei Nutzungsausweitung** – können bisherige Umweltauswirkungen der Biomassenutzungen sowie neue/ zusätzliche Nutzungsweisen der Bioökonomie bewertet werden?
 - **Planetare Grenzen und SDGs** – kann ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (SDGs) hergestellt werden?
 - **Biodiversität** – kann die Wirkung von Biomassenutzungen auf Biodiversitätsaspekten bewertet werden?
- ▶ **Systemgrenzen** – Was sind die Systemgrenzen, die für den Ansatz oder den Indikator relevant sind? Am wichtigsten sind:

- **Geografische Anwendung** – kann der Indikator effektiv auf nationaler, EU- und/oder internationaler Ebene eingesetzt werden?
 - **Lokale Besonderheiten** – angesichts der Tatsache, dass bioökonomische Aktivitäten Auswirkungen haben können, die sehr spezifisch für lokale Bedingungen und Ökosysteme sind, stellt sich die Frage, wie gut der Indikator diese Aspekte erfasst.
 - **Produktion vs. Verbrauch** – beobachtet der Indikator die Verbrauchs- oder die Produktionsseite der Bioökonomie oder beides?
 - **Sektorale Grenzen** – inwieweit sind sektorale Grenzen für den Indikator relevant und wie gut kann er sektorübergreifend oder für das gesamte System angewendet werden?
- **Integration in das Monitoringkonzept der Bundesregierung** – lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?

2.3.2 Bewertung der potenziellen Indikatoren

Mit Hilfe des abgestimmten Kriterienkatalogs, eines standardisierten Ansatzes und tabellarischer Vorlagen hat das Projektteam eine Bewertung der potenziellen Indikatoren zur besseren Berücksichtigung von Umweltaspekten im Bioökonomie-Monitoring durchgeführt.

Die oben operationalisierten RACER-Kriterien und Unterkriterien wurden als Kriterienkatalog zusammengestellt, und die verschiedenen Kriterien wurden je nach ihrer besonderen Relevanz für den zu bewertenden Indikator selektiv angewendet. Es wurde dem fachlichen Urteil der Bewerter*innen überlassen, die relevanten Unterkriterien zu bestimmen, auf die sie sich für jeden einzelnen Indikator konzentrieren.

Aufgrund des subjektiven Charakters solcher Bewertungen hat das Projektteam seinen Ansatz über die Indikatoren hinweg kalibriert, um ein hohes Maß an Konsistenz zu gewährleisten. Die Gründe für die Bewertungen der Kriterien wurden in den textlichen Beschreibungen in diesem Bericht klar dargelegt, so dass Leser*innen nachvollziehen können, warum die jeweilige Bewertung vorgenommen wurde.

Die zehn Bewertungen anhand der RACER-Analysen sind in Kapitel 5 dargestellt. Die weiteren acht Indikatoren und Ansätze, die lediglich einer Screening-Analyse unterzogen wurden, befinden sich im Anhang C.

2.3.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen

Basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen der vorangegangenen Arbeitspakete leitete das Projektteam Handlungsempfehlungen sowohl für die Weiterentwicklung des Bioökonomie-Monitorings der Bundesregierung als auch für die Umsetzung und Fortentwicklung der Bioökonomiestrategie ab, mit besonderem Fokus auf Umwelt- und Naturschutz.

Das Projektteam leitete Handlungsempfehlungen entlang der folgenden Prinzipien ab:

- ▶ **Fokus auf Akteursgruppen:** Die Handlungsempfehlungen wurden zielgerichtet im Hinblick auf relevante Akteursgruppen formuliert und in thematische Kontexte eingebettet, um eine effektive Aufnahme in relevanten Initiativen, Prozessen und Diskussionen zu gewährleisten. Das Team berücksichtigte potenzielle Adressaten bei der Ausarbeitung und Präsentation der Empfehlungen und nutzte die Netzwerke der Projektpartner, um die Empfehlungen mit nationalen und internationalen Akteuren in den Bereichen Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft zu diskutieren.
- ▶ **Einbeziehung von Expert*innen:** Einige Expert*innen wurden aktiv in die Entwicklung der Handlungsempfehlungen einbezogen, die Gelegenheit zur Verfeinerung der vorgeschlagenen Maßnahmen erhielten und die Zielrichtung im Hinblick auf bestimmte Akteursgruppen kommentieren konnten. Dieser Prozess stellte eine ausgewogene Gestaltung der Handlungsempfehlungen sowie deren Relevanz für unterschiedliche Akteursgruppen sicher.

Die in den Handlungsempfehlungen aufgegriffenen Indikatoren und Monitoringansätze sind solche, die im Rahmen der vorangegangenen Analysen als vielversprechend identifiziert wurden und die Attribute eines zielführenden Indikators bzw. Monitorings-Systems aufwiesen. Etwaige Nachteile – etwa hinsichtlich einer derzeit noch unzureichenden Datengrundlage – wurden kenntlich gemacht.

3 Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme

Die Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorensysteme sammelte aktuelle Informationen zu wichtigen internationalen, europäischen und nationalen Bioökonomie-Monitoringssystemen und bewertete diese anhand eines Fragenkatalogs. Die Ergebnisse dieser Analyse dienten daher als Grundlage für die spätere Hauptarbeit des Projekts – die Entwicklung eines Konzepts darüber, wie und mit welchen Ansätzen und Indikatoren eine vertiefte Betrachtung von Umweltaspekten im Monitoring der Bioökonomie der Bundesregierung möglich ist.

Konkret wurde die Analyse, die in Anhang A zu finden ist, genutzt, um einen ersten Katalog potenzieller Ansätze und Indikatoren zu erstellen, die das Bioökonomie-Monitoring der Bundesregierung im Bereich des vorsorgenden Umweltschutzes stärken könnten. Anhang A dient als komprimierte Zusammenfassung der wichtigsten Literaturquellen für die weitere Bearbeitung innerhalb des Projekts und als Wegweiser hinsichtlich vielversprechender Ansätze und Indikatoren, die direkt übernommen oder angepasst werden könnten, um Umweltaspekte besser zu monitoren. Das Projektteam hat sich bemüht, die Evaluierungen konsistent entlang des Fragenkatalogs durchzuführen, allerdings sind die einzelnen Prüfungen letztendlich subjektive Verfahren.

Dieser Kapitel beschreibt das Vorgehen und fasst die Schlussfolgerungen aus den durchgeführten Bewertungen zusammen.

3.1 Vorgehen

Zu Beginn wurden insgesamt 50 Berichte/Publikationen aus 42 Studien/Projekten zusammengetragen. Davon wurden 37 Berichte und Publikationen systematisch ausgewertet. Auffallend ist, dass sich ca. die Hälfte der Indikatorensysteme der Berichte/Publikationen auf Produkte beziehen, während die andere Hälfte sich auf die Politik oder Strategien beziehen.

Darüber hinaus kann innerhalb der Systematisierung erkannt werden, dass die Indikatorensysteme die Themenbereiche Biodiversität & Ökosysteme (31), Landnutzung (32) und Aspekte der Wertschöpfung (28) am häufigsten adressieren. Zu geringeren Anteilen werden die Themen Ressourcenschonung (26) und Landnutzungsänderung (20) in den Indikatorensystemen aufgegriffen.

Der Systematisierung zufolge werden mit den Studien von FAO (2011), Bracco et al. (2019) und Iriarte et al. (2015) alle relevanten Themenbereiche mit den Indikatoren adressiert. Bis auf einen Themenbereich werden auch in Eltrop et al. (2018), Wackerbauer et al. (2019), Egenolf und Bringezu (2019), Kilsedár et al. (2021) alle relevanten Themenbereiche innerhalb der Indikatorensysteme abgedeckt. Darüber hinaus fokussieren die Indikatoren aus den Zertifizierungssystemen FSC (2018), RSB (2016) als auch die Indikatoren des SCP-HAT Tools von Piñero et al. (2021) die relevanten Themenbereiche.

Ausgehend von dieser Vorarbeit wurden 22 Studien/Projekte für eine vertiefte Auswertung ausgewählt. Anhand des in Tabelle 1 dargestellten Fragenkatalogs wurde für jede dieser Studien abgefragt, ob und welche Indikatoren zu den jeweiligen Fragestellungen passen.

Insgesamt betrachtet, konnten zu jeder Fragestellung des Fragenkatalogs geeignete Indikatoren aus den 22 Studien identifiziert werden. Allerdings kann kein Indikatorenset allein für sich stehen. Das heißt, um auf die Fragestellungen des Fragenkatalogs zu antworten, müssen

Indikatoren aus mehreren Studien verwendet werden. Diese können dann in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integriert werden.

3.2 Einblicke auf Antworten zur Fragestellung: „*Inwieweit werden die Ansätze und Indikatoren für eine Bewertung verwendet?*“

Die Frage nach umweltgerechten Biomassepotenzialen wird von den Ansätzen nicht immer direkt adressiert oder gar tiefergehend fundiert – wobei durchaus hilfreiche und weiterführende Indikatoren genannt werden, wie etwa bei Bracco et al. (2019) oder Eltrop et al. (2018).

Der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomasse wird sehr unterschiedlich beantwortet, beispielsweise mit den Stoffströmen nach Bioökonomie-Sektoren. Kilsedár et al. (2021) und Kardung et al. (2021) widmen sich der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft im Kontext zusätzlicher Bedarfe.

Bei den Veränderungen der Nutzung und Stoffströme stehen vereinzelt Ansätze zur Verfügung. Bewertet werden Stoffströme auf Produkt- und Wertschöpfungsebene aus physischer, ökonomischer, regionaler und nationaler Perspektive. Kaskadennutzungen greifen beispielsweise Kilsedár et al. (2021) und Eltrop et al. (2018) auf.

Umweltwirkungen der Ausweitung der Biomassenutzung werden selten tiefgreifend adressiert, wobei viele wertvolle Aspekte aufgegriffen werden. Bei Kilsedár et al. (2021) ist diese Fragestellung beispielsweise verankert. Das Monitoring der Stoffströme bei Bringezu et al. (2020) und der Wasserfußabdruck zur Eutrophierung stechen ebenfalls hervor.

Die Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit beispielsweise mit Schwerpunkt auf Biodiversität ist Kern des Product Biodiversity Footprint (PBF) von Asselin et al. (2020). Hierbei werden Life Cycle Impact Assessments (LCIA) mit einem Referenz- und Alternativszenario durchgeführt und Iriarte et al. (2015) schlägt beispielsweise Treibhausgas-Lebenszyklusanalysen vor.

Bezüge zu den SDGs werden häufiger hergestellt, seltener werden planetare Grenzen im Detail adressiert, wie dies bei Bracco et al. (2019) der Fall ist. Hierarchisierungen oder Gewichtungen werden selten vorgenommen, wie etwa beim Index von Eltrop et al. (2018).

3.3 Einblicke auf Antworten zur Fragestellung: „*Inwieweit sind die Indikatoren für eine Bewertung geeignet?*“

Im Hinblick auf die umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale (Frage 1) wird festgestellt, dass häufig Indikatoren zu Fläche und Menge der Biomasse vorliegen (z. B.: Fläche für die Produktion von Energiepflanzen), wodurch das Biomassepotenzial abgebildet werden kann. Jedoch bleibt zweifelhaft, ob diese Angaben auch als „umweltgerecht verfügbar“ aufgefasst werden können.

Bezüglich Fragestellung 2 (Verschiebung der Biomassenutzung) erscheinen insbesondere ökonomische Indikatoren auf Ebene der einzelnen Bioökonomiesektoren, wie beispielsweise die Anzahl der Jobs im Bioenergiesektor geeignet, um die Verschiebung der Biomassenutzung innerhalb der Bioökonomie darzustellen. In ähnlicher Art und Weise kann mit ökonomischen Indikatoren auf Fragestellung 3 (Umweltwirkung von neuen Nutzungen) zumindest auf neue Nutzungen Bezug genommen werden. Für diese Fragestellung erscheinen jedoch vor allem Indikatoren zu Patenten, Innovationen und Investitionen geeignet, um die Neuerungen und somit die Auswirkung der Bioökonomie zu adressieren. Anhand dieser Indikatoren kann jedoch noch nicht auf die Umweltwirkungen geschlossen werden. Umweltwirkungen können mit

zahlreichen ökologischen Indikatoren (z. B.: Treibhausgasemissionen) abgebildet werden. Diese gilt es dann allerdings mit den neuen Nutzungen ins Verhältnis zu setzen. Diese Herausforderung besteht insbesondere für die Entwicklung von Indikatoren für das Monitoringkonzept der Bundesregierung.

Im Kontext Substitution (Fragestellung 4) und Biodiversität (Fragestellung 7) stehen zahlreiche Indikatoren zur Bewertung von Aspekten der Substitution bzw. Biodiversität zur Verfügung (z. B.: Artenvielfalt der Vögel).

Fragegestellung 5 stellt auf die Umweltvorteilhaftigkeit von biobasierten Produkten gegenüber herkömmlichen Produkten ab. Sofern die Indikatoren zur Bewertung der Umweltwirkung (Fragestellung 3) auch auf Ebene der Produkte vorliegen, können sie auch in diesem Kontext Anwendung finden. Für diese Fragestellung eignen sich jedoch besonders Indikatoren aus der Ökobilanzierung, da diese auf Ebene beider Produktarten vorliegen (z. B.: Eutrophierung).

Darüber hinaus kann mit dem Großteil der Indikatoren ein Bezug zu den Zielen der Agenda 2030 hergestellt werden. Einige der Indikatorensysteme, wie beispielsweise Eltrop et al. (2018) wurden sogar in enger Anlehnung an die SDGs entwickelt. Zusätzlich dazu bestehen enge Verknüpfungsmöglichkeiten zu dem Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere zu der Dimension Klimawandel und Unversehrtheit der Biosphäre.

Zu den häufigsten Schwächen zählen Lücken innerhalb der Indikatorensysteme oder Unsicherheiten in der Anwendungsmöglichkeit, wenn sich Indikatorensysteme nur auf einzelne Regionen beziehen. Dem gegenüber überzeugen andere Indikatorensysteme durch ihre Überschaubarkeit, Praktikabilität, bereits vorliegende Datengrundlagen oder ihre Anknüpfungsmöglichkeit an weitere Konzepte.

Insgesamt betrachtet betonen die Autor*innen, dass für ein Monitoringkonzept der Bundesregierung ein besonderes Augenmerk auf die jeweils zu adressierenden Themenbereiche gelegt werden soll. Im Hinblick auf die jeweiligen Indikatoren gilt es zu prüfen, welche Indikatoren Aspekte der gesamten Bioökonomie adressieren (z. B.: Biomassepotenzial) und welche Indikatoren Aspekte auf Ebene einzelner Bioökonomiesektoren (z. B.: Verschiebung der Nutzung innerhalb der Bioökonomie) oder Produkte der Bioökonomie (z. B.: Umweltvorteilhaftigkeit biobasierter versus herkömmliche Produkte) ansprechen.

3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Anhang A enthält Zusammenfassungen der 22 Analysen bestehender Monitoringkonzepte und Indikatorensysteme. Sie dienten als wichtige projektinterne Informationsquelle für die weiteren Projektschritte. Zudem bieten die Zusammenfassungen in Anhang A eine nützliche Informationsgrundlage für Forschende, die von einem Überblick über die aktuelle Literatur zum Bioökonomie-Monitoring profitieren könnten. Da die Zusammenfassungen primär als Einstieg in die umfangreiche Literatur für das Projektteam gedacht sind, sind sie in einer Mischung aus Deutsch und Englisch verfasst und enthalten umfangreiche Zitate aus dem Originalmaterial.

4 Bestehende Fehlstellen des aktuellen Bioökonomie-Monitorings und potenzielle Indikatoren

4.1 Aspekte des vorsorgenden Umweltschutzes

4.1.1 Leitlinien für die Durchführung der Analysen

Als Leitlinien für das Projekt hat das Umweltbundesamt zentrale Aspekte der Umweltvorsorge identifiziert, die für die Bioökonomie relevant sind. Folgende Aspekte waren von zentraler Bedeutung für die Identifizierung bestehender Monitoring-Lücken und möglicher Indikatoren, die diese schließen können:

- ▶ **Umweltgerechte Biomassepotenziale** – Monitoringansätze und Indikatoren, die erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen (z. B. THG-Emissionen, Biodiversität, Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung) durchzuführen.
- ▶ **Zusätzlicher Bedarf an Biomasse** – Monitoringansätze und Indikatoren, die den erwartbaren zusätzlichen Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressieren.
- ▶ **Veränderung der Nutzung und Biomasseströme** – Monitoringansätze und Indikatoren, die ermöglichen eine Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie zu bewerten.
- ▶ **Biodiversität** – Monitoringansätze und Indikatoren, die erlauben Biodiversitätsaspekte der Biomassenutzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu bewerten.
- ▶ **Umweltwirkungen der Ausweitung der Bioökonomie** – Monitoringansätze und Indikatoren, die eine Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie erlauben.
- ▶ **Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit** – Monitoringansätze und Indikatoren, die eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten (z. B. hinsichtlich THG-Emissionen, Biodiversität, Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung) ermöglichen.

4.1.2 Bioökonomie und die sozial-ökologische Krise

Die derzeitig dominierende neoklassische Ideologie betrachtet die Bioökonomie vorrangig als einen variablen technologischen Produktionsfaktor sowie anders und mehr genutzte Biomasse als eine potenzielle zusätzliche natürliche Ressource, um zusätzliches Wirtschaftswachstum zu erzielen. Die Vorstellungen und politischen Bioökonomie-Diskurse innerhalb der EU wurden von biotechnologischen Visionen industrieller Akteur*innen dominiert (Hausknost et al. 2017; Staffas et al. 2013). Daher wurde Bioökonomie -hauptsächlich als der geeignete endogene Technologiefaktor und unmittelbare Vorläufer im neoklassischen Konzept von „Nachhaltiger Entwicklung“ angesehen, der ausreichende Ressourcen bereitstellt sowie zur Nutzen- und Gewinnmaximierung genutzt werden konnte, um ein glaubhaftes Win-Win-Narrativ der Bioökonomie zu erzeugen (Kleinschmit et al. 2017). In diesem Szenario birgt die Biotechnologie enorme Nachhaltigkeitsrisiken, wenn sie auf ein industrielles Niveau hochskaliert wird und absorbiert große Biomasseströme, die erhebliche Exporte und Importe erfordern (Brinzeu et

al. 2020; Budzinski et al 2017; Gawel et al. 2019). Eine wachsende Bioökonomie-in Europa hat bereits zu einer Zunahme der gerodeten Waldfäche und der importierten Biomasse geführt und kann den natürlichen, hauptsächlich waldbasierten Klimaschutz behindern (Erb et al. 2022; Palahí 2021). Diese Aspekte können ein Grund für die immer noch geringe öffentliche „Akzeptanz“ oder explizite Kritik an der Bioökonomie-sein (Mustalahti 2018; Stern et al. 2018) und dafür, dass die Mehrheit der NGOs eine ablehnende Perspektive zu Bioökonomie-als PR-Kampagne von Industrieunternehmen haben, die ihr „Business as usual“ als grün darstellen wollen (Gerhardt 2018; Šimunović et al. 2018). Dennoch wird eine klimaneutrale Wirtschaft auf diese enormen Stoffströme nachhaltiger und nachwachsender Biomasse angewiesen sein. Der technische und politische Optionsraum der Bioökonomie- (Hausknost et al. 2017) zeigt starke Verbindungen zu einigen vorgestellten Nachhaltigkeits- und Wirtschaftskonzepten wie etwa: 1) „Sustainable Capital“, welches die neoklassische Perspektive einnimmt und Nachhaltigkeit nur sehr schwach berücksichtigt, 2) „Eco-Wachstum“, das eine ökologisch-ökonomische Perspektive einnimmt, jedoch einen schwachen Nachhaltigkeitsbezug auf Formen der ökologischen Modernisierung aufweist, 3) „Eco-Retreat“, welches einer ethischen Vision von Tiefenökologie, starker Nachhaltigkeit und ökologischer Ökonomie entspricht und 4) „Planned Transition“, das auf einer ökologischen Ökonomie und sozial-ökologischen Transformation basiert, aber weder eindeutig schwächer noch starker Nachhaltigkeit entspricht und in folgenden Absätzen von Bedeutung sein wird (Zeug et al. 2020).

Unterschiedliche Mittel, Zwecke und Werte scheinen die bestimmenden Faktoren für das zu sein, was wir unter widersprüchlichen Interessen und Wahrnehmungen in Bioökonomie-Bewertungen verstehen (Zeug et al. 2019). Einfache und ehrgeizige Ziele zu setzen, aber Ideologien, soziale Normen und Werte, religiöse Überzeugungen und Institutionen, einschließlich formeller und informeller Regeln und Bräuche, zu ignorieren, wird nicht ausreichen (Norström 2013; Stegemann und Ossewaarde 2018). Im Monitoring der Bioökonomie sind diese strukturellen Aspekte – außer in der Stakeholder-Partizipation – bisher allerdings kaum berücksichtigt und die Ergebnisse werden nicht vor diesem Hintergrund eingeordnet und kritisch diskutiert.

Die ökologischen Herausforderungen vor denen Gesellschaften global stehen, sind nicht nur auf den Klimawandel, sondern umfassen mehrere planetare Grenzen (Planetary Boundaries) (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2018; Richardson et al. 2023). Das Konzept der planetaren Grenzen stellt das Verhältnis zwischen Gesellschaften und Umwelt als spezifischen Ausdruck gesellschaftlicher Naturverhältnisse dar (Görg 1999; Hummel et al. 2023): unabhängig von der historisch-spezifischen Einrichtung gesellschaftlicher Naturverhältnisse, können sich diese Verhältnisse nur dann ökologisch nachhaltig reproduzieren, wenn die Summe aller aus der „Natur“ entnommenen oder genutzten Ressourcen (Fossile Rohstoffe, Wasser, Fläche, Biomasse, usw.) sowie Emissionen und Abfälle (Treibhausgase, Toxine, Feinstäube, usw.) nicht die langfristig verfügbare Biokapazität unserer Umwelt überschreitet. Die Ermittlung dieser regional heterogenen Biokapazitäten ist Gegenstand der Erdsystem-Wissenschaften und mündete in einer Diskussion und Eingrenzung von „sicheren Handlungsspielräumen“. Darin ist vorgesehen, dass biophysikalische Schwellenwerte nicht unter- bzw. überschritten werden dürfen, um die Resilienz und Stabilität des Erd- und Ökosystems zu gefährden und unkalkulierbare Risiken durch das Überschreiten von Kipppunkten zu vermeiden. Dies beinhaltet aktuell nicht nur den Klimawandel mit max. 350 ppm CO₂-Konzentration bzw. max. +1,0 W·m⁻² Strahlungsantrieb in der Atmosphäre (*überschritten*) zu stabilisieren, sondern auch die Versauerung der Ozeane mit min. 2,75 Omega-Einheiten (OE), den stratosphärischen Ozonabbau mit min. 275 Dobson Units (DU) (*unterschritten*), den Phosphor- und Stickstoffkreislauf mit max. 11 Tg yr⁻¹ bzw. max. 62 Tg yr⁻¹ (*überschritten*), den

Süßwasserverbrauch (d. h. menschlich verursachte Störung des blauen Wasserflusses um 10,2% und des grünen Wasserflusses um 11,1%; *überschritten*), die Landnutzungsänderungen als min. 75 % Anteil der ursprünglichen Waldfläche (*unterschritten*), einen Biodiversitäts-Intaktheits-Index (BII) von min. 90 % (*unterschritten*), neuartige Stoffe (*überschritten*), und die atmosphärische Aerosolbelastung (0,1 mittlere jährliche interhemisphärische Differenz in der Aerosoloptischen Dicke) einzuhalten (Richardson et al. 2023). So ist beispielsweise der ökologische Fußabdruck Deutschlands 3,3-mal höher als seine Biokapazität (Bringezu et al. 2020; GFN 2019a; GFN 2019b; Schaefer et al. 2006). Aus ökologischer Sicht ist dabei insbesondere die Verengung der Perspektive auf den Fußabdruck der Treibhausgasemissionen zu vermeiden und die tatsächliche -wenn auch mit Unsicherheiten behaftete - Quantifizierbarkeit dieser Grenzen und ihrer aktuellen Unter- bzw. Überschreitung aufzuzeigen. Gleichzeitig sollten diese aus einer transdisziplinären und sozialwissenschaftlichen Perspektive entstandenen Grenzen nicht naturalisiert, sondern als Kompromiss eines wissenschaftlich-politischen Diskurses verstanden werden: es ist nicht „die Natur“ die Gesellschaften Grenzen setzt, vielmehr handelt es sich dabei um politisch verhandelte Grenzen, die ebenso dynamisch wie das Erdsystem und Gesellschaften selbst sind (Görg 2015). Eine signifikante Überschreitung, wie sie derzeitig schon zu beobachten ist, hat aber in jedem Fall langfristig massive negative Auswirkungen auf die (Re-)Produktionsbedingungen und Lebensqualität jedweder Gesellschaften und ist dringend zu vermeiden.

Die planetaren Grenzen im Kontext der gesellschaftlichen Naturverhältnisse zu begreifen, weist auf die soziale Dimension ökologischer Probleme hin. Einerseits beschreiben Attribute wie „sozial“, „ökologisch“ und „ökonomisch“ keine getrennten Objekte wissenschaftlicher Betrachtung, sondern lediglich unterschiedliche Perspektiven auf dieselben Objekte und deren zugrundeliegenden Beziehungen (Zeug et al. 2023). Die daraus folgende notwendige Transdisziplinarität bedeutet, eine scheinbar ökologische Forschungsfrage als gleichzeitig politökonomische Forschungsfrage zu verstehen und zu reflektieren und umgekehrt. Folglich können ökologische Argumente ebenso wenig gesellschaftlich neutral sein wie gesellschaftspolitische oder ökonomische Argumente ökologisch neutral sein können (Harvey 1996). Praktisch keine Nation schneidet sowohl in der biophysikalischen als auch in der sozialen Dimension gut ab, wobei biophysikalische Grenzen insbesondere dort überschritten werden, wo mehr soziale Bedürfnisse erfüllt werden und umgekehrt (O'Neill et al. 2018; O'Neill et al. 2019). Außerdem wird mit zunehmend überschrittenen planetaren Grenzen, auch das Erfüllen gesellschaftlicher Bedürfnisse schwieriger. Die Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse ist also scheinbar direkt mit der Überschreitung von planetaren Grenzen gekoppelt (Haberl et al. 2012; O'Neill et al. 2018) und eine absolute Entkopplung einer steigenden ökonomischen Produktion von steigenden ökologischen Auswirkungen ist bisher nicht evident und auch perspektivisch unplausibel (Parrique T. 2019). Demzufolge werden lediglich technologische Veränderungen und Innovationen, ein alleiniger Fokus auf industrielle Effizienz oder das schlichte Ersetzen fossiler Ressourcen durch Biomasse Gefahr laufen, das gleiche Produktions- und Konsumsystem wie die fossilbasierte Ökonomie aufrechtzuerhalten.

Eine nachhaltiges Bioökonomie sollte demnach die planetaren Grenzen nicht überschreiten (ökologische Nachhaltigkeit), gesellschaftliche Bedürfnisse erfüllen (soziale Nachhaltigkeit) und notwendigerweise ökonomisch effektiv sowie effizient und gerecht sein (ökonomische Nachhaltigkeit) (Zeug et al. 2021; Zeug et al. 2023). Im Gegensatz zu fossilen Ressourcen ist das Besondere an einer Bioökonomie die Fähigkeit zur Regeneration, die es biologischen Ressourcenbeständen ermöglicht, sich nach der Entnahme wieder aufzufüllen, wobei sie typischerweise in ständiger Wechselwirkung mit ihren umgebenden Systemen stehen (Erb et al. 2022; Lindqvist et al. 2019; Zörb et al. 2018). Allerdings ist die Bioökonomie nur dann

ökologisch nachhaltig, wenn die Entnahmerate die Regenerationsrate nicht übersteigt und die Regenerationsfähigkeit und Rate nicht beständig durch Gewinnung, Verarbeitung und Nutzung von Ressourcen verringert wird. Der zentrale langfristig limitierende Faktor der Regeneration ist die Umwandlungseffizienz von 1–2 %, bei dem Pflanzen mittels Sonnenlicht Kohlenstoffverbindungen herstellen sowie in den begrenzten Regionen, in denen genügend Sonne scheint, ausreichend Wasser verfügbar ist und der Pflanzenanbau keine negativen Rückkopplungen wie beschleunigte Erosion oder Biodiversitätsverluste verursacht (Lindqvist et al. 2019). Im Unterschied zu nicht erneuerbaren fossilen Systemen machen diese komplexen Wechselwirkungen das Management der Bioökonomie aus ökologischer Perspektive wesentlich komplexer und erfordern grundlegend andere Planungsstrategien.

Folglich ist es neben der Bedeutung regionalisierter und räumlich expliziter Datensätze zur Verbesserung der Ergebnisqualität (Fauzi et al. 2019) ebenso wichtig, planetare Grenzen- und globale Effekte in Life Cycle Sustainability Assessments (LCSA) durch geeignete LCIA zu berücksichtigen (Chandrakumar und McLaren 2018a; Chandrakumar und McLaren 2018b; Chandrakumar et al. 2018). In den letzten Jahren wurden bedeutende Entwicklungen vorgenommen, insbesondere im Kontext der Europäischen Kommission – Joint Research Centre (EC-JRC), um planetare Grenzen und ökologische Fußabdrücke (EF) in E-LCA zu integrieren, um meso- und makroökonomische Bewertungen und Schlussfolgerungen nach Sektoren zu ermöglichen und produktspezifische Bottom-up-Ansätze zu entwickeln (Bjørn et al. 2020; Robert et al. 2020; Sala und Castellani 2019; Sala et al. 2020). Wie die meisten Ökobilanzen beinhaltet auch Holistic and Integrated Life Cycle Sustainability Assessment (HILCSA) eine relative Bewertung, z.B. ob der beobachtete Fall besser ist als eine Referenz von Fällen als auch um wie viel der beobachtete Fall besser als die Referenz ist (Substitutionsfaktor der Auswirkungen). Es gibt jedoch keine Informationen darüber, ob die Bewertung für die ökologische Nachhaltigkeit in Bezug auf planetare Grenzen „gut genug“ abschneidet (Bjørn et al. 2020). Absolute Nachhaltigkeitsbewertungsmethoden (Chandrakumar und McLaren 2018b) vergleichen spezifische Auswirkungen mit externen Umwelttragfähigkeiten (nach planetare Grenzen), z.B. beziehen sich Lebenszyklusklimawirkungen auf das 1,5-Grad-Klimaziel (Bjørn et al. 2020). In einer relativen Dimension geht es darum abzuschätzen, wie viel kg CO₂-Äq. Pro Produkt als (un-)nachhaltig zu betrachten ist. In absoluten Dimensionen geht es jedoch darum, welche Mengen eines solchen Produktes in einem bestimmten Zeitrahmen generell produziert werden können. In den letzten 20 Jahren ist es zwar gelungen planetare Grenzen global und zunehmend regional annäherungsweise zu bestimmen, die Anwendung von planetaren Grenzen auf konkrete Produktionssysteme oder gar Produkte, also meso- und makroökonomische Bewertungen und Schlussfolgerungen bspw. Nach Sektoren zu ermöglichen, bleibt allerdings eine große Herausforderung (Bjørn et al. 2020; Chandrakumar et al. 2018; Robert et al. 2020; Sala et al. 2020). In einer relativen Nachhaltigkeitsanalyse wird bspw. Ermittelt wieviel kg CO₂-Äq. Pro Produkt emittiert werden, in absoluten Nachhaltigkeitsanalysen ginge es jedoch darum, welche Mengen eines solchen Produktes in einem bestimmten Zeitrahmen generell produziert werden können.

4.2 Bestehende Fehlstellen

4.2.1 Ergebnisse der Expert*innenbefragung

Im Zeitraum von Januar bis März 2023 wurden Expert*inneninterviews mit 12 Expert*innen für Bioökonomie bzw. Indikatoren geführt. Die beteiligten Experten deckten ein Spektrum von Forschern, Interessengruppen und politischen Experten sowohl auf EU- als auch auf deutscher Ebene ab.

In den Expert*inneninterviews wurden mehrere wichtige relevante Umweltaspekte im Zusammenhang mit der Bioökonomie ermittelt, die von den Experten häufig als Themen genannt wurden und eine besseres Monitoring durch Indikatoren erfordern. Die folgende Zusammenfassung zeigt die Aspekte, die von den 12 befragten Expert*innen am häufigsten genannt wurden.

Häufig hervorgehobene Monitoring-Lücken

Die Expert*innen nannten die folgenden Themen häufig als im Kontext der Bioökonomie durch Indikatoren unzureichend abgedeckt:

- ▶ **Biodiversität und Gesundheit der Ökosysteme** – Häufig wiesen die Expert*innen auf negative Auswirkungen bioökonomischer Aktivitäten auf Biodiversität und Ökosystemgesundheit hin, darunter den Verlust natürlicher Lebensräume, Habitatfragmentierung und Verschmutzung. Dies wurde immer wieder als ein Bereich genannt, in dem Monitoring und Indikatoren noch unzureichend sind.
- ▶ **Biomassepotenzial** – Die Bedeutung eines nachhaltigen Biomassepotenzials für verschiedene Biomassearten wurde von den Fachleuten oft hervorgehoben, um zu ermitteln, inwieweit die Potenziale in verschiedenen geografischen Regionen bereits ausgeschöpft oder überschritten sind. Die Expert*innen wiesen darauf hin, dass dieses Thema für die Entwicklung von Bioökonomiestrategien besser überwacht werden sollte, um Entscheidungen über den Ausbau der Bioökonomie zu leiten.
- ▶ **Räumliche Auflösung** – Zudem wurde von den Expert*innen betont, dass die Auswirkungen der Bioökonomie lokal variieren können, was eine detaillierte Erfassung dieser Auswirkungen erforderlich macht. Diese Frage bezieht sich auf die beiden zuvor genannten Punkte – biologische Vielfalt und Biomassepotenzial – und stellt eine Verbindung zu spezifischen Landnutzungen in spezifischen Ökosystem- und Bioproduktivitätskontexten her. Indikatoren, die nicht ortsspezifisch sind, wie z. B. Indizes, die die Nutzungsintensität überwachen, können problematisch sein, wenn sie nicht berücksichtigen, dass die Fähigkeit der natürlichen Umwelt gewisse Nutzungsintensitäten zu bewältigen, je nach Standort oder Ökosystemtyp erheblich variieren kann.
- ▶ **Landnutzung, direkte und indirekte Landnutzungsänderung** – Sie machten auch darauf aufmerksam, dass bioökonomische Aktivitäten, insbesondere deren Ausweitung, zu einer Intensivierung der Landnutzung sowie direkten und indirekten Landnutzungsänderungen führen können. Insbesondere die indirekten Landnutzungsänderungen sind schwer in einer Weise zu überwachen, die es ermöglicht, Veränderungen in der Bioökonomie zu ermitteln. Expert*innen erklärten, dass die Ausweitung der Bioökonomie ein wesentlicher Treiber für problematische Landnutzungsänderungen sein kann, wenn sie nicht mit der nötigen Sorgfalt betrieben wird.
- ▶ **Auswirkungen in Exportländern** – Expert*innen betonten häufig, dass die Umweltauswirkungen von Bioökonomie-Aktivitäten in Deutschland und Europa oft in den Ländern auftreten, die Biomasse nach Europa exportieren. Um ein genaues Bild der Umweltauswirkungen des Imports von biobasierten Materialien nach Deutschland zu erhalten, müssen die damit verbundenen lokalen Auswirkungen in diesen Ländern überwacht werden, um für eine nachhaltige Bioökonomie sorgen zu können. Soziale Fragen im Zusammenhang mit der Landnutzung in den Exportländern, wie z. B. Landrechte, wurden ebenfalls als wichtig erachtet.

- ▶ **Auswirkungen in Bezug auf die planetaren Grenzen** – Sie hoben hervor, dass Fragen der Bioökonomie eng mit planetaren Herausforderungen wie Biodiversität und Klimawandel verknüpft sind. Einige Expert*innen erwähnten auch das Konzept der planetaren Grenzen und hielten es für einen relevanten Kontext zum Monitoring der Umweltauswirkungen der Bioökonomie.
- ▶ **Bioenergie aus Nicht-Abfall-Biomasse** – Darüber hinaus äußerten sich mehrere Expert*innen besorgt über die Umweltauswirkungen einer verstärkten Biomasseproduktion für die Bioenergieerzeugung. Mehrere Expert*innen wiesen darauf hin, dass für die Bioenergieerzeugung im Rahmen des Kaskadenprinzips ausschließlich Abfälle verwendet werden sollten, die tatsächlich anfallen und keine alternative Verwendungsmöglichkeit haben, anstatt Materialien fälschlicherweise als Abfall zu deklarieren.

Zusätzliche relevante Themen

Die folgenden Themen wurden von den Expert*innen mehrfach hervorgehoben:

- ▶ **Wasserverfügbarkeit im Vergleich zu verfügbarem Wasser** – Wasserstress und die Notwendigkeit zu überwachen, wie die Nutzung von Wasser zur Erzeugung von Biomasse mit dem verfügbaren Wasser in verschiedenen Regionen zusammenhängt. Dies wurde auch im Zusammenhang mit der Klimaanpassung an veränderte Niederschlagsmuster und häufigere oder intensivere Dürreperioden aufgrund des Klimawandels erwähnt.
- ▶ **Luftverschmutzung** – Luftverschmutzung durch die Landwirtschaft sowie durch die Verbrennung von Biomasse.
- ▶ **Bodenqualität** – Auswirkungen auf Bodenqualität, Bodengesundheit und Bodenerosion.
- ▶ **Invasive Arten** – Zunahme invasiver Arten durch vermehrte Biomasseimporte.

Häufig hervorgehobene Prinzipien

Prinzipien, die von den Experten häufig hervorgehoben wurden:

- ▶ **Wälder sind multifunktional** – Wälder sind nicht nur Quellen von Biomasse. Sie spielen außerdem eine wichtige Rolle als Kohlenstoffsenke, als Schutz der biologischen Vielfalt und als Ort für Erholungsaktivitäten.
- ▶ **Reversibilität und Irreversibilität** – einige Themen im Zusammenhang mit der Bioökonomie bergen das Risiko der Irreversibilität, was für den vorsorgenden Umweltschutz von Bedeutung ist.
- ▶ **Food first** – bei der Abwägung konkurrierender Nutzungen für bioproduktive Flächen sollte der Grundsatz „Food first“ beachtet werden, um Ernährungssicherheit und Bezahlbarkeit von Lebensmitteln zu gewährleisten.
- ▶ **Biologische Vielfalt höher priorisieren** – der biologischen Vielfalt sollte ein höherer Stellenwert eingeräumt werden, als dies derzeit der Fall ist.

Zusätzliche relevante Prinzipien

Die folgenden Prinzipien wurden nur selten hervorgehoben, sind aber für die Frage des vorsorgenden Umweltschutzes durchaus relevant:

- ▶ **Kohlenstoffneutralität von Bioenergie in Frage gestellt** – Die Null-Kohlenstoff-Bewertung von Bioenergie wurde aufgrund direkter und indirekter Landnutzungsänderungen sowie der Unsicherheit und Verzögerung bei der Rückgewinnung von CO₂, dass durch die energetische Nutzung von Biomasse in die Atmosphäre gelangt, als problematisch genannt.
- ▶ **Wirtschaftlicher Vorteil von Monokulturen** – Die Effizienz von Bioraffinerien und anderen bioökonomischen Anwendungen steigt mit einheitlichen Rohstoffen, was zu Monokulturen führt.
- ▶ **Nutzung von Datenlücken als Verzögerungsstrategie** – Es gibt die Gefahr, dass das Warten auf Umweltdaten zu Verzögerungsstrategien führt, um Umweltschutzaspekte zu ignorieren
- ▶ **Einbeziehung nicht-verbrauchsrelevanter Aktivitäten in die Bioökonomie** – sollten auch nicht-verbrauchsrelevante Aktivitäten, wie z. B. die Erholung im Freien, als Teil der Bioökonomie betrachtet werden?

Analytische Ansätze

Die folgenden analytischen Ansätze wurden von mehreren Experten häufig hervorgehoben:

- ▶ **Multiregionale Input-Output-Modelle** – Multiregionale Input-Output-Modelle, die den monetären Wert gehandelter Materialien in Stoffströme umwandeln, spielen eine wichtige Rolle für das Verständnis der globalen Auswirkungen bioökonomischer Konsum- und Produktionsaktivitäten.
- ▶ **Ökobilanzen sind nützlich, aber oft begrenzt** – Ökobilanzen (Life Cycle Assessments – LCAs) sind hilfreich, um inkrementelle Veränderungen zu verstehen, aber sie sind komplex. Sie neigen dazu, bei tiefgreifenden Veränderungen zusammenzubrechen (z. B. wird selten ein nicht-bioökonomischer Inhaltsstoff durch ein bioökonomisches Äquivalent ersetzt; in der Regel sind Änderungen im Produktdesign und in der Lieferkette erforderlich).
- ▶ **Status, Trends und Ziele** – ein Monitoringsystem sollte Indikatoren in einem Framework verwenden, das Status, Trends und Ziele überwacht.
- ▶ **Verwendung des DPSIR-Frameworks** – das DPSIR-Framework (Driver, Pressure, State, Impact, Response) wurde als nützlich erkannt, um sicherzustellen, dass das Monitoring wichtige Aspekte der Bioökonomie und ihrer Auswirkungen gut abdeckt.

Innovative Politikideen, die genannt wurden:

- ▶ **Förderung der richtigen Nutzungsintensität** – Regierungen könnten landwirtschaftliche Unterstützungszahlungen so gestalten, dass sie eine für die biologische Vielfalt und die Ökosysteme vorteilhafte Nutzungsintensität an Standorten fördern, an denen die Ökosysteme und die biologische Vielfalt von einer schonenden Nutzung profitieren (im Gegensatz zu einer intensiven Nutzung oder einem Verzicht auf die Nutzung).

- **Leistungsstandards für Nachhaltigkeit** – Die Politik könnte bioökonomische Aktivitäten identifizieren, die positiv zur Nachhaltigkeit beitragen und dafür Schwellenwerte festlegen. Dies könnte die Einführung von qualitativen und quantitativen Leistungsstandards gemäß dem EU-Taxonomie-Ansatz beinhalten.

Seltener erwähnt:

- Fischerei und Aquakultur – Fischerei und Aquakultur wurden von den Befragten nur selten erwähnt und es wurden nur wenige Standpunkte zu diesen Themen genannt.² Die bestehenden Monitoring-Lücken bei der Fischerei und der Aquakultur ist möglicherweise teilweise auf die Dringlichkeit zurückzuführen, mit der die Experten die landbasierte Bioökonomie betrachten.

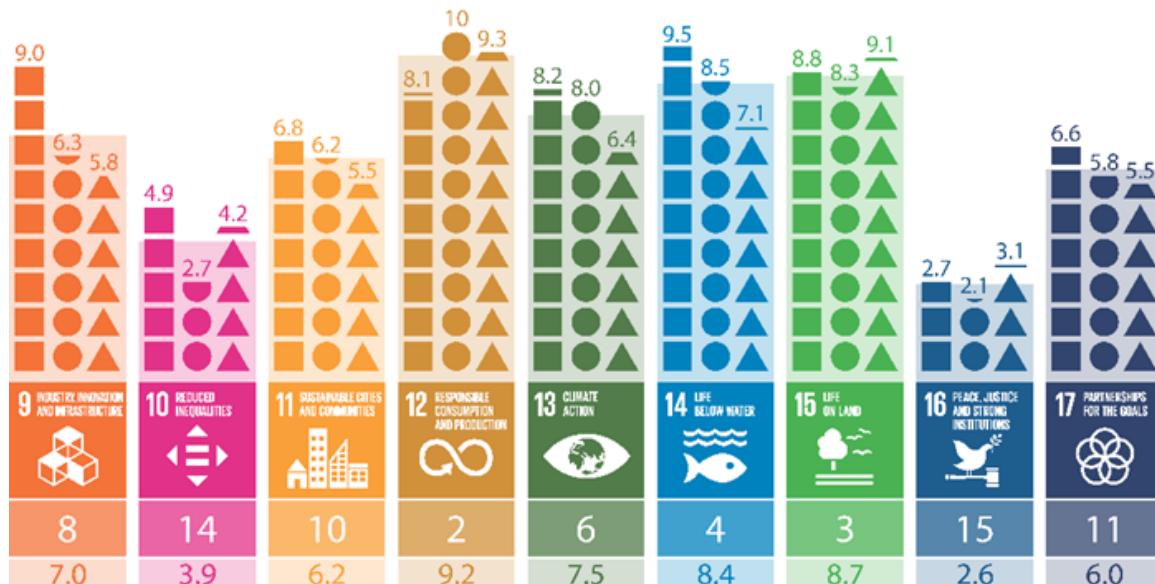
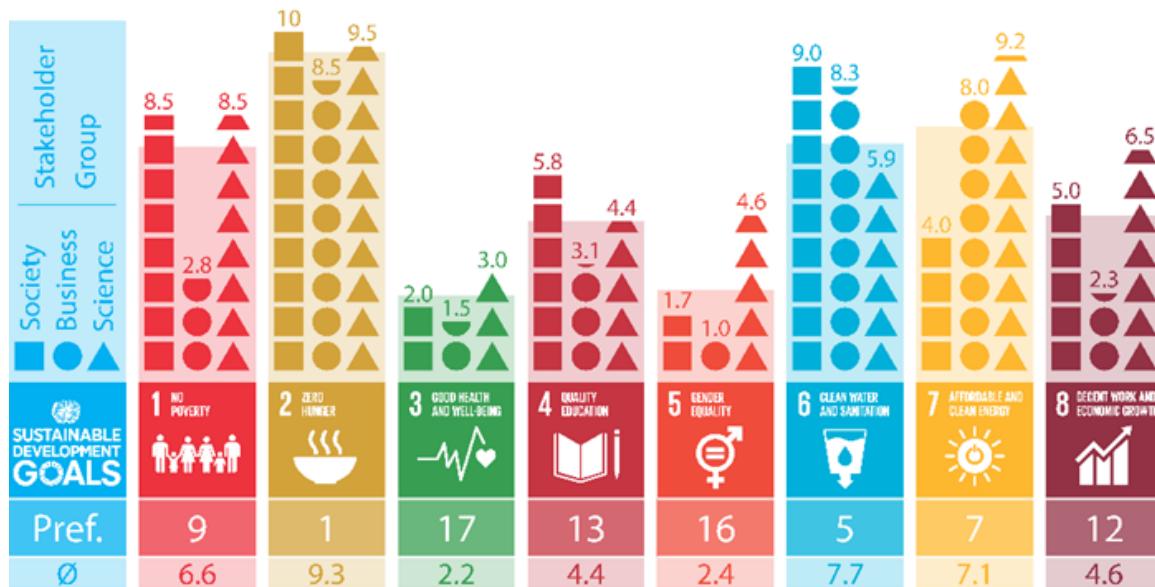
4.2.2 Ergebnisse bisheriger Stakeholder*innenpartizipation am Bioökonomie-Monitoring

Als Nachfolgeprojekt des Systemischen Modellierung und Monitoring der deutschen Bioökonomie (SYMOBIO 1.0) wird SYMOBIO 2.0 mit dem Ziel verfolgt dazu beizutragen, die Bioökonomie an den SDGs mit besonderem Augenmerk auf Ernährungssicherheit, einer klimaneutralen Produktion und dem Erhalt der Biodiversität auszurichten. Im Rahmen des Projekts wurde und wird die Grundlage für ein regelmäßiges Monitoring des deutschen Bioökonomie als ein umfassender Überblick zu wichtigen Aspekten, einschließlich der Haupttreiber und relevanten Veränderungsprozesse erstellt (SYMOBIO 2018).

In verschiedenen Formen bezog SYMOBIO 1.0 Stakeholder*innen ein, um ihre Erwartungen an ein Bioökonomie-Monitorings zu berücksichtigen und die Resonanz des ersten Pilotberichts zu bewerten (Zeug et al. 2019) (Zeug et al. 2021). Die Ergebnisse aus anderen Projekten und Diskussionen haben gezeigt, dass neben technischen und wirtschaftlichen Faktoren vor allem gesellschaftliche Faktoren, Interessen, Wahrnehmungen, Mentalitäten, Narrative und Ideologien – über die bloße „Akzeptanz“ hinaus – die weitere Entwicklung von Bioökonomie bestimmen werden (Eversberg und Fritz 2022; Eversberg 2021; Eversberg und Holz 2020; Hausknost et al. 2017; Zeug et al. 2023b). In Workshops mit deutschen Stakeholder*innen zeigten die Stakeholder*innen aus Wissenschaft und Gesellschaft universellere Interessen als Stakeholder*innen aus der Wirtschaft, die Partikularinteressen folgen, wenn es um die Relevanz verschiedener SDGs für das Bioökonomie-Monitoring geht (siehe Abbildung 1) (Zeug et al. 2019). Sich verändernder Diskurse und Narrative in politischen Prozessen und den öffentlichen Debatten sowie ein wachsendes Bewusstsein für globale Veränderungen und große gesellschaftliche Herausforderungen waren zu beobachten, z. B. Hunger, Armut und Ungleichheit. Die Stakeholder*innen betonten, dass ökologische, ökonomische und soziale Risiken und Chancen miteinander verknüpft und mehr oder weniger gleich wichtig seien. Gesellschaftlich unterschiedliche Wahrnehmungen sind nicht nur entscheidend für die Gestaltung von Monitoring, sondern auch für die Interpretationen und Schlussfolgerungen, die aus dem Monitoring gezogen werden.

² Einige Ideen für relevante Indikatoren im Zusammenhang mit dem Umweltschutz in der Meeresumwelt wurden in einem vom Ecologic Institut geleiteten Projekt mit dem Titel "Indikatoren einer integrierten deutschen Meerespolitik" ermittelt, siehe <https://www.ecologic.eu/de/18004> und <https://www.ecologic.eu/de/18884>. Im Bereich der Meeresökologie wurden folgende Indikatoren ermittelt: Hydrographische Bedingungen, marine Biodiversität, nicht-einheimische Arten, Eutrophierung, Schadstoffe in der Meeresumwelt, kommerzielle Fisch- und Muschelbestände, Meeresmüll und Schutzgebiete.

Abbildung 1: Analyse der Perspektiven deutscher Stakeholder*innengruppen auf SDGs in Bezug auf die Bioökonomie, Relevanz der SDGs basierend auf der Relevanz entsprechender Unterziele, die von Stakeholder*innengruppen angegeben wurden, aus



Quelle: wiedergegeben aus Zeug et al. (2019)

Das etablierte Monitoringsystem aus SYMOBIO 1.0 wurde anschließend Stakeholder*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft vor- und zur Diskussion gestellt. Im Januar 2020 diente ein weiterer Stakeholder*innen-Workshop dazu, den konzeptionellen Rahmen des BÖM und seiner Indikatoren weiterzuentwickeln, zu untermauern bzw. zu hinterfragen (Abbildung 2). Ziel des Workshops war es, Bioökonomie-Akteur*innen in Deutschland eine Beteiligung an der Weiterentwicklung und Gestaltung des Bioökonomie-Monitorings der Bundesregierung zu ermöglichen. Die Mehrheit der Stakeholder*innen sprach sich dafür aus, dass das Bioökonomie-Monitoring vor allem in Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und im öffentlichen Diskurs eingesetzt wird. Das Monitoring dient als Grundlage für die Diskussion von Zielkonflikten und

Umweltproblemen. Innerhalb der Politik soll das Monitoring in erster Linie die Funktion der Evaluierung der nationalen Bioökonomiestrategie und ihrer Umsetzung erfüllen. Darüber hinaus kann das Monitoring für Vergleiche auf europäischer und internationaler Ebene genutzt werden. Innerhalb der Wissenschaft kann Monitoring dabei helfen Trends zu erfassen und Szenarien zu erstellen. Allerdings kann die Entwicklung der Bioökonomie nur mit einem informierten öffentlichen Diskurs und einem gesellschaftlichen Wandel zu mehr Nachhaltigkeit führen. In allen Workshop-Teilen wiesen die Teilnehmer*innen darauf hin, dass das Bioökonomie-Monitoring ganzheitlich ausgerichtet sein muss, indem systematische Zusammenhänge beleuchtet werden, anstatt sich auf bestimmte Sektoren zu konzentrieren sowie die generellen Grenzen der Bioökonomie aufzuzeigen. An mehreren Stellen wurde der Wunsch nach zugänglichen und transparenten Daten sowie die Notwendigkeit vergleichbarer und harmonisierter Indikatoren betont. Nach Ansicht der beteiligten Stakeholder*innen soll das Bioökonomie-Monitoring kontinuierlich erfolgen und zur Entwicklung möglicher Zukunftsbilder der Bioökonomie beitragen.

Abbildung 2: Geclusterte Feedbacks zu SYMOBIO aus dem Stakeholder-Workshop 2020

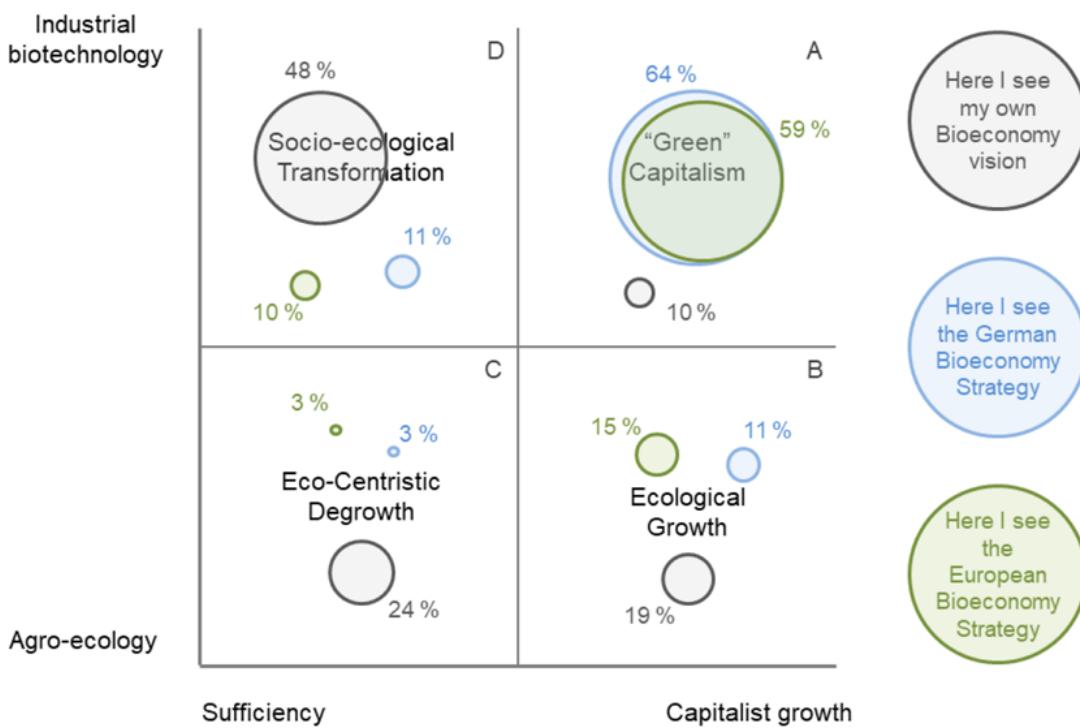


Quelle: wiedergegeben aus Zeug et al. (2021)

Als die ersten Ergebnisse von SYMOBIO in einem Pilotbericht veröffentlicht wurden, bewerteten die Stakeholder*innen im Rahmen einer Umfrage den Bericht und die Ergebnisse im Allgemeinen als akzeptabel (3,2/5,0), die sozialen Auswirkungen waren jedoch unterrepräsentiert (2,4/5,0) und die sozioökonomische Sichtweise zu eingeengt, z. B. fehlten

Arbeitsbedingungen, Ungleichheiten, nachhaltiger Konsum & Produktion (Zeug et al. 2021). Um die Wahrnehmungen der Stakeholder*innen zur Bioökonomie und die entsprechenden Narrative und Visionen zu erfassen und abzubilden, wurde der weithin bekannten technopolitische Optionsraum der Bioökonomie angewendet (Hausknost et al. 2017). Die Befragten stellten in vier Quadranten ihre eigene Vision einer wünschenswerten Bioökonomie dar und wo sie die deutsche und europäische Bioökonomiestrategie verorten. Die meisten Stakeholder*innen sahen die Notwendigkeit, dass Bioökonomie Teil einer „sozial-ökologischen Transformation“ sein sollte, die über das „Business-as-usual“ hinausgeht (vgl. Eversberg und Holz 2020), globale Verantwortung übernimmt und ein gutes Leben für alle innerhalb der planetaren Grenzen ermöglicht, gefolgt von einer ökozentrierten Vision von Degrowth (Abbildung 3). Im Gegensatz dazu werden die deutschen und europäischen Bioökonomie-Strategien meist als Formen eines „grünen Kapitalismus“ gesehen. Ein „A grüner Kapitalismus“³ und „D Sozial-ökologische Transformation“⁴ sind die beiden Hauptnarrative die für zukünftige mögliche Entwicklungen der Bioökonomie relevant sind. Nach Angaben verschiedener Stakeholder*innengruppen fiel auf, dass die Stakeholder*innengruppe „Wirtschaft“ stärker zum „Grünen Kapitalismus“ tendierte als alle anderen Gruppen, wohingegen die Präferenzen der „NGOs“ über alle Quadranten hinweg ausgeglichen sind. Darüber hinaus tendierten „Wissenschaft“, „Regierung“ und Bürger*innen überwiegend zu einer sozial-ökologischen Transformation.

Abbildung 3: Anteile der Antworten auf die Fragen „Wo sehen Sie Ihre eigene Bioökonomie-Vision?“, „Wo sehen Sie die deutsche Bioökonomie-Strategie?“, „Wo sehen Sie die europäische Bioökonomie-Strategie?“



Quelle: wiedergegeben aus Zeug et al. (2021)

³ technologiegetriebener Übergang zu einer (globalen) Bioökonomie und die Fortsetzung des kapitalistischen Wachstums als kontinuierliche Expansion und Akkumulation von (Natur-)Kapital, Business as Usual

⁴ Industrielle Biotechnologie und Suffizienz durch koordiniertes staatliches Handeln, umfassender sozioökonomischer Wandel hin zu einer Suffizienzperspektive, die die menschlichen Bedürfnisse innerhalb der planetaren Grenzen unter Verwendung fortschrittlicher und großtechnischer Industrietechnologien befriedigt

4.2.3 Vergleich EU Bioökonomie-Monitoring System und SYMOBIO 1.0

Das im November 2020 gestartete EU Bioeconomy Monitoring System (EU-BMS) ist eine von der Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission verwaltete Initiative, die es der EU und ihren Mitgliedstaaten ermöglicht, Trends in der Bioökonomie mithilfe von Indikatoren aktiv zu überwachen (Europäische Kommission 2023c). Das EU-BMS bietet einen natürlichen Kontext für das Verständnis und den Vergleich des von der deutschen Regierung entwickelten Monitoringansatzes. Das EU-BMS umfasst Online-Dashboards mit Zeitreihendaten für Deutschland und andere Mitgliedstaaten für mehrere der EU-BMS-Indikatoren. Der vollständige Datensatz ist öffentlich zugänglich und kann heruntergeladen werden.

In den folgenden Bemerkungen werden besondere Stärken des EU-BMS herausgestellt, die bewährte Verfahren bieten und in die deutschen Monitoringbemühungen einbezogen werden könnten:

- ▶ **Umfassende Taxonomie** – Das EU-BMS ist innerhalb eines konzeptionellen Rahmens organisiert, der eine umfassende Taxonomie von Zielen, normativen Kriterien und Schlüsselkomponenten bietet, unter denen die Indikatoren gruppiert sind. Box 3 enthält eine Beschreibung des konzeptionellen Rahmens der EU-BMS. In Box 4 werden die Hauptziele (Ebene 1), normativen Kriterien (Ebene 2) und Schlüsselkomponenten (Ebene 3) der EU-BMS aufgeführt, für die es Indikatoren gibt, die für den vorsorgenden Umweltschutz am wichtigsten sind.
- ▶ **Verschiedene Arten von Indikatoren** – Die EU-BMS verwendet verschiedene Arten von Indikatoren, darunter:
 - **Basisindikatoren** – diese Indikatoren überwachen spezifische Facetten der Bioökonomie, sind aber untereinander nicht harmonisiert.
 - **Bearbeitete Indikatoren** – diese Indikatoren sind das Ergebnis einer Harmonisierung, Berechnung und Interpretation.
 - **Indikatoren auf Systemebene** – diese Indikatoren erfordern mehr Fachwissen bei ihrer Erstellung und können komplexere Themen der Bioökonomie abdecken
 - **Zusammengesetzte Indikatoren** – diese Indikatoren sind das Ergebnis der Zusammenstellung mehrerer Indikatoren auf der Grundlage eines zugrundeliegenden Modells mit der Fähigkeit, mehrdimensionale Konzepte zu berücksichtigen.

Darüber hinaus werden einige Indikatoren als Leitindikatoren ausgewählt, d. h. als eine Teilmenge von Indikatoren, die alle Aspekte der EU-Bioökonomie abbilden sollen (für eine vollständige Beschreibung dieser Indikatortypen siehe Kilsedár et al. 2023, S. 33). Durch die Verwendung mehrerer Typen kann das EU-BMS Monitoring-Lücken vermeiden, die sich aus einem engeren Ansatz ergeben würden.

Im Projekt SYMOBIO 1.0 unterscheiden Egenolf und Bringezu (2019) zwischen Leitindikatoren (headline indicators)- und spezifischen Indikatoren. Sie charakterisieren Leitindikatoren als solche, die wesentliche Aspekte eines Systems durch hoch aggregierte Informationen erfassen und Ursache-Wirkungs-Beziehungen deutlich machen. Leitindikatoren lassen sich mit normativen Referenzwerten kombinieren, um Entscheidungsträgern bei der Formulierung und Bewertung von Themen zu assistieren. Die SYMOBIO Fußabdruck-Indikatoren gelten als Leitindikatoren. Spezifische Indikatoren hingegen messen bestimmte Merkmale eines Systems und ergänzen sowie vertiefen die

durch die Leitindikatoren bereitgestellten Informationen. Weiterhin erörtern die Autoren das DPSIR-Konzept und dessen Anwendung auf das Monitoring der Bioökonomie.

- ▶ **Einbeziehung von Schlüsselkomponenten ohne veröffentlichte Indikatoren** – Das EU-BMS identifiziert Schlüsselkomponenten, für die es noch keine veröffentlichten Indikatoren gibt. Durch diesen Ansatz bewahrt die EU-BMS die Integrität ihres konzeptionellen Rahmens und einen laufenden Überblick über die noch zu schließenden Monitoring-Lücken.
- ▶ **Beibehaltung eines Überblicks über „alle Indikatoren“** – Die JRC stellt der Öffentlichkeit einen jährlichen Bericht über die Entwicklung des EU-BMS zur Verfügung, der einen Überblick über alle Indikatoren und ihren Entwicklungsstand enthält (Kilsedár et al. 2023). Die Statuskategorien für alle Indikatoren in der jährlichen Aktualisierung des EU-BMS 2023 lauten wie folgt: „veröffentlicht“, „Daten verfügbar“, „Datenlücke“, „in Entwicklung“, „löschen“ und „unbekannt“. Ab 2023 hat die JRC einige Indikatoren zur Streichung aus dem System vorgesehen, die sich auf den vorsorgenden Umweltschutz beziehen (siehe Kilsedár et. al 2023, S. 35 ff.). Laut Kilsedár (2023) beziehen sich 10 der 13 Indikatoren, die im Jahr 2024 gestrichen werden sollen, auf das Umweltmonitoring. Diese 10 Indikatoren sind im Vergleich des EU-BMS mit SYMOBIO 1.0 unten aufgeführt.
- ▶ **Bezug zu mehreren politischen Rahmenwerken** – Zusätzlich zu seiner Rolle als Monitoring-Rahmenwerk für die EU-Bioökonomie-Strategie bezieht das EU-BMS Indikatoren auf die UN-SDGs sowie die Prioritäten des europäischen Green Deals, wobei ein Indikator möglicherweise mehrere SDGs und Green Deal-Prioritäten betrifft. Die interaktive Website ermöglicht es Nutzer*innen, die sich für diese politischen Rahmenwerke interessieren, zu sehen, wie sie mit der Bioökonomie zusammenhängen.
- ▶ **Koordination mit anderen Monitoring-Rahmenwerken** – das EU-BMS hat das ausdrückliche Ziel, sich mit den Bioökonomie-Monitoring-Rahmenwerken der EU-Mitgliedstaaten sowie internationaler Organisationen wie der FAO und der OECD zu koordinieren (Kilsedár et al. 2023, S. 7)

Box 3: EU-BMS: Indikatorabdeckung im konzeptionellen Rahmen

EU-BMS: Indicator coverage within the conceptual framework

“The indicators in the BMS were selected according to whether they could tell us something meaningful about the blueprint we have set out to achieve a sustainable bioeconomy. This blueprint is the conceptual framework of the whole system. The main bounding box is the five EU Bioeconomy Strategy objectives. Each of these objectives is broken down into guiding principles, which we call normative criteria to describe a direction of what we should achieve with a sustainable and circular bioeconomy. The normative criteria are further broken down into key components. This is a manageable categorisation that gives more detail to the broader aspirational normative criteria. With this structure, the indicators are directly relevant to the whole system.

“The drawback of such an approach is that there may be no indicator available for a given key component we wish to measure. These are gaps in the system that the JRC is responsible for filling.

“... In some cases, there are no indicators published yet for a given key component. These key components are highlighted in grey in the last two columns. In other cases, there are no indicators

published yet for all key components within a normative criterion. This is the case where the last four columns are highlighted in grey and occur in two of the five objectives. Key components in bold red show gaps filled in 2022.”

Quelle: wiedergegeben aus Kilsedár et al. (2023, S. 17)

Box 4: Teile der EU-BMS Taxonomie am relevantesten für vorsorgenden Umweltschutz

Portions of the EU-BMS taxonomy most relevant for precautionary environmental protection

1 Ensuring Food and Nutrition Security

1.2 Local economies, societies and environmental conditions of countries exporting food to the EU are not hampered but rather harnessed by the trade of raw and processed biomass and related technologies

1.2.b Environmental footprints in exporting countries of food (to EU)

2 Managing Natural Resources Sustainably

2.1 Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced

2.1.a Environmental quality

2.1.b Structural and functional ecosystem attributes

2.1.d Species diversity and abundance

2.1.e Conservation status of habitats and species

2.2 Primary production sectors are managed sustainably

2.2.a Pressures from forest management

2.2.b Pressures from marine fisheries & aquaculture management

2.2.d Pressures from agroecosystems

2.3 Ecosystem services contribution to human well-being is maintained or enhanced

2.3.a Provisioning services

3 Reducing dependence on non-renewable unsustainable resources, whether sourced domestically or from abroad

3.1 Resource efficiency, waste prevention and waste-re-use along the whole bioeconomy value chain is improved

3.1.b Energy efficiency

3.1.c Biogenic waste prevention, re-use/recycling, and recovery

3.2 Food loss and waste is 71ft he71d71 and, when unavoidable, its biomass is reused or recycled

3.2.a Food loss and waste minimization

3.4 Consumption patterns of bioeconomy goods match sustainable supply levels of biomass

3.4.a Consumption and demand for biomass and bio-based products

3.4.c Reduced dependence on non-renewable resources

3.5 Local economies of countries exporting non-food commodities to the EU are not hampered but rather harnessed by the trade of raw and processed biomass and related technologies

4 Mitigating and adapting to climate change

4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued

4.1.a Climate change mitigation

5 Strengthening European competitiveness and creating jobs

5.1 Economic development is fostered

5.2 Inclusive economic growth is strengthened

5.6 Demand and supply-side market mechanisms and policy coherence between supply and demand of food and non-food goods are enhanced

Die Ergebnisse eines Vergleichs zwischen dem EU-BMS (Stand Dezember 2022) laut Kilsedar et al. (2023) und dem SYMOBIO 1.0 Pilotbericht bezüglich der Indikatoren für den vorsorgenden Umweltschutz sind auf den folgenden Seiten dargestellt. Der Vergleich zeigt Monitoring-Lücken in jedem System auf. In den Fällen, in denen ein System Monitoring-lücken aufweist und das andere nicht, ist der Ansatz und die Indikatoren des letzteren Systems als ein System zu betrachten, das potenziell in der Lage ist, die Lücken des ersten zu schließen. Der erste Blick zeigt beispielsweise Indikatoren, für die im EU-BMS Daten fehlen, die aber durch die verschiedenen Fußabdruck-Indikatoren des deutschen Monitoringsystems abgedeckt sind.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Vergleichbarkeit mit dem EU-BMS wurde für die EU-BMS-Indikatoren keine Übersetzung aus dem Englischen ins Deutsche vorgenommen. Die SYMOBIO 1.0-Indikatoren verwenden die englischen Begriffe, die in der englischsprachigen Version des Pilotberichts (Bringezu et al. 2021) verwendet werden.

Die Auflistung der EU-BMS-Indikatoren enthält beschreibende Informationen in einem kommagetrennten Format, das für den Import in ein Datentabellenformat (z. B. Excel) geeignet ist.

EU-BMS indicators with no data available that are included in the SYMOBIO 1.0 Pilotbericht

EU: **gap (no data)**

DE: **no gap (+data)**

Agricultural land footprint

1.2.b.1, Environmental footprints in exporting countries of food (to EU), hectares, data gap

3.1.a.3, Land footprint in EU of EU consumption (for non-food&feed), [no units identified], developing

3.5.b.1, Environmental footprints in exporting countries of non-food (to EU), [no units identified], data gap

Climate footprint

4.1.a.1, net GHG emissions (emissions and removals) from bioenergy (absolute and relative vs. total sector emissions), tCO₂e and %, data gap

4.1.a.2, net GHG emissions (emissions and removals) from BBI (absolute and relative vs. total industrial emissions), tCO₂e and %, data gap

4.1.a.4, net GHG emissions (emissions and removals) from bio-waste (absolute and relative vs. total waste emissions), tCO₂e and %, data gap

4.1.a.5, GHG emissions from fishing and aquaculture, 1000 tCO₂e, data gap

EU-BMS indicators with data published that are also included in the SYMOBIO 1.0 Pilotbericht

EU: **no gap (+data)**

DE: **no gap (+data)**

Material footprint

3.1.a.1, Domestic Material Consumption (Biomass), 1000 tonnes, published

3.1.a.2, Material Footprint (Biomass), tonne / capita, published

Forest biomass footprint

2.1.b.9, Forest and other wooded land growing stock, 1000 m³, published

2.2.a.1, Long term ratio of annual fellings (m³/ha/year) to net annual increment (m³/ha/year), percent, published

2.3.a.1, Biomass production in EU from primary production sectors (agriculture, forests, fisheries, algae, waste), sector-specific units, published

2.3.a.2, Roundwood removals, m³ o. b., published

Climate footprint

4.1.a.3, net GHG emissions (emissions and removals) from agriculture, tCO₂e, published

4.1.a.6, net GHG emissions (emissions and removals) from LULUCF, 1000 tCO₂e, published

Water footprint

4.1.b.3, Water exploitation index (WEI), %, published

Other

2.1.b.4, Share of organic farming in 74ft he74d agricultural area, percent of UAA, published

3.1.c.1, Cascading factor of wood resources, factor, published

3.4.a.2, Total biomass consumed for energy, 1000 tonnes dry matter, published

3.4.a.3, Total biomass consumed for materials, 1000 tonnes dry matter, published

3.4.a.4, Share of woody biomass used for energy, %, published

5.6.b.1, Share biomass used by primary sector, percent, published

EU-BMS indicators with data published that match to Egenolf and Bringezu (2019) but are not included in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht

EU: no gap (+data)

DE: gap (mentioned but not measured in SYMOBIO 1 Pilotbericht)

2.1.e.1, Surface of marine and terrestrial sites designated under Natura 2000, percent land area, published

3.1.c.4, Recycling rate of municipal waste, %, published, [note: potentials are addressed in SYMOBIO 1.0]

3.1.c.5, Biowaste generated by source, kT wet mass kT dry mass, published, [note: potentials are addressed in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht]

3.1.c.6, Biowaste recovered by source, kT wet mass (per waste source), published, [note: potentials are addressed in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht]

3.2.a.1, Food waste along supply chain – mass balance approach,Ktoe, published, [note: potentials are addressed in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht]

3.2.a.2, Food waste by food category – mass balance approach,Ktoe, published, [note: potentials are addressed in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht]

EU-BMS indicators with data published that do not have a match in Egenolf and Bringezu (2019) and are not included in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht

EU: **no gap (+data)**

DE: **gap (not mentioned in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht)**

2.1.a.2, Phosphate in rivers, mg PO₄/l, published

2.1.a.4, Nitrate in groundwater, mg NO₃/l, published

2.1.b.5, Livestock density index, unit per ha, published

2.1.d.1, Bird and butterfly indices EU aggregate (common farmland bird Index, common forest bird index, grassland butterfly index), index rel to 1990 or 2000, published

2.2.d.5, Intensification of farming (share of high, medium and low input farms in UAA), percent, published

3.1.b.1, Energy productivity, eur / kgcoe, published

3.1.c.2, Circular material rate, %, published

4.1.b.2, Crop yield (3 main crops), tonne/ha, published

EU-BMS indicators with no data published that do match Egenolf and Bringezu (2019) but are not included in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht

EU: **gap (no data)**

DE: **gap (not in SYMOBIO 1)**

Grouped by monitoring issue identified in Egenolf and Bringezu (2019)

Agricultural land footprint

2.2.d.2, Land use / land cover type taken over by agricultural land, hectares, data available

2.2.d.3, Change in ecosystems extent: cropland & grassland, hectares, data available

Amount of waste

3.1.c.3, Final energy consumption from renewable municipal waste, Thousand tonnes of oil equivalent, data available

Certification

2.2.a.6, Certified forests, [no unit provided], data gap

5.6.a.2, Number of labelled or certified bio-based products, number, data gap

Degraded area

2.1.b.7, Deadwood, m³ per ha, data gap

4.1.b.5, Soil erosion / desertification, Tg C/y, data gap

Loss of area

2.1.b.2, Landscape fragmentation index, index, data gap

2.1.b.6, Forest fragmentation and connectivity index, percent, data gap

2.2.a.3, Change in ecosystems extent: Forest and woodland, hectares, data available

2.2.a.4, Land use / land cover type taken over by forest, hectares, data available

Ratio of land use categories to total land area

2.1.b.3, Share of high nature value farmland in agricultural area, percent of UAA, data available

2.1.b.8, Share of forest area, percent tot land area, data available

Total raw material productivity

5.1.a.1, Contribution of the bioeconomy to GDP, %, unknown

5.1.a.4, Economic productivity (GVA/unit of biomass), GVA / unit biomass / sector, data gap

EU-BMS indicators with no data available, no match to Egenolf and Bringezu (2019) and are not in SYMOBIO 1.0 Pilotbericht

EU: **gap (no data)**

DE: **gap**

2.1.a.1, Biochemical oxygen demand in rivers, mg O₂ per litre, published

2.2.b.2, Fishing mortality of commercially exploited fish and shellfish exceeding fishing mortality at maximum sustainable yield, F/FMSY, published

2.3.b.2, Air quality,[no units identified], data available

EU-BMS indicators that were scheduled for deletion from EU-BMS:

2.1.a.3, Phosphorus in lakes; mg P/l, delete

2.1.a.5, Nitrate in rivers; mg NO₃-N/l, delete

2.1.a.6, Nutrients in transitional, coastal and marine waters; µmol/l, delete

2.1.b.10, Ecological status of European waters; categorical, delete

2.1.e.4, Threatened tree species in forests, delete

2.2.a.3, Change in ecosystems extent: Forest and woodland, delete

2.2.a.4, Land use / land cover type taken over by forest, delete

4.1.b.6, Soil organic carbon content; percent, delete

4.1.b.10, Adaptation in forest, # fire instances; #, delete

4.1.b.11, Adaptation in forest, Burnt area; #, delete

4.3 Potenzielle Indikatoren

Auf Grundlage der beschriebenen Lückenanalyse identifizierte das Projektteam 18 Ansätze und Indikatoren für eine Screening-Analyse anhand der RACER-Kriterien. Abbildung 4 zeigt die ausgewählten Ansätze und Indikatoren im Rahmen der EU-BMS-Taxonomie. Die Namen der Ansätze und Indikatoren sind in der Abbildung in Englisch angegeben. Fett gedruckte Elemente sind Monitoringansätze, dunkel schattierte Elemente stammen aus dem EU-BMS, hell schattierte Elemente sind Indikatoren, die nicht im EU-BMS enthalten sind. Kästchen zeigen an, wo mehrere Indikatoren für eine Screening-Bewertung gruppiert wurden. Ohne diese Gruppierungen besteht die vollständige Liste aus 27 einzelnen Punkten, die in die Screening-Analyse aufgenommen wurden.

Abbildung 4: Bioökonomie-Monitoring Ansätze und Indikatoren für die RACER-Screeninganalysen

2 Managing Natural Resources Sustainably

Irreversibility risk identifier (a label on issues where irreversibility is a factor)

Detailed spatial maps, showing land use types, intensities, and land use change

Planetary boundaries

2.1 Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced

2.1.a Environmental quality

Area of land (ha) restored from a degraded state (e.g. contaminated, salinized, eroded)

2.1.b Structural and functional ecosystem attributes

2.1.b.2,Landscape fragmentation index,index,data available (no DE data; Nov 2022)

2.1.b.6,Forest fragmentation and connectivity index,percent,data available (no DE data; Nov 2022)

2.1.b.8,Share of forest area,percent tot land area,data available (no DE data; Nov 2022)

2.1.d Species diversity and abundance

Biodiversity footprint (Symobio 2)

Biodiversity footprint (Chaudhry & Brooks 2018)

2.2 Primary production sectors are managed sustainably

Certification, taking into account landscape conditions

2.2.a Pressures from Forest Management

2.2.a.3,Change in ecosystems extent: Forest and woodland,hectares,data available (no DE data; Nov 2022)

2.2.a.4,Land use / land cover type taken over by forest,hectares,data available (no DE data; Nov 2022)

2.2.d Pressures from agroecosystems

2.2.d.2,Land use / land cover type taken over by agricultural land,hectares,data available (no DE data; Nov 2022)

2.2.d.3,Change in ecosystems extent: cropland & grassland,hectares,data available (no DE data; Nov 2022)

2.3 Ecosystem services contribution to human well-being is maintained or enhanced

2.3.b Regulating services

2.3.b.2,Air quality,[no units identified],no known data

2.3.c Cultural services

Legende

Taxonomie der EU Bioökonomie-Monitoring System

Ansatz

Indikator

EU BMS Indikator ohne Daten für Deutschland

In einer Analyse gruppiert

3 Reducing dependence on non-renewable unsustainable resources, whether sourced domestically or from abroad

LCA for substitution effects (esp. system change)

3.1 Resource efficiency, waste prevention and waste-re-use along the whole bioeconomy value chain is improved

3.1.a Resource efficiency (Material footprint)

3.1.a.3, Land footprint in EU of EU consumption (for non-food&feed), [no units identified], **no known data**
(*focus of analysis: connection to bases for decisionmaking (thresholds, targets, etc.)*)

3.1.c Biogenic waste prevention, re-use/recycling, and recovery

Waste and residues - Circularity factor (Anteil primärer und sekundärer Biomasse)

3.4 Consumption patterns of bioeconomy goods match sustainable supply levels of biomass

Sustainable potentials, Identification of biomass potentials in line with nature recovery and biodiversity

Sankey diagrams to visually communicate biomass flows coupled with biomass potentials

4 Mitigating and adapting to climate change

4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued

4.1.a Climate change mitigation

CO₂-Opportunity costs (Nature recovery opportunity costs)

% of biomass obtained from land with high carbon stock (e.g. peatland or wetland)

Carbon intensity as measured through Life cycle GHG emissions (gr eq. CO₂ / product unit)

4.1.a.1, net GHG emissions (emissions and removals) from bioenergy (absolute and relative vs. total sector emissions), tCO₂e and %, **data may be available**

4.1.a.2, net GHG emissions (emissions and removals) from BBI (absolute and relative vs. total industrial emissions), tCO₂e and %, **data may be available**

4.1.a.4, net GHG emissions (emissions and removals) from bio-waste (absolute and relative vs. total waste emissions), tCO₂e and %, **data may be available**

4.1.a.5, GHG emissions from fishing and aquaculture, 1000 tCO₂e, **no known data**

Legende

Taxonomie der EU Bioökonomie-Monitoring System

Ansatz

Indikator

EU BMS Indikator ohne Daten für Deutschland

In einer Analyse gruppiert

5 Bewertung von potenziellen Ansätzen und Indikatoren

5.1 RACER-Screening-Analyse

Für alle 18 Ansätze und Indikatoren wurde eine Screening-Analyse anhand der RACER-Kriterien durchgeführt. Die Ergebnisse der Screening-Analysen wurden in einem Expertenworkshop im April 2023 diskutiert.

Unter Einbeziehung der auf dem Workshop erhaltenen Beiträge wählte das Projektteam die 10 vielversprechendsten Ansätze und Indikatoren für eine vollständige RACER-Analyse aus. Die Auswahl dieser Indikatoren wurde mit dem UBA erörtert und mit dessen Zustimmung begann das Projektteam mit den vollständigen Analysen. Die Entscheidung, ob ein Ansatz oder ein Indikator eine vollständige RACER-Analyse oder eine Screening-Analyse erhielt, basierte nicht nur auf einer Betrachtung seiner Qualität. In Anbetracht des Schwerpunkts des Projekts auf dem vorsorgenden Umweltschutz wurden die eher systemischen Umweltherausforderungen der Bioökonomie sowie die Untersuchung von Ansätzen, die im Rahmen des deutschen Monitoringsystems Rahmenprobleme angehen könnten, für weitere Untersuchungen und Erläuterungen priorisiert.

Anhang C enthält die Screening-Analysen für alle Indikatoren, die nicht für eine vollständige Analyse ausgewählt wurden.

5.2 RACER-Analyse

In den folgenden 10 vollständigen RACER-Analysen werden diejenigen Ansätze und Indikatoren vertieft, die sich als besonders geeignet erwiesen haben, um Lücken im Bioökonomie-Monitoring im deutschen Kontext zu schließen. Indikatoren beruhen in der Regel auf einer bestimmten Sichtweise der Probleme. Mehrere der folgenden Analysen befassen sich mit der Art und Weise, wie Themen gesehen werden (Ansätze), und gehen damit über die Frage hinaus, wie Themen gemessen werden können (Indikatoren).

Dass es mehrere Sichtweisen auf die Bioökonomie gibt, steht im Zentrum der Debatte über die Bioökonomie. Alle Seiten dieser Debatte, einschließlich der Perspektive des vorsorgenden Umweltschutzes, profitieren von einer gut strukturierten Perspektive, die durch robuste Indikatoren unterstützt wird. Die Debatte selbst wird dadurch besser informiert, mit einer verbesserten Fähigkeit für Entscheidungsträger, verschiedene Seiten eines Themas zu erkennen, die Auswirkungen des aktuellen Systems zu verstehen und die Anpassungen zu vereinbaren, die verfolgt werden sollten.

5.2.1 CO₂-Opportunitätskosten

Kurzdarstellung

Indikator: CO₂-Opportunitätskosten

Beschreibung: Die Maßnahme vergleicht die offiziell berichteten CO₂-Minderungspotenziale von Bioökonomie-Aktivitäten (z. B. Biokraftstoffe) mit alternativen Ansätzen und bezieht die Renaturierung ausdrücklich als Alternative in die Analyse mit ein.

Einheiten: Tonne CO₂-eq. Bzw. Flächenbelegung in Hektar

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued

Einordnung DPSIR-Framework: Pressure (wobei "Impact" der Klimawandel ist)

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Das Wachstum von Biomasse bindet Kohlenstoff aus der Atmosphäre und kann wichtige Zusatznutzen wie den Schutz der biologischen Vielfalt anbieten. Die Option der Renaturierung wird jedoch häufig bei der Analyse von Handlungsalternativen ausgeschlossen. Die Nichtberücksichtigung der Renaturierung als Option kann zu lückenhaften Berechnungen der Netto-THG-Emissionen in den Fällen führen, in denen die Renaturierung eine Alternative darstellt. Andere Produktionssysteme (z. B. Solaranlagen) benötigen möglicherweise weniger Flächen als bioökonomische Ansätze (z. B. Anbau für Bioenergie), so dass Flächen für die Renaturierung zur Verfügung stehen könnten.

Die Berechnung der Netto-Klimaauswirkungen bioökonomischer Aktivitäten (z. B. der Bioenergieproduktion) hängt davon ab, wie man die Analyse in Bezug auf den relevanten Zeitrahmen einrahmt und welchen Vergleich man anstellt (Auswahl einer relevanten Basislinie). Angesichts der gleichzeitigen Krisen des Klimawandels und des Verlusts der biologischen Vielfalt ist eine äußerst relevante Ausgangsbasis für einige Analysen die Frage, wie viel CO₂ aufgefangen werden könnte, wenn man die Natur sich erholen ließe. Dieser Klimanutzen kann dann entweder als einzige Vergleichsgrundlage für eine Analyse oder als eine Vergleichsgrundlage unter anderen herangezogen werden. Wenn Entscheidungen zwischen technisch-wirtschaftlichen Systemen zu treffen sind, kann die Bioökonomie in beide Seiten eines Vergleichs einbezogen werden, indem die Fähigkeit der Natur, den Klimawandel abzuschwächen (zusammen mit ihrer Fähigkeit, die biologische Vielfalt zu schützen und Ökosystemleistungen zu erbringen), bewertet und berücksichtigt wird.

Ein entscheidender Faktor für den realen Kohlenstoff-Fußabdruck bioökonomischer Aktivitäten (z. B. die Produktion von Bioenergie) ist das Ausmaß, in dem die Bioenergieproduktion direkte und indirekte Landnutzungsänderungen (z. B. den Verlust von Wäldern) verursacht. In Anerkennung dieses Risikos negativer Landnutzungsänderungen durch Bioenergie erlaubt die überarbeitete Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RED III), die ein wichtiger Treiber der Bioenergieproduktion ist, Bioenergie als klimaneutral zu betrachten, wenn bestimmte Kriterien erfüllt werden, begrenzt aber den Beitrag der Bioenergie für den Verkehr zu den Zielen für erneuerbare Energien auf 7 % des Gesamtenergieverbrauchs (in Deutschland ist dieser Anteil ab 2022 auf 4,4 % begrenzt) (Fehrenbach und Bürck 2022, S. 31). Searchinger et al. (2018) stellen in ihrer Arbeit, in der sie untersuchen, wie sich Änderungen in der Landnutzung auf den Klimaschutz auswirken können, fest, dass Landnutzungsentscheidungen „viel größere Auswirkungen auf das Klima haben können als bisher angenommen, weil Standardmethoden zur Bewertung der Auswirkungen der Landnutzung auf die Treibhausgasemissionen die Möglichkeit der Speicherung von Kohlenstoff auf dem Land systematisch unterschätzen, wenn es nicht für die Landwirtschaft genutzt wird“; die Autoren korrigieren dieses Umstand, indem sie in ihren Analysen die Opportunitätskosten für die Kohlenstoffspeicherung anwenden. Die Methode wurde auch von Hayek et al. (2021) angewandt, um die Klimaauswirkungen der Verwendung von tierischem Eiweiß in der menschlichen Ernährung zu untersuchen. Wirsén et al. (2020) verwendeten CO₂-Opportunitätskosten in ihren Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen von Milch- und Schweinefleischsystemen in verschiedenen Ländern.

Angesichts des zunehmenden politischen Interesses an der Renaturierung auf globaler, EU- und deutscher Ebene⁵ würde ein Indikator, der den potenziellen Beitrag der Renaturierung zur Eindämmung des Klimawandels aufzeigen könnte, den Entscheidungsträgern relevante Informationen liefern.

⁵ Siehe, z. B. UN Decade on Ecosystem Restoration (2021-2030), EU Nature Restoration Law (2023) Deutschlands Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2030 (BMUV 2023)

Beispielhafte Anwendung

Fehrenbach und Bürck (2022) bezogen das Konzept der CO₂-Opportunitätskosten in einen Vergleich zweier erneuerbarer Energiesysteme für den Verkehr ein: Beimischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen gegenüber dem Antrieb von Elektrofahrzeugen mit Sonnenenergie. Die Bioökonomie wurde auf beiden Seiten der Analyse berücksichtigt, indem die CO₂-Opportunitätskosten der Naturverwertung einbezogen wurden. Die Studie verglich die benötigte Landfläche, um eine äquivalente Anzahl von Transportkilometern über die beiden techno-ökonomischen Systeme zu erzeugen. Dabei wurde die benötigte landwirtschaftliche Fläche sowohl im Inland als auch im Ausland berücksichtigt.

Box 5: Fragestellung der Studie „CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen in Deutschland“

Im Zentrum dieser Studie steht der Vergleich der offiziell berichteten Emissionseinsparungen durch die Beimischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen auf der einen Seite, mit den durch den Flächenbedarf der Biokraftstoffproduktion entstehenden CO₂-Opportunitätskosten auf der anderen Seite. Hierfür ist eine schrittweise Analyse erforderlich, die sich in mehrere Unterfragen aufteilt.

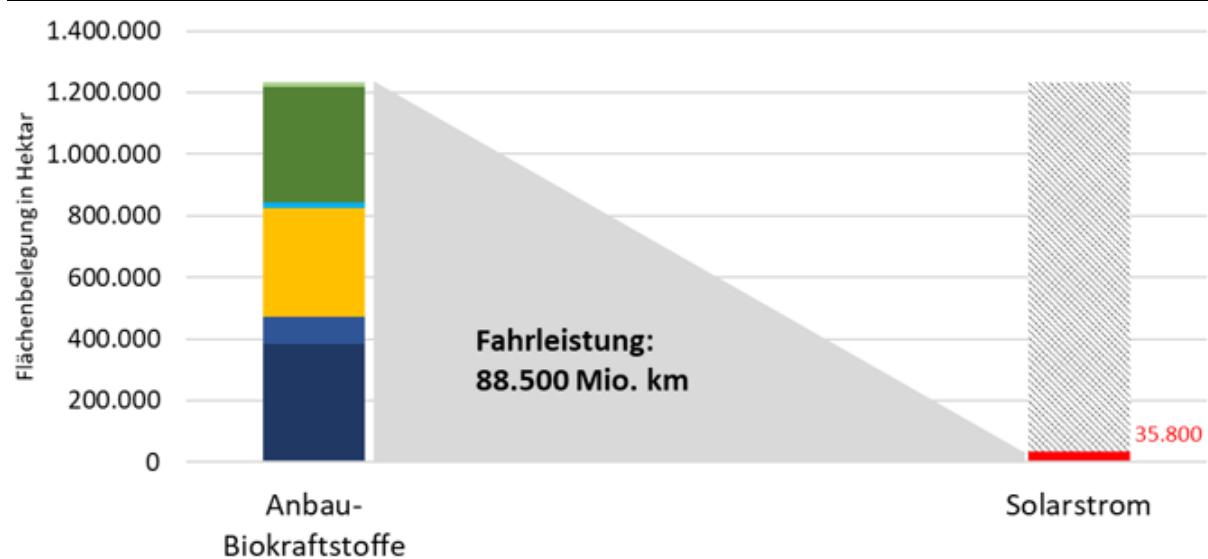
Folgende Unterfragen werden im weiteren Verlauf untersucht:

1. Welche Biokraftstoffmengen, differenziert nach Ausgangssubstrat, werden in Deutschland jährlich
 - produziert? (Diese Betrachtung beinhaltet auch die Produktion von exportiertem Biokraftstoff.)
 - verbraucht? (Diese Betrachtung beinhaltet den Import von Biokraftstoffen nach Deutschland, jedoch nicht den Export von Biokraftstoffen aus Deutschland.)
2. Wie groß sind die dafür benötigten Agrarflächen im In- und Ausland?
3. Welche Energiemenge und Pkw-Fahrleistung wird durch diese Biokraftstoffe abgedeckt und welcher Flächenbedarf ergäbe sich bei Bereitstellung derselben Fahrleistung über Solarstrom und Elektroantrieb?
4. Welche Art von natürlicher Vegetation könnte sich prinzipiell auf Flächen, die aktuell für die Biokraftstoffproduktion belegt sind, entwickeln? Wie viel Kohlenstoff könnte dadurch jährlich gebunden werden?
5. Werden durch die Biokraftstoffproduktion mehr Treibhausgase eingespart als durch eine potenzielle Renaturierung der Anbauflächen?
6. Welche weiteren ökologischen Aspekte bringt die Renaturierung der Anbauflächen mit sich?

Quelle: wiedergegeben aus Fehrenbach und Bürck (2022, S. 8)

Wie im Abbildung 5 dargestellt, haben Fehrenbach und Bürck (2022) gerechnet, dass eine Freiflächen-Photovoltaik von 35.800 Hektar die gleiche Menge Fahrleistung wie eine Flächenbelegung der Biokraftstoffe von 1.230.000 Hektar erzeugt. Mit diesen 35.800 Hektar, d. h. nur 3% von den dafür benötigten Flächenbelegung der Biokraftstoffe, könnte die gesamten in Deutschland eingesetzte Biokraftstoffe ersetzt werden.

Abbildung 5: Flächenbedarf Anbau-Biokraftstoffe (dt. Verbrauch) vs. Solarstromerzeugung

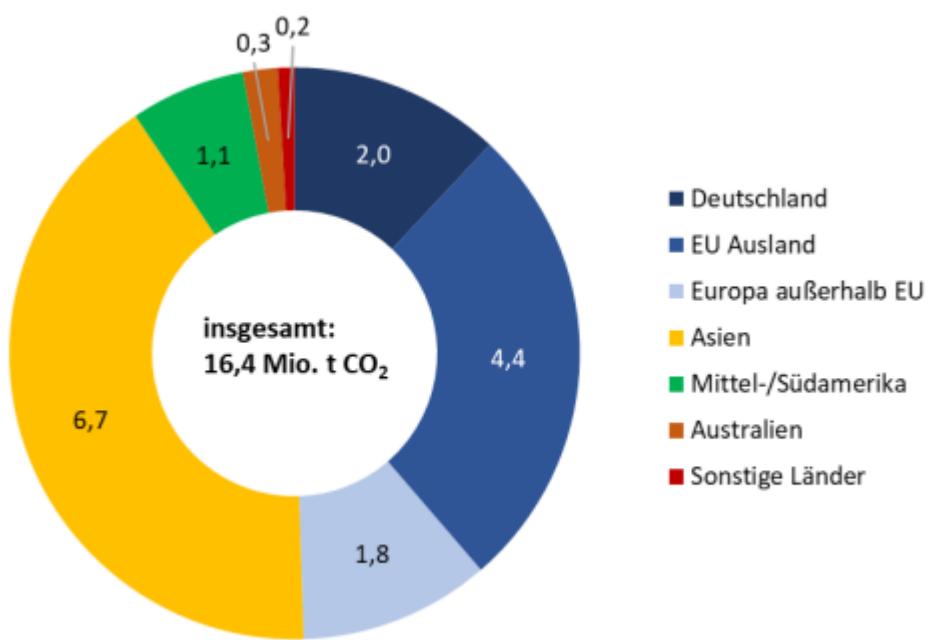


Hinweis: Flächenbelegung der Biokraftstoffe und Freiflächen-Photovoltaik für die Bereitstellung gleicher Fahrleistung auf Basis der in Deutschland eingesetzten Biokraftstoffe

Quelle: wiedergegeben aus Fehrenbach und Bürck (2022, S. 23)

Abbildung 6 zeigt die mittlere jährliche Kohlenstoffspeicherung von CO₂ durch Aufwuchs natürlicher Vegetation auf heutigen Anbauflächen für die Produktion der in Deutschland eingesetzten Biokraftstoffe. Insgesamt könnte 16,4 Millionen t CO₂ gespeichert werden – 2,0 Millionen t davon in Deutschland.

Abbildung 6: Mittlere jährliche Kohlenstoffspeicherung in Mio. t CO₂



Hinweis: Mittlere jährliche CO₂-Speicherung durch Aufwuchs natürlicher Vegetation auf heutigen Anbauflächen für die Produktion der in Deutschland eingesetzten Biokraftstoffe

Quelle: wiedergegeben aus Fehrenbach und Bürck (2022, S. 24)

Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse

Der Indikator kann den Rahmen für die Analyse von Handlungsalternativen verbessern. Er macht die Wiederherstellung der Natur zu einer expliziten Option, die in Betracht gezogen werden kann. Damit können bisherige THG-Bilanzen und daraus resultierende Minderungspotenzials ergänzt werden. Der Verlust der biologischen Vielfalt ist in der EU und global betrachtet ein wichtiges politisches Thema. Im Jahr 2022 schlug die Europäische Kommission ein Gesetz zur Wiederherstellung der Natur vor, um geschädigte Ökosysteme in Europa, wo sich 80% der Lebensräume in einem schlechten Zustand befinden, wiederherzustellen.⁶ Die BMUV und BfN erarbeiten eine Neuauflage der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt 2030.⁷

Obwohl es sich um Durchschnittswerte handelt und auf einigen Annahmen beruht, ist die daraus resultierende Genauigkeit ausreichend, um Entscheidungen zu unterstützen. Es wäre möglich, eine standardisierte, bewährte Methodik sowie Durchschnittswerte (und Wertebereiche) für relevante Bioökonomie-Aktivitäten zu entwickeln und diese in einen standardisierten Parametersatz einzubinden. Diese Parameter könnten in Prognosen und Modelle einfließen. In bestimmten Fällen kann es jedoch unzureichend sein, sich auf aggregierte Werte zu stützen, z. B., wenn die Eigenschaften eines Bioökonomieprozesses erheblich von der üblichen Praxis abweichen oder die Bioproduktivität bestimmter Nutzungen bestimmter Flächen erforderlich ist. Der Vergleich einiger Optionen ist möglicherweise nicht schlüssig,

⁶ Siehe Europäische Kommission (2023d)

⁷ Siehe <https://www.bfn.de/neuaufgabe-der-nationalen-strategie-zur-biologischen-vielfalt>

wenn die mit den Schätzungen der CO₂-Opportunitätskosten verbundenen Unsicherheitsbereiche zu sehr ähnlichen Ergebnissen zwischen den politischen Optionen führen.

Akzeptiert – *Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert*

Der Ansatz ist für die Anwendung in THG-Bilanzen relativ neu und wird derzeit weder vom IPCC verwendet (Monbiot 2019) noch ist er die Grundlage für die Berechnung der Netto-Kohlenstoffemissionen der Bioenergie in der EU oder in Deutschland (Fehrenbach und Bürck 2022). In Anbetracht der zunehmenden Aufmerksamkeit, die der derzeitigen Krise der biologischen Vielfalt auf globaler und europäischer Ebene gewidmet wird, ist eine Methode, mit der die Renaturierung mit anderen Optionen verglichen werden kann, von großem Wert für eine fundierte Entscheidungsfindung.

Der Ansatz dürfte auf den politischen Widerstand von Akteuren stoßen, die in der Bioökonomie tätig sind (z. B. Akteure im Bioenergiesektor), da die Einbeziehung der CO₂-Opportunitätskosten den für ihre Aktivitäten berechneten Kohlenstoff-Fußabdruck negativ beeinflussen würde. Darüber hinaus ist die Wiederherstellung der Natur eine Option, die nur für eine Teilmenge der landwirtschaftlichen Flächen und Tätigkeiten in Frage kommt. Einige Stakeholder könnten sich dagegen wehren, dass die Methode implizit davon ausgeht, dass alle Flächen für die Renaturierung in Frage kommen.

Eine damit zusammenhängende Frage ist, wie man die CO₂-Opportunitätskosten zuordnen sollte, wenn man sie den Aktivitäten zuordnet, die offenbar die Landnutzungsumwandlung vorantreiben. Sollte die Logik „Lebensmittel zuerst“ angewandt werden, die dazu führt, dass die CO₂-Opportunitätskosten der indirekten Landumwandlung zuerst der Bioenergieproduktion zugewiesen werden? Sollten die CO₂-Opportunitätskosten innerhalb der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion denjenigen Aktivitäten zugewiesen werden, die bei der Bereitstellung von Endkalorien für den menschlichen Verzehr weniger effizient sind (z. B. Fleischproduktion), und zwar auf der Grundlage der Logik, dass dies die Aktivitäten sind, die sowohl die Landnutzungsänderung vorantreiben als auch die CO₂-Vorteile verhindern, die sich aus der Wiederherstellung der Natur ergeben würden?

Glaubwürdig (Credible) – *Eindeutig / Transparenz der Methode*

Laut Fehrenbach und Bürck (2022) „beruht [die Berechnung der CO₂-Opportunitätskosten] auf zahlreichen offiziellen Daten und wissenschaftlichen Arbeiten. Einige der verwendeten Faktoren, wie die Kohlenstoffspeicherraten von verschiedenen Ökosystemen, sind dabei mit Unsicherheitsbandbreiten verbunden – insbesondere auch zur Frage des Bodenkohlenstoffs, der in dieser Studie nicht betrachtet wurde. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf“ (S. 36). Aber sie finden auch, dass „[d]ie Aussagen der Studie sind jedoch durch den im Zweifel stets konservativen Ansatz als richtungssicher zu werten. Abweichungen in den konkreten Zahlen führen zu keiner Änderung der Kernaussage“ (S. 36).

Da der Indikator auf Durchschnittswerten und Annahmen beruht, kann er sowohl auf mehr als auch auf weniger glaubwürdige Weise verwendet werden. Er behebt jedoch eine wichtige Glaubwürdigkeitslücke in den typischen Analysen der CO₂-Auswirkungen bioökonomischer Aktivitäten, bei denen die Fähigkeit der Naturwiederherstellung, den Klimawandel abzuschwächen, systematisch ausgeklammert wird.

Einfach – *Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration*

Die Methode ist vom Konzept her klar. Sie erfordert jedoch die Berechnung der biogenen Kohlenstoffsenke, welche sich im Rahmen einer Renaturierung etabliert. Die Berechnung basiert zum Teil auf Annahmen, welche jedoch mit entsprechenden Referenzen begründet werden. Sollte sich die Methode weiter etablieren, könnte die Berechnungsgrundlage zunehmend vereinheitlicht werden.

Der schwierigste Aspekt ist die wissenschaftliche Festlegung von Parametern und Parameterbereichen. Es wäre relativ einfach, einen wirksamen Leitfaden für die Anwendung der Methode und der Parameter zu erstellen. Die Anwendung des Leitfadens und die Dokumentation der Gültigkeit der spezifischen Anwendung sollte für erfahrene Praktiker relativ einfach zu bewerkstelligen sein.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

Die Methode beruht auf der Verwendung einer kontrafaktischen Annahme, nämlich der CO₂-Menge, die durch die Renaturierung sequestriert werden würde. Das Konzept der Opportunitätskosten ist von Natur aus eine kontrafaktische Annahme und wird in der Wirtschaftsanalyse regelmäßig verwendet, und die Gründe für seine Verwendung sind in der Theorie gut begründet. Die Zulässigkeit jeder kontrafaktischen Annahme hängt davon ab, ob sie tatsächlich eine vernünftige Alternative und eine geeignete Vergleichsgrundlage darstellt. Im Kontext der gleichzeitigen Klima- und Biodiversitätskrise erscheint es sinnvoll, die Option der Naturwiederherstellung in den Vergleich bioökonomischer Aktivitäten einzubeziehen.

Dabei ist auf Datenqualität, seriöse Datenquellen und deren verantwortungsvolle Nutzung und Darstellung (z. B. Unsicherheiten) zu achten. Geeignete Daten zur Berechnung der CO₂-Opportunitätskosten liegen bereits vor.

Zum Beispiel, Fehrenbach und Bürck (2022) nutzen CO₂-Speicherraten von der Europäische Kommission, „da dieser als amtliche Grundlage für Treibhausemissionsberechnungen nach RED [Renewable Energy Directive] gilt“ (S. 33).

Bei der Durchführung von Analysen sollten Vergleiche zwischen ähnlichen Studien angestellt werden, um die Robustheit der Ergebnisse dieses relativ neuen Ansatzes und der Art und Weise, wie Entscheidungen über die CO₂-Auswirkungen alternativer Entwicklungspfade für die Bioökonomie getroffen werden, zu ermitteln und zu verbessern.

Punktbewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1-2	Einfach: 1	Robust: 1
-------------	---------------	------------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.2 Integrierte Sankey-Diagramme (kohärente Vergleiche von nachhaltigen Produktionskapazitäten und Nutzung)

Kurzdarstellung

Ansatz: Integrierte Sankey-Diagramme (kohärente Vergleiche von nachhaltigen Produktionskapazitäten und Nutzung)

Beschreibung: Der Ansatz kombiniert Sankey-Diagramme der Stoffströme nach Biomassekategorien mit Darstellungen der nachhaltigen Produktionskapazitäten für diese Kategorien von Biomasse. In Fällen, in denen keine Kapazitätsberechnung verfügbar ist, wird dies im Diagramm angegeben. Kapazitätsspannen können verwendet werden, um Unsicherheiten oder Meinungsverschiedenheiten zu kommunizieren. Siehe Abbildung 7 und Abbildung 8.

Konzept: Biomassenutzung vgl. nachhaltige Produktionskapazität

Einheit: Unterschiedlich (z. B. tonne Trockenmasse)

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 2.2 Primary production sectors are managed sustainably

Einordnung DPSIR-Framework: Pressure (wobei „Impacts“ Umweltschäden sind)

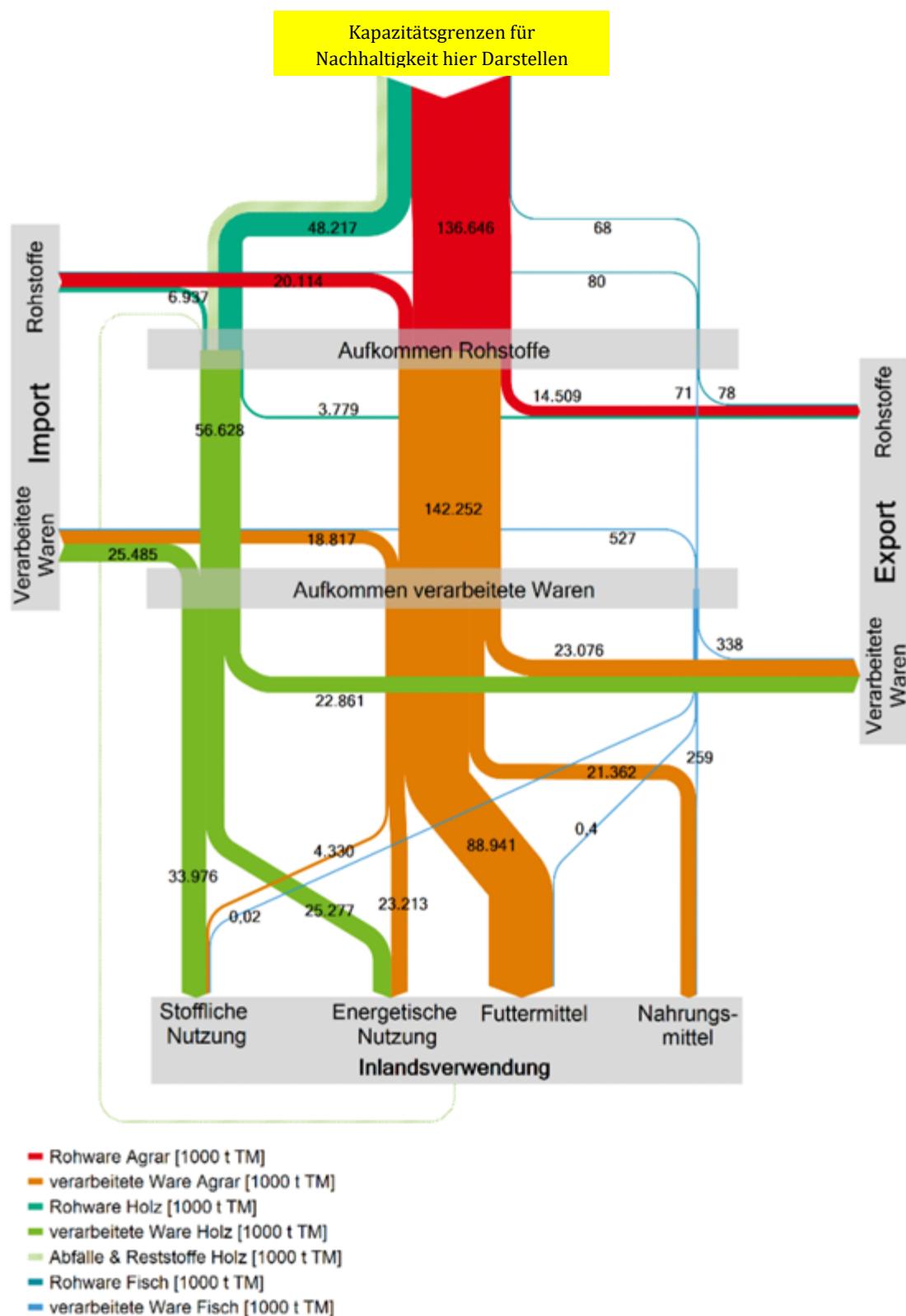
Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Sankey-Diagramme können eine wirksame visuelle Darstellung der Stoffströme in der Wirtschaft sein und sind vielfach in SYMOBIO 1.0 eingesetzt. Im Fall von erneuerbaren Ressourcen enthalten die Diagramme in der Regel keine Darstellung der nachhaltigen Produktions- oder Aufnahmekapazitäten. Ähnlich wie bei der Darstellung von Nachhaltigkeitsgrenzen im Konzept der planetaren Grenzen könnten Sankey-Diagramme Nachhaltigkeitsgrenzen sowohl für materielle Ressourcen als auch für Senkenressourcen aufzeigen.

Ein Sankey-Diagramm mag sich auf erneuerbare Ressourcen beziehen, aber ohne einen Vergleich der Biomasseströme in die menschliche Wirtschaft mit dem Niveau der Biomasseproduktion, das die natürliche Umwelt aufrechterhalten kann, ignorieren solche Diagramme das Konzept von „erneuerbar“ selbst. Und wenn das Niveau des nachhaltigen Biomassepotenzials unbekannt ist, bedeuten die anhaltenden Biodiversitäts- und Klimakrisen, dass es wichtig ist, ausdrücklich zu erklären, dass dies der Fall ist.

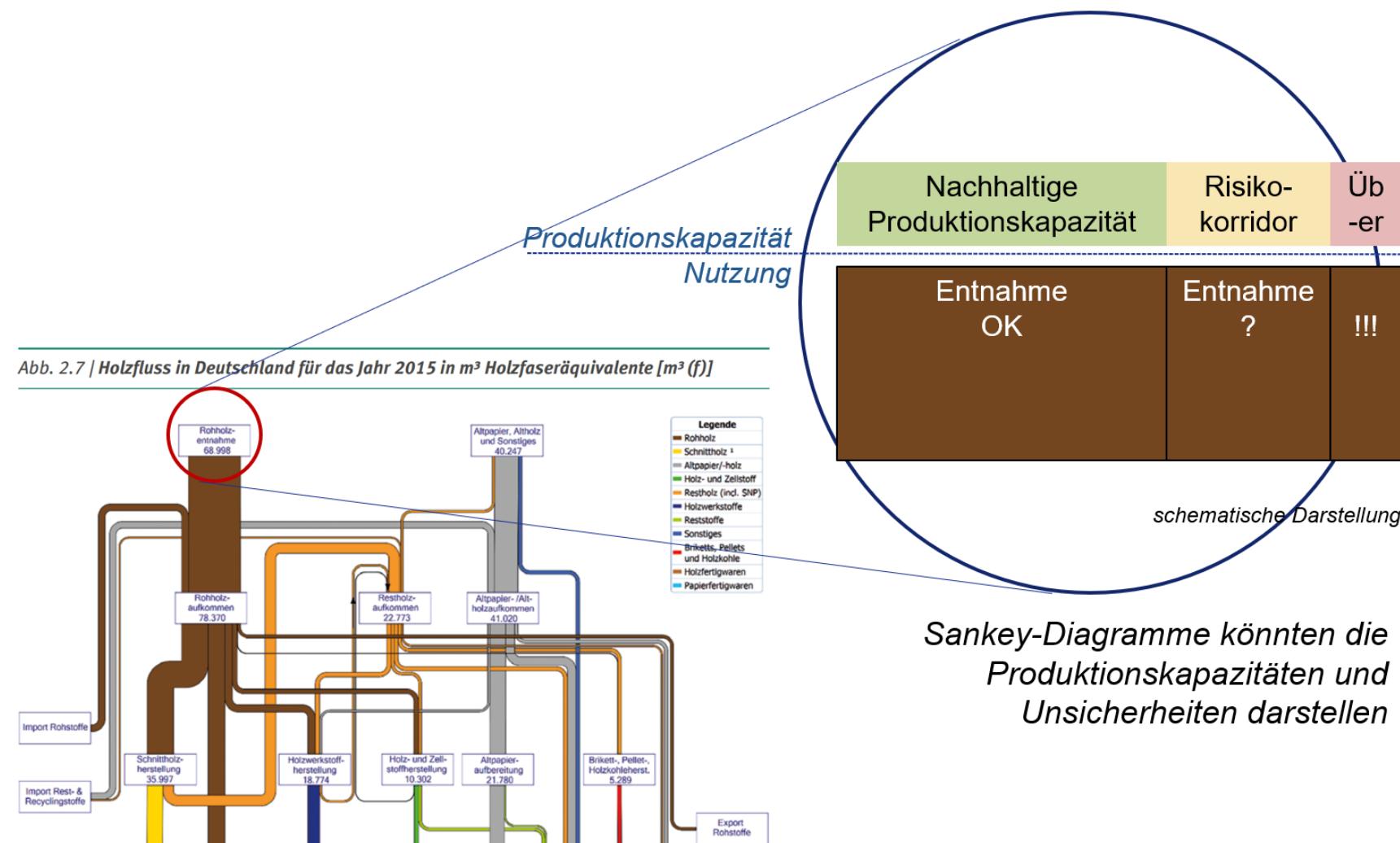
Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen, wo die Informationen über das nachhaltige Biomassepotenzial im Kontext eines Sankey-Diagramms platziert werden könnten. Unter Verwendung der Sankey-Diagramme aus der Pilotstudie als zugrunde liegende Grafik werden diese Platzierungsbereiche als grobe Skizze überlagert, um das Grundkonzept zu verdeutlichen. In Übereinstimmung mit dem Sankey-Ansatz würde die Menge des Biomassepotenzials für einen bestimmten Zeitraum visuell durch die Dicke des Farbblocks dargestellt.

Abbildung 7: Aggrierter Stoffstrom der Bioökonomie in Deutschland 2015



Quelle: Basisdiagramm wiedergegeben von Bringezu et al. (2020, S. 18) zitiert nach Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie. Gelbe markierte Textstelle zeigt die Ergänzungen der Methodik, die zu einer integrierten Darstellung von Kapazitäten und Nutzung führen. Ergänzung: eigene Darstellung, Ecologic Institut.

Abbildung 8: Schematische Darstellung von Produktionskapazität vgl. Nutzung in einem Sankey-Diagramm



Quelle: Basisdiagramm wiedergegeben von Bringezu et al. (2020, S. 29) zitiert nach Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie. Ergänzung: eigene Darstellung, Ecologic Institut.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – *Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse*

Der Indikator kann auf nationaler Ebene verwendet werden und Ressourcenimporte einbeziehen. Die Visualisierung der Kapazität zusammen mit der Nutzung macht es einfacher, Nachhaltigkeit für alle Interessengruppen zu budgetieren. Dadurch wird das Problem vermieden, dass verschiedene Nutzungsgruppen konkurrierende Nutzungen ignorieren, wenn sie die Wachstumsaussichten für ihre Branche betrachten. Der Ansatz ermöglicht auch die visuelle und quantitative Darstellung von politischen Zielen oder wissenschaftlich ermittelten Kapazitätsschätzungen. Der Ansatz zeigt auch, wie eine verstärkte Kreislaufwirtschaft zusätzliche Ressourcen bereitstellen könnte, die sonst nicht auf nachhaltige Weise verfügbar wären.

Akzeptiert – *Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert*

Nachhaltige Ertragsmengen sind in der Forstwirtschaft, der Fischerei und der Landwirtschaft zwar wichtige Konzepte, aber es herrscht Uneinigkeit darüber, wie hoch diese Mengen sein sollten. Die Festlegung von Zielen ist unvermeidlich ein politischer Prozess. Aus diesem Grund ist die Aufnahme solcher „normativen“ Informationen neben faktischen Produktionsstatistiken für einige Interessengruppen oder statistische Ämter möglicherweise nicht akzeptabel. Das SDG-Monitoring wurde jedoch auf deutscher und auf EU-Ebene durchgeführt, wo diese Art der Vermischung von politischen Zielen mit statistischen Daten praktiziert wird.

Glaubwürdig (Credible) – *Eindeutig / Transparenz der Methode*

Die Glaubwürdigkeit des Ansatzes hängt von der Relevanz und Genauigkeit der dargestellten numerischen Daten ab. Die Kapazitätsdaten sollten wissenschaftliche Erkenntnisse und Unsicherheiten widerspiegeln. Wie in jedem traditionellen Sankey-Diagramm sollten die dargestellten Stoffströme so genau wie möglich sein. Die Kombination von Kapazitäts- und Nutzungsfragen in einer visuellen Darstellung ist glaubwürdiger für Diskussionen, bei denen die Nachhaltigkeit von Quellen und Senken als relevant angesehen wird. Wenn ein Kapazitätsproblem nicht gut verstanden wird, ist es auch glaubwürdiger, dies explizit und in einem Kontext darzustellen, der das potenzielle Ausmaß des Problems zeigt (Anmerkung: Die Darstellung des vergleichenden Ausmaßes von Aktivitäten ist eine Hauptstärke von Sankey-Diagrammen).

Einfach – *Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration*

Technisch gesehen ist der Ansatz einfach umzusetzen. Er stützt sich auf vorhandene Kapazitäts- und Stromflussinformationen. Allerdings muss ein gewisses Maß an Sorgfalt darauf verwendet werden, welche kapazitätsbezogenen Daten und Datenbereiche zu verwenden sind. Der Ansatz kann auch verwendet werden, um zu zeigen, dass kapazitätsbezogene Daten fehlen oder keine Nachhaltigkeitsziele existieren. Politisch ist der Ansatz schwieriger, da er das Thema Kapazität stärker in den Blickpunkt rückt und die Kapazitätsschätzungen und -ziele normativ sind.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

Der Ansatz erhöht die Relevanz und Vollständigkeit von Sankey-Diagrammen, da er eine ausdrückliche Verbindung zu den theoretischen Grundlagen der Nachhaltigkeit herstellt (d. h. die Verwendung erneuerbarer Materialien kann die Regenerationskapazität nicht überschreiten und langfristig aufrechterhalten werden). Der Ansatz ist nicht auf neue Berechnungen oder

Methoden angewiesen. Die Darstellungsmethode setzt jedoch voraus, dass die Produktionskapazitäten definiert werden, was wiederum von wissenschaftlichen und politischen Prozessen abhängt, die eine ausreichende Qualität aufweisen, um zuverlässige Zahlen zu liefern. Unterschiedliche Kapazitätsschätzungen können von verschiedenen Gruppen verwendet werden, wobei die Möglichkeit besteht, Argumente und Nachweise für ihre Kapazitätsberechnung zu liefern.

Punktebewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 1	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.3 Label für das Irreversibilitätsrisiko

Kurzdarstellung

Ansatz: Label für das Irreversibilitätsrisiko

Beschreibung: Es könnte ein Label entwickelt werden, um die Aufmerksamkeit auf Irreversibilitätsrisiken zu lenken. Diese Kennzeichnung könnte in Verbindung mit anderen Indikatoren verwendet werden, um sicherzustellen, dass bei der Festlegung von Zielen für diese Indikatoren ein höheres Maß an Vorsorge angewendet wird.

Einheit: kein quantitativer Indikator

Einordnung EU-BMS Taxonomie: mehrere, z. B. 2.1 *Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced; 4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued*

Einordnung DPSIR-Framework: *Impact (Risiko dauerhafter negativer Wirkungen)*

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

In den Wirtschaftswissenschaften wurde das Vorsorgeprinzip im Zusammenhang mit der Frage diskutiert, wie das Zusammenspiel von Unsicherheit und Irreversibilität von rationalen Entscheidungsträgern berücksichtigt werden sollte (siehe Arrow und Fischer 1974). Bei vielen Entscheidungen darüber, in welchem Umfang und auf welche Weise die Bioökonomie erweitert werden soll, sind sowohl die Unsicherheit als auch die potenzielle Irreversibilität äußerst relevante Faktoren. Im Rahmen eines vorsorgenden Ansatzes für die Bioökonomie ist eine wirksame Kommunikation darüber wichtig, wo Irreversibilitätsrisiken relevant sind. Allerdings enthalten weder das EU-Bioökonomie-Monitoringsystem noch das vorgeschlagene deutsche Bioökonomie-Monitoring eine Kennzeichnung, die auf das Vorhandensein von Irreversibilitätsrisiken hinweist.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

Relevant – Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse

Drei wichtige Umweltthemen – Klimawandel, Verlust der biologischen Vielfalt und Umwandlung von Wildflächen zur Biomasseproduktion – sind durch ein hohes Risiko irreversibler Auswirkungen gekennzeichnet. Viele bestehende Indikatoren berühren diese Themen, aber isoliert betrachtet vermitteln sie nicht das ganze Bild. Eine Kennzeichnung könnte das

Vorhandensein eines Irreversibilitätsrisikos sowie das jeweilige Thema (z. B. die biologische Vielfalt) kennzeichnen und den Entscheidungsträgern dabei helfen zu erkennen, welche Indikatoren für einen Vorsorgeansatz am wichtigsten sind und wie ein Monitoring dieser Gruppe von Indikatoren die Risiken negativer irreversibler Auswirkungen verringern kann.

Akzeptiert – *Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert*

Das grundsätzliche Vorhandensein irreversibler Risiken kann in der wissenschaftlichen Theorie begründet und durch Beweise und Argumente gestützt werden. Das Ausmaß dieser Risiken und die Frage, wie vorsorglich man sich verhalten sollte, um den Eintritt der Risiken zu vermeiden, dürfte jedoch umstritten sein. Das Label könnte von einigen als nicht neutral genug in seiner Darstellung der Informationen interpretiert werden. Die Gestaltung des Etiketts könnte einen erheblichen Einfluss darauf haben, inwieweit es von einem großen Teil der Stakeholder akzeptiert wird.

Glaubwürdig (Credible) – *Eindeutig / Transparenz der Methode*

Bei einigen Indikatoren wird die Anwendung des Labels relativ unumstritten sein und seine Verwendung wird als hilfreich angesehen, um sachlich über die möglichen Auswirkungen des Ausbaus der Bioökonomie zu kommunizieren. Bei einigen Indikatoren würden die Stakeholder die Verwendung des Siegels als nicht glaubwürdig empfinden. Ein Drängen einiger Interessengruppen auf eine zu breite Anwendung des Siegels dürfte sich selbst beschränken, da die Wirksamkeit des Siegels abnehmen würde, wenn es auch für Themen mit nur tangentialen Irreversibilitätsrisiken verwendet würde.

Einfach – *Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration*

Das Label ist ein konzeptioneller Indikator. Der Indikator ist nicht quantitativ und erfordert keine Datenerhebung und -analyse. Dies macht den Indikator leicht umsetzbar. Bei Themen, bei denen das Irreversibilitätsrisiko von verschiedenen Interessengruppen als relevant angesehen wird, sollte die Kennzeichnung relativ einfach zu handhaben sein. Es könnte aus einem einfachen Text bestehen, z. B. „Irreversibilitätsrisiko: biologische Vielfalt“, oder eine grafische Gestaltung beinhalten.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

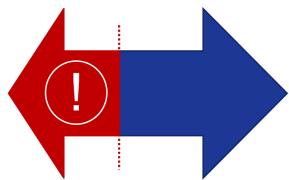
Die eindeutige Identifizierung von Irreversibilitätsrisiken, wo sie auftreten, ist konzeptionell fundierter als das Ignorieren der Irreversibilität als Faktor, der für die verschiedenen Themen des Bioökonomie-Monitorings unterschiedlich ist, d. h. für einige Themen durchaus relevant und für andere völlig irrelevant ist. Die Kennzeichnung des Irreversibilitätsrisikos ist ein konzeptioneller Indikator, der die Aufmerksamkeit auf das Risiko lenkt. Er ist jedoch an sich keine direkte Evidenzbasis für die Anwendung des Vorsorgeprinzips, das eine Entscheidung ist, die auf der Grundlage der Besonderheiten des jeweiligen Themas und dem Ergebnis eines normativen Entscheidungsprozesses getroffen wird.

Punktbewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 2	Robust: 2
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

Abbildung 9: Skizze eines Symbols zur Kennzeichnung irreversibler Risiken



Quelle: Eigene Darstellung, Ecologic Institut.

Die rote Farbe des Rückwärtspfeils in Kombination mit dem Ausrufezeichen symbolisiert das Irreversibilitätsrisiko.

5.2.4 Planetare Grenzen

Kurzdarstellung

Indikator: Planetare Grenzen

Beschreibung: Die planetaren Grenzen stellen ein wissenschaftlich-politisches Konzept aus 9 Hauptindikatoren, welche die planetare Biokapazität der Erde abbilden sollen: Neue Substanzen, Biosphäre, Stoffkreisläufe, Süßwasser, Landnutzung, Klimawandel, Luftverschmutzung, Ozeanversauerung, Ozonschicht (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015; Steffen et al. 2018). Anhand der planetaren Grenzen lässt sich aufzeigen ob und inwieweit planetare Biokapazitäten bereits überschritten sind, welche Handlungsspielräume noch zur Verfügung stehen und in welchen Bereichen dringende und tiefgreifende Handlungsnotwendigkeiten bestehen (O'Neill et al. 2018).

Einheiten: unterschiedliche Zielwerte (und Vergleiche mit den tatsächlichen Werten)

Einordnung EU-BMS Taxonomie: mehrere, z. B. 2.1. *Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced; 4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure (die Nähe zu einem Grenzwert der planetaren Grenzen zeigt das Ausmaß des Drucks)*

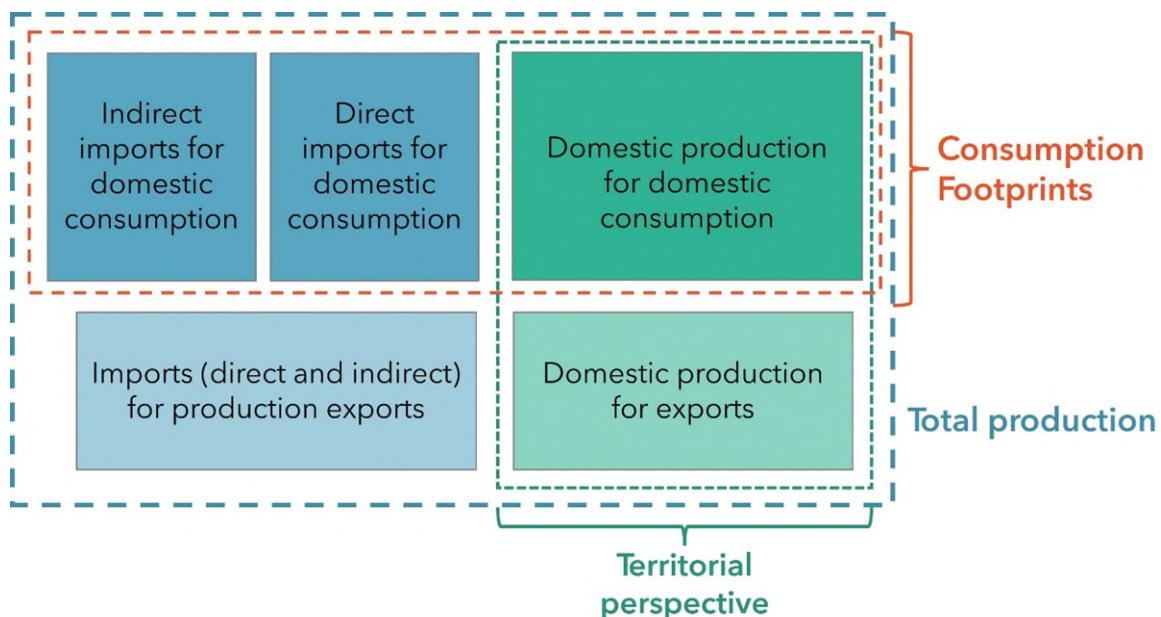
Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Im aktuellen Bioökonomie-Monitoring in Deutschland sind die planetaren Grenzen nicht direkt berücksichtigt, es gibt aber umfangreiche Modellierungen des Wasser-, Klima-, Forst-, Land- und Materialfußabdrucks der Bioökonomie (Bringezu et al 2020; Egenolf and Bringezu 2019; Egenolf et al. 2021).

Durch den Handel mit biogenen Rohstoffen, Zwischen- und Endprodukten bestehen starke Verknüpfungen der deutschen Bioökonomie mit anderen Weltregionen. Beispielsweise produziert die deutsche Landwirtschaft Nahrungsmittel für den Export und importiert gleichzeitig erhebliche Mengen an Tierfutter. Umweltfußabdrücke sind Indikatoren zur Messung der Nutzung natürlicher Ressourcen (z. B. Belegung von Land- und Waldflächen sowie von Wasser für die Bewässerung) und Umweltauswirkungen (z. B. Treibhausgasemissionen, Verlust der Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt) im In- und Ausland im Zusammenhang mit dem Verbrauch biobasierte Güter in Deutschland. Zur Berechnung des Verbrauchs-Fußabdrucks werden die gesamten Importe (direkt und indirekt) zur inländischen Produktion addiert und die gesamten Exporte (direkt und indirekt) von dieser Summe abgezogen. Anhand dieser Daten kann man auch die stoffliche Nutzung der Gesamtproduktion (der gesamten deutschen

Bioökonomie) berechnen oder eine territoriale Perspektive anwenden und nur die inländische Produktion unabhängig von ihrer Nutzung betrachten.

Abbildung 10: Definitionsschema der Fußabdrücke in Abgrenzung zur inländischen Produktion, Importen und Exporten



Quelle: Wiedergegeben aus Schaldach et al. (2023), verfügbar unter <https://www.monitoring-bioekonomie.de/en/tools/national-consumption-footprints-and-benchmarks>

Die verschiedenen Fußabdrücke können die Umweltauswirkungen des deutschen Konsums ermitteln, indem die durch den globalen Handel und die räumliche Distanz zum Produktionsort „versteckten“ Auswirkungen identifiziert und allokiert sowie zwischen den Ländern verglichen werden. In SYMOBIO 1.0 wurden der Material-Fußabdruck, den Agrarflächen-Fußabdruck, der Forst-Fußabdruck, der Wasser-Fußabdruck und den Klima-Fußabdruck berücksichtigt. In SYMOBIO 2.0 sollen weitere Fußabdrücke berücksichtigt werden, beispielsweise der Biodiversitäts-Fußabdruck und der Boden-Fußabdruck. Um allerdings beurteilen zu können, ob ein bestimmter Wert eines Fußabdrucks nachhaltig ist, müssen sie mit einem Benchmark in Beziehung gesetzt werden (Egenolf und Bringezu 2019). Bisher besteht aber weder in Deutschland noch auf internationaler Ebene ein politischer Konsens über solche Benchmarks bzw. Schwellenwerte was zusätzlich durch Unsicherheiten in der Datenlage von Biomassebilanzen und Inkonsistenzen in der Berechnung der Fußabdrücke erschwert wird.

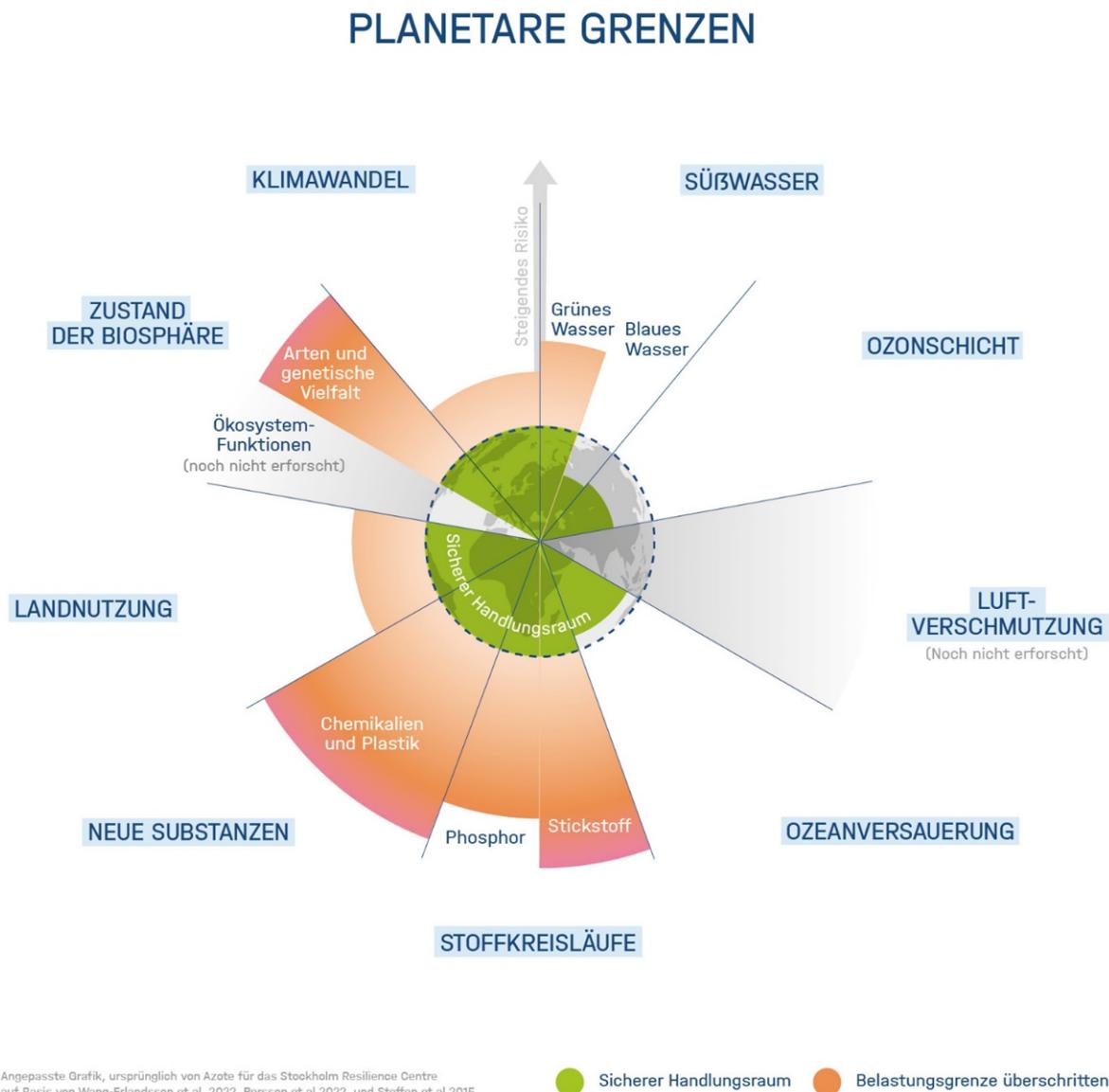
Die Fußabdrücke als „Nachfrage“ der deutschen Bioökonomie können bisher also nicht auf ein nachhaltiges „Angebot“ von Biomasse, repräsentiert durch die planetaren Grenzen, bezogen werden. Die Fehlstelle stellt demnach die Verbindung von Fußabdrücken und planetaren Grenzen dar, also eine Aussage darüber, ob und inwiefern die globale, nationale, regionale oder gar produktsspezifische Bioökonomie die planetaren Grenzen übersteigt und nicht nachhaltig ist, bzw. Innerhalb der planetaren Grenzen nachhaltig wäre.

Beispielhafte Anwendung

Das Konzept der planetaren Grenzen beschreibt unabhängig von der historisch-spezifischen Einrichtung gesellschaftlicher Naturverhältnisse, ob die Gesamtheit aller aus der „Natur“ entnommenen Ressourcen (Fossile Rohstoffe, Wasser, Fläche, Biomasse, usw.) sowie

Emissionen und Abfälle (Treibhausgase, Toxine, Feinstäube, usw.) nicht die langfristig verfügbare sogenannte Biokapazität unserer Umwelt überschreitet. Die Ermittlung dieser regional heterogenen Biokapazitäten ist Gegenstand der Erdsystem-Wissenschaften und wurde im Konzept der planetaren Grenzen zu Indikatoren verdichtet die „sichere Handlungsspielräume“ darstellen sollen, repräsentiert durch biophysikalische Schwellwerte, die nicht unter- bzw. überschritten werden dürfen, wenn die Resilienz und Stabilität des Erd- und Ökosystems nicht gefährdet und unkalkulierbare Risiken durch das Überschreiten von Kippunkten vermieden werden sollen. Dies beinhaltet nicht nur den Klimawandel mit max. 350 ppm CO₂-Konzentration bzw. max. +1,0 W·m⁻² Strahlungsantrieb in der Atmosphäre (überschritten), sondern auch Versauerung der Ozeane mit min. 2,75 OE, den stratosphärischen Ozonabbau mit min. 275 DU (unterschritten), den Phosphor- und Stickstoffkreislauf mit max. 11 Tg yr⁻¹ bzw. max. 62 Tg yr⁻¹ (überschritten), den Süßwasserverbrauch von max. 4.000 km³ yr⁻¹, Landnutzungsänderungen als min. 75 % Anteil der ursprünglichen Waldfläche (unterschritten), einen Biodiversitäts-Intaktheits-Index (BII) von min. 90 % (unterschritten), als auch bisher nicht quantifizierbare Grenzen wie die atmosphärische Aerosolbelastung (s. Abb. PB2). (<https://www.helmholtz-klima.de/planetare-belastungs-grenzen>)

Abbildung 11: Planetare Belastungsgrenzen



Angepasste Grafik, ursprünglich von Azote für das Stockholm Resilience Centre auf Basis von Wang-Erlansson et al. 2022, Persson et al 2022, und Steffen et al 2015.

● Sicherer Handlungsräum ● Belastungsgrenze überschritten

Quelle: Wiedergegeben aus <https://www.helmholtz-klima.de/planetare-belastungs-grenzen>; Angepasste Grafik © Julia Blenn /Helmholtz-Klima-Initiative, ursprünglich von Azote für das Stockholm Resilience Centre auf Basis von Wang-Erlansson et al. 2022, Persson et al. 2022, und Steffen et al. 2015.

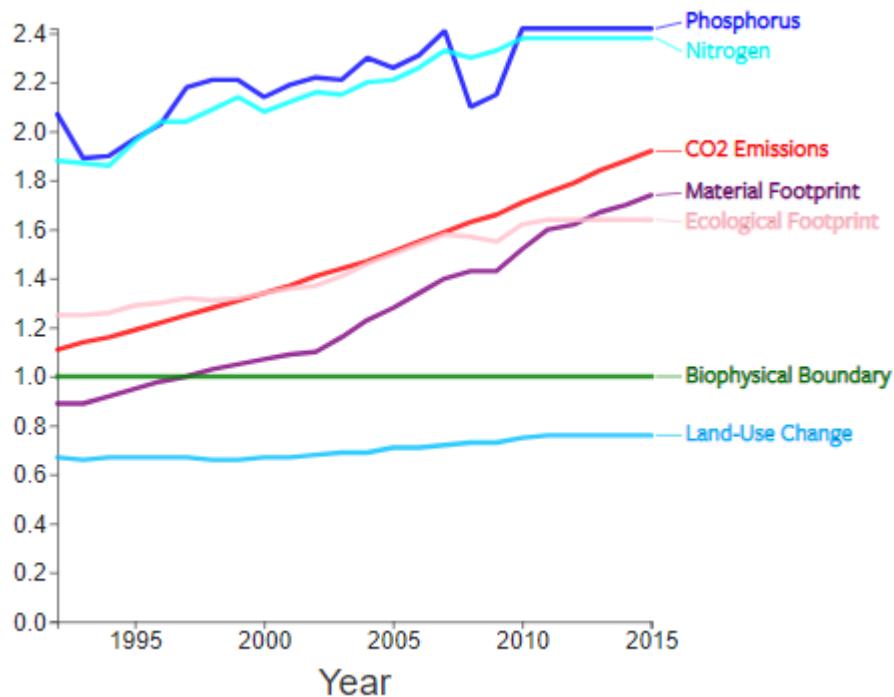
Wesentlich ist dabei die folgenreiche Verengung der Perspektive auf Treibhausgasemissionen zu vermeiden, die tatsächliche – wenn auch mit Unsicherheiten behaftete – Quantifizierbarkeit dieser Grenzen und ihrer aktuellen Unter- bzw. Überschreitung aufzuzeigen, und gleichzeitig diese Grenzen nicht zu naturalisieren, sondern als Kompromiss eines wissenschaftlich-politischen Diskurses zu verstehen: es ist nicht „die Natur“ die Gesellschaften diese Grenzen setzt, sondern diese Grenzen sind politisch verhandelte und damit u.U. ebenso dynamisch wie das Erdsystem und Gesellschaften selbst (Görg), bspw. Ist die Planetare Grenze für die atmosphärische CO₂-Konzentration eine berechnete Größe aus dem Pariser Klimaabkommen mit dem Ziel, die globale Erwärmung auf 2 °C zu begrenzen, oder embodied Human

Appropriation of Net Primary Production (eHANPP) als Menge der in der Land- und Forstwirtschaft geernteten Biomasse sowie die Biomasse, die bei der Ernte verloren geht, aber nicht genutzt wird, und die Biomasse, die aufgrund von Landnutzungsänderungen verloren geht (Neill).

Eine signifikante Überschreitung, wie bereits geschehen, hat aber in jedem Fall langfristig massive negative Auswirkungen auf die (Re-)Produktionsbedingungen und Lebensqualität jedweder Gesellschaften.

Die planetaren Grenzen lassen sich vergleichsweise einfach den globalen Fußabdrücken gegenüber- und als Verhältnis darstellen (s. Abbildung 12). Der ökologische Fußabdruck und der materielle Fußabdruck sind zwar nicht Teil des Standardrahmens für die Planeten Grenzen und überschneiden sich teilweise mit anderen Indikatoren, können aber dennoch mit einbezogen werden. Wenn bio- bzw. geochemische Flüsse in Form von Stickstoff und Phosphor mit einbezogen werden, lassen sich insgesamt sieben biophysikalische Indikatoren darstellen (O'Neill et al. 2018).

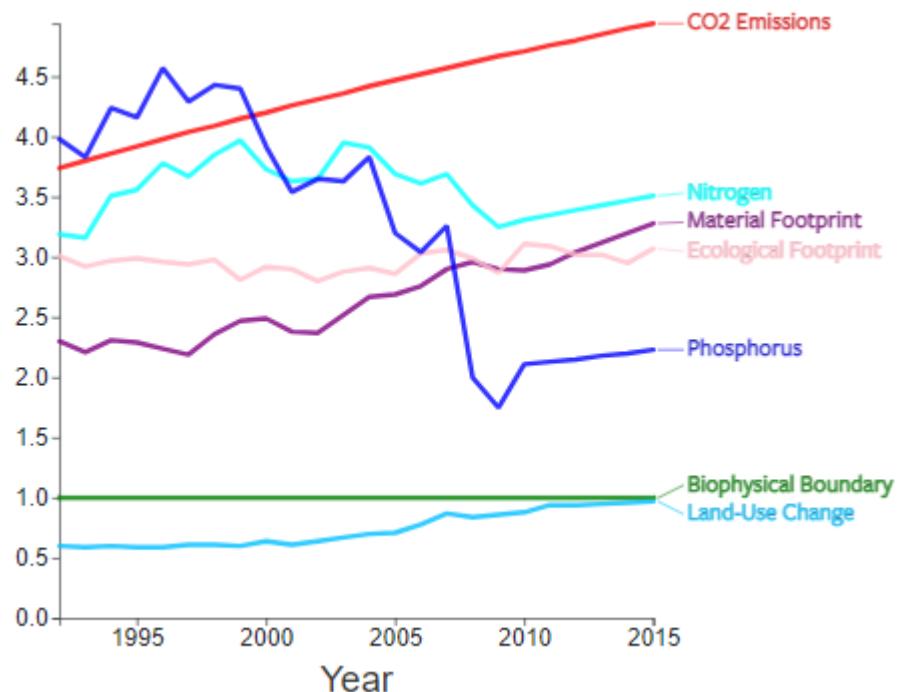
Abbildung 12: Verhältnis von globalen Fußabdrücken und planetaren Grenzen



Quelle: Wiedergegeben aus <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-trends/country-trends/#WLD>

Analog lassen sich die planetaren Grenzen auf globale Pro-Kopf-Äquivalente herunterskalieren und mit den jeweiligen Fußabdruckindikatoren auf nationaler Ebene als Pro-Kopf-Äquivalente ins Verhältnis setzen (s. Abbildung 13)

Abbildung 13: Verhältnis von nationalen Fußabdrücken und nationalen planetaren Grenzen für Deutschland als Pro-Kopf-Äquivalente



Quelle: Wiedergegeben aus <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-trends/country-trends/#WLD>

Für die Anwendung der planetaren Grenzen auf die ökologische Bewertung der deutschen Bioökonomie, besteht die zentrale Herausforderung allerdings nicht nur in einer Herunterskalierung von planetaren Grenzen auf territoriale Grenzen, sondern in der Herunterskalierung ("Downscaling") auf sektorale Grenzen. Es müssten also der deutschen Bioökonomie und ihren jeweiligen Sektoren Budgets allokiert werden, d. h. biophysikalische Sektorenengrenzen oder gar biophysikalische produktspezifische Grenzen, ähnlich den bereits teilweise vorhanden politischen Sektorzielen. In den bisherigen relativen Nachhaltigkeitsbetrachtungen ist es bspw. Von Interesse wie viel kg CO₂-Äq. Pro Sektor oder Produkt emittiert werden und dies mit anderen Sektoren oder Produkten zu vergleichen und entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen (z. B. THG-Einsparpotenzial bei der Substitution von fossilen Baustoffen durch erneuerbare Baustoffe). Für eine absolute Nachhaltigkeitsbetrachtung bezogen auf sektorale und produktspezifische Grenzen ist allerdings relevant welche absoluten Mengen eines Produktes bzw. in einem Sektor maximal in einer bestimmten Zeit hergestellt und verbraucht werden dürfen, um noch als nachhaltig im Sinne der Einhaltung Planetarer Grenzen zu gelten. Diese absolute Nachhaltigkeitsbetrachtung sollte als die entscheidende Dimension angesehen werden, da relative Nachhaltigkeitsbetrachtungen und relative THG-Einsparungen von Produkten und Sektoren selbst noch keine Aussage zu den planetaren Grenzen zulassen, wenn nicht die absoluten Produktionsmengen berücksichtigt werden. (Zeug et al. 2023a)

In den letzten circa 5 Jahren wurden umfangreiche Forschungen unternommen und teils auch Fortschritte in der Ermittlung biophysikalischer Sektor- oder gar Produktgrenzen erzielt, insbesondere im Zusammenhang mit dem Joint-Research Centre der Europäischen Kommission (EC-JRC) (vgl. Kapitel 4.3.5) (Bjørn et al. 2020; Robert et al. 2020; Sala und Castellani 2019; Sala et al. 2020). Erste Ansätze dazu sind auf europäischer Ebene in der Entwicklung und frühen Anwendungsphase (Ronzon et al. 2020; Robert et al. 2020; Sala et al. 2020; Sinkko et al. 2023).

Die daraus resultierenden Skalierungs-, Allokations- und Verteilungsprobleme stellen aber keine ausschließlichen und klassisch wissenschaftlichen Probleme dar (Bjørn et al. 2020; Görg 2015; Zeug et al. 2023a). Denn neben der naturwissenschaftlich-technischen Komplexität besteht die wesentliche Herausforderung und auch bisherige Hürde in der Beantwortung der Frage wie ein Herunterbrechen Planetarer Grenzen auf Sektoren und Produkte sozial gerecht, politisch umsetzbar, ökonomisch sinnvoll und naturwissenschaftlich plausibel erfolgen soll (Ryberg et al. 2020; Ryberg et al. 2018).

Die Beantwortung dieser Fragen erfordert umfassende gesellschaftliche und demokratische politische Prozesse im Rahmen einer sozial-ökologischen Transformation sowie eine transdisziplinäre wissenschaftliche Perspektive der Politischen Ökonomie und Ökologie: Wie kann die Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse durch Ökonomien innerhalb der planetaren Grenzen sozial gerecht, ökonomisch effizient und effektiv sowie ökologisch nachhaltig organisiert und normativ analysiert werden? Es kann allerdings grundlegend bezweifelt werden, ob innerhalb der politischen Ökonomie einer kapitalistischen Marktwirtschaft, die letztlich dafür notwendige gesellschaftlich bewusste und demokratische Steuerung und Planung ökonomischer Prozesse umsetzbar und diese Probleme lösbar sind (Zeug et al. 2023a).

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant

Die Indikatoren der planetaren Grenzen sind von sehr hoher Relevanz, da nicht nur relative Aussagen, sondern die entscheidenden absoluten Aussagen getroffen werden können: wie viel und welche Bioökonomie ist innerhalb der planetaren Grenzen nachhaltig und in welchem Verhältnis zur fossilen Ökonomie.

Akzeptiert

Das Konzept der planetaren Grenzen stellt ein oberflächlich leicht zu vermittelndes Konzept dar welches bereits seit ca. 10 Jahren in vereinfachter Form medial kommuniziert wird (bspw. Earth Overshoot Day). Dahinterstehende und detailliere Indikatoren aus den Erdsystemwissenschaften haben in den letzten Jahren eine gewisse Robustheit erlangt, werden aber aufgrund der hohen Skalierung und Aggregation ständig weiterentwickelt und aktualisiert. Die planetaren Grenzen stellen aber kein rein naturwissenschaftliches Konzept dar, sondern einen wissenschaftlich-politischen Kompromiss.

Glaubwürdig (Credible)

Die Indikatoren sind insofern glaubhaft, dass die Überschreitung Planetarer Grenzen mit hoher Wahrscheinlichkeit starke negative Auswirkungen hat. Inwiefern diese aber politisch-gesellschaftlich wahrgenommen und verhandelt werden ist ebenso ungewiss wie mögliche systemische Folgen des dauerhaften Überschreitens von Kippunkten.

Einfach

Die Berechnung Planetarer Grenzen ist nicht trivial methodisch aber dennoch robust durchführbar. Das ungleich komplexere Problem besteht in der transdisziplinären Verknüpfung von planetaren Grenzen und Bioökonomie als Verteilungs- und Allokationsproblem mit weitreichenden gesellschaftlichen und politischen Implikationen.

Robust

s. Vorangegangene Aspekte, naturwissenschaftliche Hintergründe sind im Vergleich zu den gesellschaftlichen Fragestellungen relativ robust modellierbar

Punktebewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 2	Glaubwürdig: 1	Einfach: 0-1	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	--------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.5 Systemische LCA Methoden

Kurzdarstellung

Indikator: Systemische LCA Methoden

Beschreibung: Die Vielfalt von Lebenszyklusanalyse (LCA) Methoden bieten Möglichkeiten zur Abschätzung und Interpretation von Auswirkungen bestimmter Produkte, Prozesse und Produktionssystem mittels einer Input/Output-Modellierung von mikro- und mesoökonomischen Prozessen (Guinée et al. 2011). Neben ökologischen LCA (E-LCA) können soziale LCA (S-LCA), betriebswirtschaftliche LCA (LCC) und kombinierte bzw. Integrierte LCA (LCSA) die ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekte umfassen angewendet werden (Guinée 2016; Wulf et al. 2019; Zeug et al. 2023a,b). Perspektivisch ließen sich mit absoluten LCA-Methoden nicht nur relative Nachhaltigkeitsbewertungen zwischen Produkten sondern auch absolute Nachhaltigkeitsbewertungen in Bezug zu den planetaren Grenzen durchführen, hybride I/O LCA würden zusätzliche makroökonomische Betrachtungen mit genauerer Auflösung nach Produktgruppen und Sektoren. In der Bioökonomie könnten mit relativen LCSA die ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Produktionssystemen ermittelt, analysiert und verglichen, mittels hybrider I/O Methoden makroökonomische Skalen betrachtet und mit absoluten LCA zusätzlich die nachhaltigen Produktionsmengen bestimmt werden.

Einheiten: unterschiedlich

Einordnung EU-BMS Taxonomie: mehrere (Vergleich von Produkte, Prozesse und Produktionssystem)

Einordnung DPSIR-Framework: mehrere (Vergleich von Produkte, Prozesse und Produktionssystem)

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

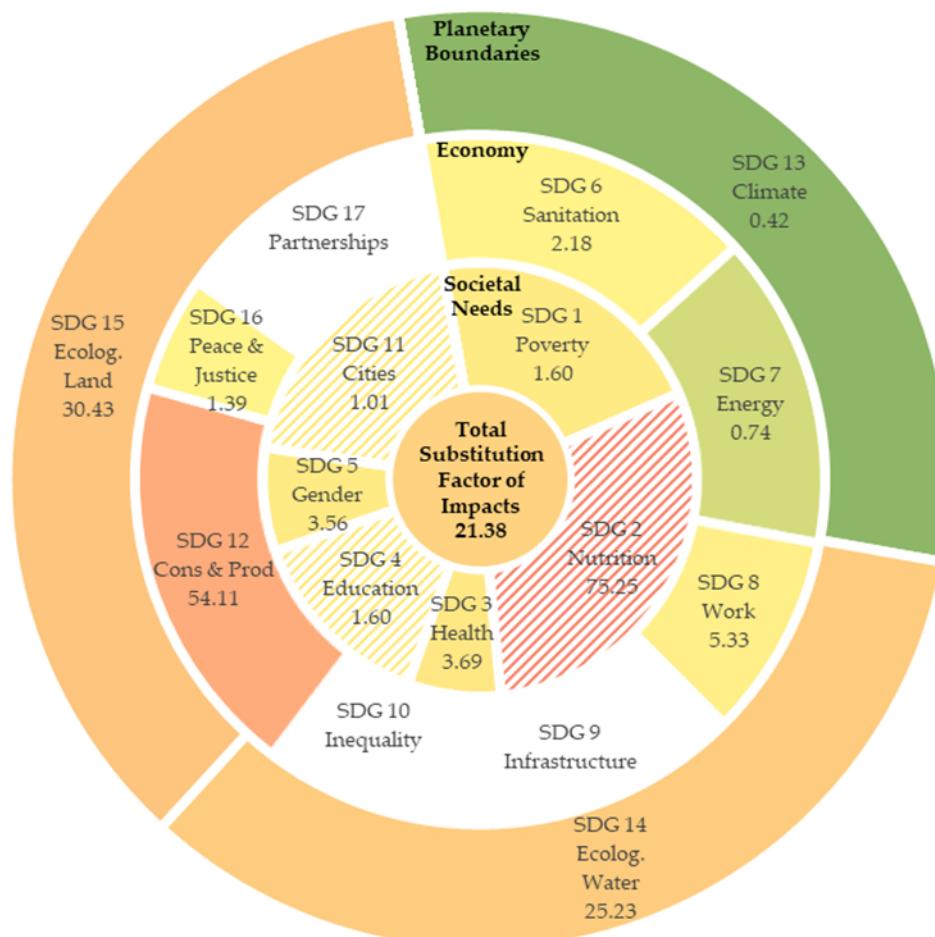
Im Monitoring der Bioökonomie existieren bisher eine Reihe von klassischen ökologischen LCA um einzelne bioökonomische Produkte bzw. Produktgruppen betrachten zu können (Bringezu et al. 2020). Diese Ökobilanzen konzentrieren sich auf die Stoffströme und die damit verbundenen Umweltbelastungen von Produkten auf der Ebene von einfachen Produktsystemen. Am häufigsten wird eine Ökobilanz verwendet, um die Umweltauswirkungen verschiedener, aber funktional identischer Systeme zu vergleichen. Bei Biomassesystemen wäre dies beispielsweise der Vergleich mit einem fossilen System, wobei der Referenzfluss in diesem

Vergleich eine gleiche funktionale Einheit (bspw. Ein Produkt) ist, die als quantifizierter Nutzen eines Produktsystems definiert wird. Diese Methodik ist allerdings auf die relative ökologische Nachhaltigkeitsbewertung, d. h. die vergleichende ökologische Betrachtung mehrerer Produkte, begrenzt.

Allerdings fehlen bisher systematische Betrachtungen, die a) neben ökologischen Aspekten auch soziale und ökonomische Aspekte berücksichtigen, b) Schlussfolgerungen auf die absolute Nachhaltigkeit innerhalb Planetarer Grenzen zulassen und c) auf meso- und makroökonomischen Skalen anwendbar sind.

Beispielhafte Anwendung

- c) Die systematische Analyse sozialer, ökologische und ökonomischer Aspekte ist auch dann relevant, wenn vorrangig nur scheinbar ökologische Indikatoren von Interesse sind, da ökologische, ökonomische und soziale Aspekte in einer engen systemischen Wechselwirkung miteinander stehen und die Vernachlässigung vorhandener Synergien und Trade-Offs erhebliche Fehlsteuerungen zur Folge haben kann (Zeug et al. 2021; Zeug et al. 2022; Zeug et al. 2023a). Die Messung und Bewertung der sogenannten ökologischen, ökonomischen oder sozialen Nachhaltigkeit auf verschiedenen Ebenen ist Inhalt verschiedener Frameworks für Lebenszyklusanalysen (LCA) und deren Kombination ($LCSA=ELCA+LCC+SLCA$) oder Integration ($LCSA=f(ELCA, LCC, SLCA)$) in Lebenszyklus-Nachhaltigkeitsbewertungen (LCSA). Insbesondere LCSA-Methoden befinden sich noch in einem frühen Stadium und stehen teilweise noch vor erheblichen methodischen Problemen (Guinée 2016; Ingrao et al. 2018; Zimek et al. 2019) (Wulf et al. 2019), da gerade in den häufig verwendeten kombinierten bzw. additiven LCSA-Ansätzen die fehlenden theoretischen Grundlagen der politischen Ökologie und Ökonomie zu einem mangelnden Verständnis von der Beziehung sozialer, ökologischer und ökonomischer Aspekte der Nachhaltigkeit führen, was weitreichende methodischen Folgen für alle Teilschritte der Methoden und für die Ergebnisse hat (Zeug et al. 2023a,b). Ausgehend von der Idee eines integrierten LCSA (Guinée 2011), wurden in den letzten Jahren innovative LCSA Methoden entwickelt, wie bspw. Das ganzheitliche und integrierte LCSA (HILCSA) (Zeug ...), um (1) inter- und transdisziplinäre sozialwissenschaftliche Perspektive zur politischen Ökonomie und Ökologie gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Fragen sowie Stakeholder mit einzubeziehen, (2) eine einheitliche Methode über alle Teilschritte des LCSA anzuwenden, (3) konsistente und vergleichbare Daten zu sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Indikatoren zu erzeugen, (4) Synergien und Trade-Offs zwischen verschiedenen Aspekten und SDGs zu identifizieren, (5) regionale und globale Implikationen sichtbar zu machen, und (6) dies in Softwareumgebungen zu implementieren. Ein Anwendungsbeispiel für den Vergleich einer prospektiven Produktion von Biomass-to-Liquid in Brandenburg mit fossilen Kraftstoffen zeigt beispielsweise, wie eine einseitige Fokussierung auf THG-Einsparungen zu erheblichen ökologischen, sozialen und ökonomischen Trade-Offs führen und das Risiko signifikanter politischer Fehlsteuerungen beinhalten kann (Abbildung 14).

Abbildung 14: Relative Nachhaltigkeit von Biomass-to-Liquid im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen

Quelle: Wiedergegeben aus Zeug et al. (2023b). Der Substitutionsfaktor des Impacts stellt das Verhältnis von Impacts von BtL und fossilen Kraftstoffen für jedes SDG dar, bspw. bedeutet das für das SDG 15 ein 30,43-fach höheres Risiko von BtL verglichen mit fossilen Kraftstoffen; Farben stellen das Risikolevel von grün (gering) bis rot (hoch) dar; weiße SDGs sind noch nicht mit Indikatoren ausgestattet, schraffierte SDGs haben unzureichende Indikatoren.

b) Neben den relativen Nachhaltigkeitsbewertungen, also dem Vergleich einzelner biogener mit fossilen Produkten, um relative Vor- und Nachteile aufzuzeigen, stellen absolute Nachhaltigkeitsbewertungen eine große Chance aber auch Herausforderung (Bjørn et al. 2020; Chandrakumar et al 2018; Sala et al. 2020; Sinkko et al. 2023). Bei bisherigen LCA und LCSA-Methoden wird eine relative Nachhaltigkeitsbewertung der Produktionssysteme vorgenommen, bspw. Der Vergleich eines vorrangig bioökonomischen Produktionssystems auf Basis nachwachsender Rohstoffe mit fossilen Produktionssystemen zur Erzeugung gleicher bzw. vergleichbarer Produkte (funktionelle Einheit). Damit lassen sich allerdings noch keine unmittelbaren Aussagen einer absoluten Nachhaltigkeitsbewertung treffen, d. h. darüber, ob und wieviel Produktionsvolumen bestimmter Produktionssysteme im Kontext aller Produktionssysteme absolut nachhaltig im Sinne der Einhaltung Planetarer Grenzen ist (Bjørn et al. 2020; Robert et al. 2020). Gerade für die Bioökonomie sind absolute Nachhaltigkeitsbewertungen von herausragender Bedeutung, da im Vergleich zu fossilen Produktionssystemen nicht nur die ökologischen Outputs (z. B. THG-Emissionen), sondern auch die Inputs in Form von limitierter Biomasse, bei welcher die Abbaurate die Regenerationsrate nicht überschreiten und die Regenerationsfähigkeit als Teil von komplexen ökologischen Systemen nicht kompromittiert werden darf. Allerdings sind solche absoluten Nachhaltigkeitsbewertungsmethoden in der Ökobilanzierung noch nicht zuverlässig verfügbar

(Alejandrino et al. 2021; Guinée et al. 2022). In SYMOBIO besteht allerdings ein erhebliches Potenzial zur Weiterentwicklung und Anwendung absoluter LCA/LCSA, da mit den Fußabdrucksindikatoren eine sehr gute Datenbasis vorliegt um planetare Grenzen auf produkt- und sektorspezifische Methoden wie LCA/LCSA anzuwenden. Denn die Ressourcen-Fußabdrücke für Energie, Land, Material, Klima und Wasser decken über 80% der Varianz der gesamten Umweltauswirkungen eines Produkts ab (Huijbregts et al.; 2017). Wie bereits bei den planetaren Grenzen (s. Kap. 4.2.4), sind dafür aber nicht nur die technisch-wissenschaftlichen Fragen, sondern auch die damit verbundenen transdisziplinären Probleme der politischen Ökonomie (Verteilung, Allokation) verbunden (Guinée et al. 2022; Zeug et al. 2023a).

c) Mittels klassischer Ökobilanzen sind zwar präzise Fallanalysen einzelner Produkte mit einem hohen Detailierungsgrad möglich, eine Abbildung ganzer Sektoren der Bioökonomie auf der Ebene umfassender Produktionssysteme ist mit den klassischen und bisher verwendeten LCA-Ansätzen allerdings nicht möglich. Dafür stehen aber erste Ansätze von hybriden LCA/LCSA-Methoden mit multiregionalen Input-Output-Analysen (MRIO) zur Verfügung (Asada et al. 2020; Budzinski et al. 2017; Crawford et al. 2018; Teh et al. 2017). Als Kombination aus mikroökonomischer Prozessanalyse klassischer LCA (bottom-up) und makroökonomischen Input-Output-Analysen aus volkswirtschaftlichen Modellen (top-down) lassen sich hybride LCI erstellen (Wood und Hertwich 2012). Allerdings muss dabei geprüft werden ob dabei tatsächlich genauere und aussagekräftigere Ergebnisse geliefert werden können, was davon abhängt wie aggregierte I/O-Tabellen von Sektoren erstellt und später disaggregiert werden können, wenn sie auf spezifischere sektorale oder regionale Kontexte angewendet werden (Pomponi und Lenzen 2018).

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

- ▶ **Relevant:** LCAs besitzen in der industriellen und wissenschaftlichen Anwendung eine hohe Relevanz für die Bioökonomie, da die spezifischen Auswirkungen von Produkten und Produktionssystemen bilanziert und bewertet werden und somit unmittelbare Rückschlüsse auf deren Nachhaltigkeit, Optimierungspotenzial und Förderwürdigkeit gezogen werden können. Die Aussagefähigkeit klassischer LCA ohne soziale und ökonomische oder absolute Abschätzung ist allerdings begrenzt.
- ▶ **Akzeptiert:** LCAs sind weitgehend akzeptiert und Stand der industriellen und wissenschaftlichen Praxis (ISO14040/14044), was für integrierte oder absolute LCAs nicht gilt. Resultieren LCAs allerdings lediglich in einfachen und intransparenten Zertifizierungen, können diese Claims und Labels aufgrund ihrer Vielzahl, Beliebigkeit und letztlich Unfähigkeit systematische Probleme zu adressieren schnell an Bedeutung verlieren.
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Aufgrund der verbreiteten gleichen Datenbasis (z. B. Ecoinvent) und standardisierter Wirkungsabschätzungsmethoden (z. B. Recipe) sind transparent und vielfach validiert und diskutiert. Unzulänglichkeiten bestehen teilweise eher in den Allokationsmethoden (bspw. Gutschriften) und in der Aggregation und Vergleichbarkeit unterschiedlicher Indikatoren im Falle von LCSAs. Besonders im Falle der absoluten LCSA spielen normative Fragestellung eine zunehmend bedeutende Rolle und sind noch unzureichend reflektiert.
- ▶ **Einfach:** Einfache LCAs lassen sich aufgrund der Standardisierung, Softwareimplementierung und meist guten Datenbasis relativ schnell und einfach durchführen. Bei komplexeren Fragestellungen wie im Bereich der LCSAs und absoluten LCAs sind diese Kriterien allerdings nur noch begrenzt gegeben und die folgende Komplexität kann eine höhere Expertise und Zeitaufwand bedeuten.

- **Robust:** Die LCA-Methodiken an sich zeichnen sich durch eine hohe Robustheit aus, die entscheidenden Sensitivitäten bestehen in der Datenbasis und Annahmen der Prozessmodellierung.

Punktebewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 2	Glaubwürdig: 1	Einfach: 0-1	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	--------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.6 Biodiversität (potenzieller Artenverlust)

Kurzdarstellung

Indikator: Biodiversitätsverlust (potenzieller Artenverlust)

Beschreibung: Der Indikator dient dazu den produktsspezifischen potenziellen Biodiversitätsverlust abzubilden. Er besteht aus der Flächenbelegung (oder auch Flächennutzungsänderung), welche mit einem Charakterisierungsfaktor, der den potenziellen Artenverlust ausdrückt, multipliziert wird (Chaudhary et al. 2015). In Chaudhary et al. (2015) wird die Herleitung der Charakterisierungsfaktoren (CF), nämlich regionaler CF und globaler CF, beschrieben. Die regionalen CF stellen den regionalen Artenverlusts pro Einheit der Landnutzung und Landnutzungsänderung dar. Allerdings sind manche dieser Arten endemisch und ihr Verlust führt zu einem globalen Artenverlust. Um dieser Tatsache mitberücksichtigen und somit den globalen irreversiblen Artenverlust abzubilden, werden die regionalen CF für jedes Taxon je Ökoregion mit einem Vulnerabilitätswert für dieses Taxon in dieser Ökoregion multipliziert. Diese globalen CF können hilfreich sein, Produkte aufzuspüren, deren Flächennutzung sich stark auf Arten auswirkt, die sofortige Maßnahmen zum Schutz erfordern. In Chaudhary and Brooks (2018) wurde die Methodik der Ableitung von CF weiterentwickelt. Betrachtet werden 5 Taxa, 5 Landnutzungstypen unterschiedlich intensiver Bewirtschaftung (3 Stufen) und 805 Ökoregionen.

Einheit: regionaler Artenverlust pro m², regionaler Artenverlust pro Jahr pro m², globaler Artenverlust pro m², globaler Artenverlust pro Jahr pro m²

Quelle: Chaudhary et al. (2015), Chaudhary und Brooks (2018)

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 2.1 *Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced*

Einordnung DPSIR-Framework: *Impact* (umweltschädliche Wirkungen)

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Während bisherige Monitoringsysteme der Bioökonomie einige Umweltaspekte bereits adressieren, wird zum aktuellen Stand (2023) weder in deutschen noch in europäischen Monitoringsystemen der Bioökonomie das Thema Biodiversität adressiert.

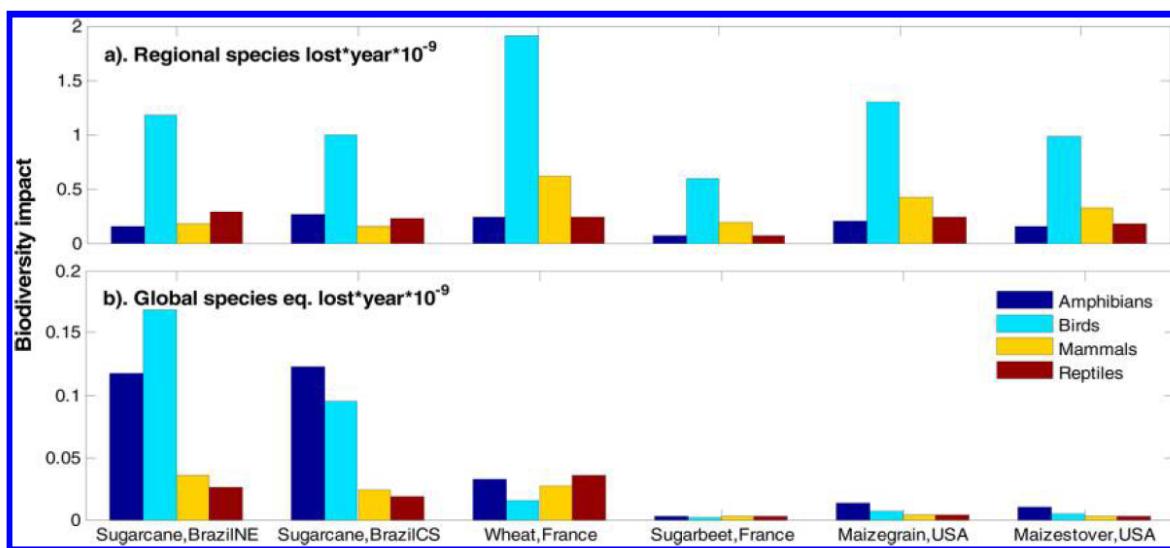
Beispielhafte Anwendung

Die folgende Abbildung (Abbildung 15) und Beschreibung ist Chaudhary et al. (2015) entnommen und stellt den Biodiversitätsverlust dar, welcher mit der Produktion von 1 kg Bioethanol einhergeht. Der Berechnung des Biodiversitätsverlustes werden einmal die regionalen Charakterisierungsfaktoren a) und einmal die globalen Charakterisierungsfaktoren b) zugrunde gelegt.

Bei der Darstellung des Biodiversitätsverlustes erfolgt eine Differenzierung nach Taxa und Herkunft der Energiepflanze. Konkret werden also die Auswirkungen auf Amphibien, Vögel, Säugetiere und Reptilien dargestellt, die bei der Produktion von Bioethanol folgenden Ursprungs aufgrund von Landnutzungsänderungen entstehen:

- ▶ Zuckerrohr aus Brasilien
- ▶ Zuckerrohr aus Brasilien
- ▶ Weizen aus Frankreich
- ▶ Zuckerrübe aus Frankreich
- ▶ Körnermais aus den USA
- ▶ Maisstroh aus den USA

Abbildung 15: Auswirkungen der Bioethanolproduktion auf die Biodiversität.



Quelle: Wiedergegeben aus Chaudhary et al. (2015)

Es zeigt sich, dass unter der Verwendung globaler Charakterisierungsfaktoren der größte Artenverlust für die Taxa Amphibien, Vögel und Säugetiere bei der Bioethanolproduktion aus brasilianischem Zuckerrohr entsteht. Für Reptilien besteht das größte Verlustpotenzial bei der Bioethanolproduktion aus französischem Weizen. Das geringste Verlustpotenzial ist bei der Produktion von Bioethanol aus Körnermais und Maisstroh aus den Vereinigten Staaten zu verzeichnen. Grund für das geringere Verlustpotenzial ist zum einen die verhältnismäßig geringe Flächenbelegung pro funktionale Einheit und die Tatsache, dass so gut wie keine

Landnutzungsänderung erfolgt. Demgegenüber geht das hohe Verlustpotenzial bei Bioethanol aus brasilianischen Energiepflanzen auf die Ökoregion zurück.

Bei der Verwendung regionaler Charakterisierungsfaktoren zeigt sich, dass der größte Artenverlust bei Vögeln und Säugetieren zu verzeichnen ist. Insbesondere bei der Produktion von Bioethanol aus französischem Weizen treten die höchsten Verlustwerte auf. Der Grund für dieses umgekehrte Verlustpotenzial ist der Vulnerabilitäts Wert, welcher bei den globalen Charakterisierungsfaktoren berücksichtigt wurde. Viele der Arten aus den brasilianischen Ökoregionen sind endemisch, deren Verlust fällt somit schwerer ins Gewicht (siehe b) als der Verlust der Arten bei der Produktion von Bioethanol aus französischen oder amerikanischen Energiepflanzen (siehe a).

Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – *Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse*

Die Biodiversitätskrise gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dem letzten Bericht des IPBES zufolge sind ca. 8 Mio. Arten vom Aussterben bedroht. Grund hierfür ist vor allem, dass deren Lebensräume entweder stark reduziert oder zerstört werden. Dass das Thema Biodiversitätsschutz auf der politischen Agenda gesetzt ist, zeigt der Biodiversitätsgipfel 2022 in Montréal. Ein zentrales Ziel dieses Gipfels ist es, bis 2030 mindestens 30 Prozent der Landflächen, Binnengewässer, Küsten- und Meeresgebiete unter Schutz zu stellen. Neben dem Unterschutzstellen von Landflächen für den Erhalt der Biodiversität ist es essenziell, die Auswirkungen (bio-)ökonomischer Aktivitäten auf die Biodiversität darzustellen, um somit Produkte und Dienstleistungen mit geringeren Auswirkungen auf die Biodiversität Produkten mit starken Auswirkungen vorzuziehen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, sobald negative Auswirkungen auf die Biodiversität erkennbar sind. Dies kann mit dem Indikator Biodiversitätsverlust erfolgen. Damit kann einerseits ein Monitoring ermöglicht werden, welches eine Fortschrittsmessung ermöglicht, andererseits können Trends identifiziert werden. Weitergehend können mit dem Indikator Produkte und Dienstleistungen verglichen werden, um somit Entscheidungen für ein biodiversitätsfreundliches bzw. gegen ein biodiversitätskritisches Produkt zu treffen. Dabei kann eine Betrachtung auf mehreren Ebenen (Produktionsland, Taxa, global, regional) erfolgen. Aufgrund dieser Gegebenheit wird der Indikator als besonders relevant eingestuft.

Akzeptiert – *Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert*

Im Rahmen der Initiative UNEP-SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), welche sich intensiv mit der Fragestellung von Biodiversität und Landnutzung in Ökobilanzen beschäftigt, wurde nach einem Stakeholder*innenbeteiligungsprozess zwischen 2015 und 2017 empfohlen, die CF von Chaudhary et al. (2015) zu verwenden. Da auch dieser Ansatz mit Lücken einherging, galt es die CF zu überarbeiten, was in Chaudhary and Brooks (2018) erfolgt ist. Da es jedoch noch weitere Ansätze, die u.a. in Chaudhary et al. (2015) diskutiert werden, zur Abbildung der Auswirkung wirtschaftlicher Tätigkeiten auf die Biodiversität gibt, gilt der Indikator Biodiversitätsverlust nicht als allgemein gültiger Ansatz und wird folglich als mittelmäßig akzeptiert eingestuft. Ein weiterer Grund den Indikator als mittelmäßig akzeptiert einzustufen liegt in der Verständlichkeit des Indikators. Die Berechnung des Indikators und folglich dessen Logik ist schwer verständlich, was die Akzeptanz unter Stakeholdergruppen erschwert.

Glaubwürdig (Credible) – Eindeutig / Transparenz der Methode

Mit dem Indikator kann eine klare Botschaft vermittelt werden, nämlich der produktsspezifische potenzielle Biodiversitätsverlust. Wie das Anwendungsbeispiel gezeigt hat, kann beispielsweise das Verlustpotenzial, welches bei der Bioethanolproduktion aus Energiepflanzen unterschiedlichen Ursprungs entsteht, abgebildet werden. Die dem Indikator zugrunde liegenden Berechnungsmethoden sind transparent dargestellt und somit reproduzierbar. Entsprechende Daten für die Ableitung der CF sind dokumentiert und in zusätzlichen Materialien zur Verfügung gestellt. Aufgrund dieser Gegebenheiten wird der Indikator als besonders glaubwürdig eingestuft.

Einfach – Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration

Die Berechnung des Indikators ist transparent dargestellt. Für die Anwendung können die entsprechenden CF aus Chaudhary and Brooks (2018) entnommen werden. Zusätzlich zu den CF müssen für die Berechnung des Indikators Flächenbelegungsdaten vorhanden sein, diese sind jedoch nicht der Quelle zu entnehmen und müssen eigenständig recherchiert werden. Dadurch reduziert sich die einfache Anwendbarkeit zusätzlich. Grundsätzlich überzeugt der Indikator aufgrund seiner technischen Machbarkeit. Aufgrund der Komplexität des Indikators und der Datenverfügbarkeit wird das Kriterium der Einfachheit jedoch nur teilweise erfüllt.

Robust – Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit

Der Indikator überzeugt durch seine solide und transparente Theorie. Entsprechende Anwendungsbeispiele haben aufgezeigt, dass der Wert des Indikator-Outputs sich verlässlich auf die Input-Parameter ändert und dass somit politisch bedeutsame Änderungen (beispielsweise Verlagerung der Anbauregion) erfasst werden können. Im Hinblick auf Datenqualität und Vollständigkeit bestehen jedoch nach wie vor Lücken. Die ursprünglichen CF sind mit erheblichen Unsicherheiten verbunden (Chaudhary et al. 2015). Die überarbeiteten CF aus Chaudhary and Brooks (2018) weisen bereits eine um den Faktor 2 reduzierte Unsicherheitsspanne auf. Zusätzlich zu Unsicherheiten in den CF werden aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit einige Taxa, wie beispielsweise die sehr diverse Gruppe der Arthropoden, die rund 80% aller Tierarten umfasst, nicht berücksichtigt. Dadurch reduziert sich die Vollständigkeit des Ansatzes. Somit ist das Kriterium der Robustheit nur teilweise erfüllt.

Punktebewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 2	Einfach: 1	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.7 Nachhaltige Biomassepotenziale

Kurzdarstellung

Indikator: Nachhaltige Biomassepotenziale

Beschreibung: Zum aktuellen Zeitpunkt (2024) besteht kein expliziter Indikator, welcher diese Aspekte abdeckt. Es bestehen bereits Arbeiten zu einzelnen Aspekten nachhaltiger Biomassepotenziale wie beispielsweise nachhaltige Bioenergiepotenziale (Reinhardt et al. 2005) oder nachhaltige Holzpotenziale (Beck-O'Brien et al. 2022). Darüber hinaus bestehen im Rahmen von Klimaschutzzonenarien oder Bioökonomieszenarien (Banse et al. 2020) Indikatoren für den nachhaltigen Umgang mit Biomasse. Wie bei den Fehlstellen erläutert, besteht jedoch ein besonders großes Interesse an einem Indikator Nachhaltige Biomassepotenziale. Die Definition eines solchen Indikators kann folgendermaßen lauten: Der Indikator nachhaltige Biomassepotenziale bildet die Menge an Biomasse ab, welche in Einklang mit Naturschutz und Biodiversität innerhalb einer Zeitperiode und innerhalb einer Volkswirtschaft genutzt werden kann.

Einheit: t oder PJ

Quelle: NA

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 2.2 *Primary production sectors are managed sustainably*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure* (Die Nähe der menschlichen Nutzung zum Biomassepotenzial zeigt das Ausmaß des Drucks.)

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Ein Ziel der sechs strategischen Ziele der deutschen Bioökonomiestrategie (Bundesregierung 2020) besteht darin, Potenziale innerhalb der ökologischen Grenzen zu erkennen und zu erschließen. Um dieses Ziel umsetzen zu können, ist es erforderlich in Erfahrung zu bringen, welches nachhaltige Potenzial überhaupt vorhanden ist. Im Eckpunktepapier der deutschen Biomassestrategie (Bundesregierung 2022) ist die Analyse des nachhaltigen Biomassepotenzials neben der Analyse der verschiedenen Anwendungsbereiche und politischen Rahmenbedingungen ein zentraler Punkt der Strategie, welche momentan entwickelt wird. Bisherige Monitoringsysteme der Bioökonomie beinhalten zwar den Aspekt der Flächenbelegung und der konsumierten Biomasse, jedoch wird darin noch nicht auf das nachhaltige Biomassepotenzial geschlossen.

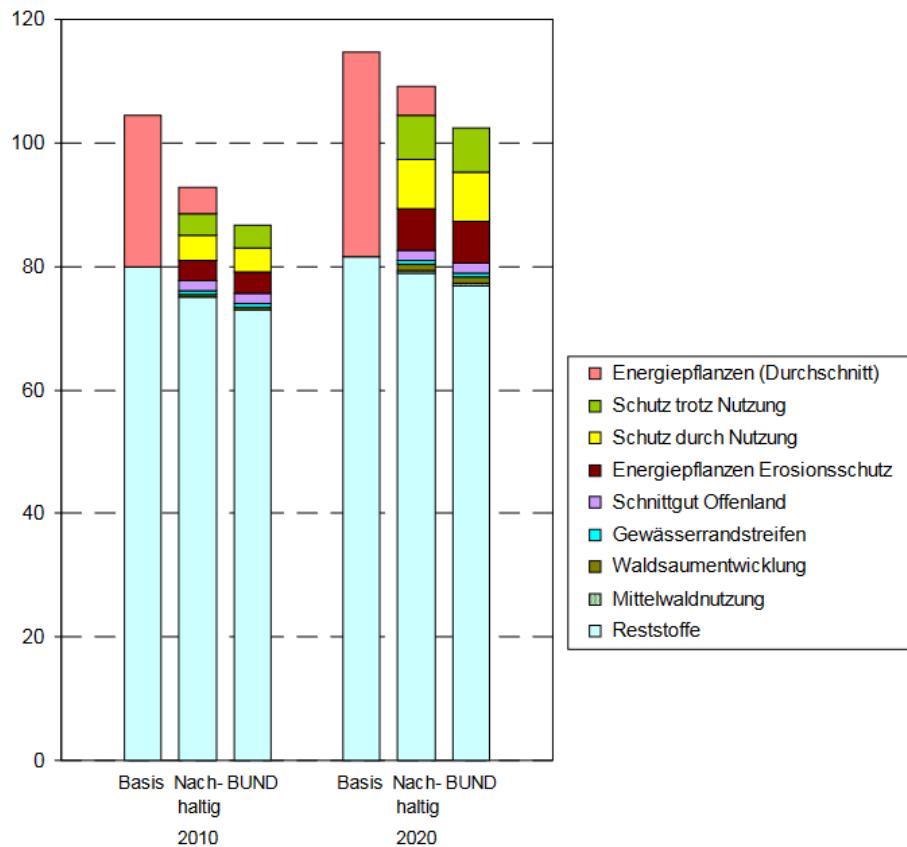
Beispielhafte Anwendung

Zwar besteht noch kein Konzept zu einem Indikator nachhaltiges Biomassepotenzial, welches im Rahmen eines Biodiversitätsmonitoring verwendet könnte, jedoch kann hier die Arbeit von Reinhardt et al. (2005) für eine beispielhafte Anwendung erläutert werden. Die Studie fokussiert zwar auf das Bundesland Baden-Württemberg, gibt jedoch Anhaltspunkte für einen solchen Indikator für die Anwendung auf Bundesebene.

Das Ziel der Studie war die Darstellung der Biomassepotenziale unterschiedlicher Szenarien unter Berücksichtigung verschiedener Nachhaltigkeitsziele. Während das *Basisszenario* einer Fortschreibung der heutigen Situation entspricht, beinhaltet das Szenario *Nachhaltig* verschiedene Nachhaltigkeitsziele beispielsweise im Bereich Naturschutz, Boden- und Gewässerschutz. Das Szenario „*BUND*“ erfüllt darüber hinaus die Annahme von 100% Ökolandbau.

Die folgende Abbildung, entnommen aus Reinhardt et al. (2005), gibt die zentralen Ergebnisse des Szenarienvergleichs für die Jahre 2010 und 2020 wieder. Es wird ausschließlich das Bioenergiopotenzial dargestellt. Deutlich zeigt sich, dass mit den unterschiedlichen Szenarien unterschiedliche Potenziale einhergehen. Den größten Anteil an den Potenzialen machen bei allen Szenarien die Reststoffe aus. Das „nachhaltige Biomassepotenzial“ umfasst dabei ca. 90 PJ im Jahr 2010 und ca. 115 PJ im Jahr 2020. Die Reduktion des Potenzials im Vergleich zum Basisszenario geht größtenteils auf die Reduktion des Energiepflanzenbaus zurück.

Abbildung 16: Bioenergiopotenziale in PJ des Bundeslandes Baden-Württemberg.



Quelle: Wiedergeben aus Reinhardt et al. (2005).

Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse

Wie bereits bei der Beschreibung der Fehlstellen erläutert, besteht zum aktuellen Zeitpunkt ein besonderes Interesse auf politischer Ebene an einem Indikator zu nachhaltigen Biomassepotenzialen. Aufgrund dieser Tatsache wird davon ausgegangen, dass der Indikator als besonders relevant bewertet werden kann. Zu den Aspekten der Fortschrittsmessung, Trendidentifizierung und Eignung zur Vorhersage und zum Modellieren kann jedoch ohne das Vorliegen eines konkreten Indikatorkonzeptes keine Bewertung (NA) erfolgen.

Akzeptiert – Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert

Da zum aktuellen Zeitpunkt kein konkreter Indikator hierfür vorliegt, kann eine Einschätzung der Akzeptanz des Indikators nicht erfolgen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass ein

Indikator, wie er bei der Beschreibung vorgestellt wurde, sowohl für politische Entscheidungsträger*innen, als auch für die breite Öffentlichkeit gut verständlich ist.

Glaubwürdig (Credible) – *Eindeutig / Transparenz der Methode*

Auch für dieses Kriterium ist eine Einschätzung zum aktuellen Zeitpunkt nicht möglich. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass insbesondere der Begriff „nachhaltig“ klar definiert sein muss, sodass der Indikator als eindeutig bzw. glaubwürdig bewertet werden kann. Weiterhin ist es erforderlich die Transparenz des Indikators zu gewährleisten.

Einfach – *Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration*

Nach wie vor kann auch für dieses Kriterium keine Bewertung erfolgen. Es wird jedoch vermutet, dass die Einfachheit des Indikators mit Hinblick auf die Datenverfügbarkeit und somit auch auf die technische Machbarkeit nur eingeschränkt gewährleistet werden kann. Aufgrund der Mehrdimensionalität und Vielschichtigkeit von Nachhaltigkeit im Kontext Biomasse kann es möglich sein, dass es herausfordernd sein wird die erforderlichen Daten zu erhalten und zu einem nachhaltigen Biomassepotenzial zu aggregieren.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

Dieses Kriterium wird ebenfalls mit NA bewertet, solange kein entsprechendes Konzept vorliegt. Einschätzungen der Autor*innen zufolge ist es fraglich, ob die Theorie des Indikators als solide Theorie aufgefasst werden kann, da unterschiedliche Akteure die Nachhaltigkeit von Biomasse unterschiedlich definieren. Allein im Kontext Energieholznutzung divergieren die Meinung im Hinblick auf dessen Klimawirkung. Während einige Expert*innen betonen, dass bei Waldenergieholz bei einer ganzheitlichen Betrachtung (inklusive Speichereffekte) keine THG-Minderung gegenüber fossilen Energieträgern erreicht wird (Hennenberg et al. 2023), betonen andere Expert*innen, dass Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft klimaneutral ist (Irslinger 2023).

Im Hinblick auf die Empfindlichkeit des Indikators, seine Verlässlichkeit und Vollständigkeit wird vermutet, dass diese erfüllt werden können. Allerdings kann es auch hier zu einer reduzierten Robustheit kommen, da die Datenqualität bzw. -verfügbarkeit als unsicher eingeschätzt wird.

Punktbewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: NA	Akzeptiert: NA	Glaubwürdig: NA	Einfach: NA	Robust: NA
--------------	----------------	-----------------	-------------	------------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.8 Kreislaufwirtschaft (zirkuläre Nutzungsrate)

Kurzdarstellung

Indikator: Circular material rate/Circular material use rate (CMUR; dt: zirkuläre Nutzungsrate)

Beschreibung: Der Indikator beschreibt den Anteil der zurückgewonnenen und in die Kreislaufwirtschaft wiedereingebrachten Menge an Material. Er ist definiert als Verhältnis zwischen dem zirkulären und dem gesamten Materialeinsatz. Der gesamte Materialeinsatz umfasst den inländischen Materialeinsatz zuzüglich des zirkulären Materialeinsatzes, der zirkuläre Materialeinsatz beinhaltet die in inländischen Verwertungsanlagen aufkommenden rezyklierbaren Abfälle zuzüglich exportierter rezyklierbarer Abfälle und abzüglich importierter rezyklierbarer Abfälle. Für eine Anwendung in der Bioökonomie gilt es den Fokus auf biogene Abfall- und Reststoffe zu legen.

Einheit: % (hohe Werte deuten darauf hin, dass mehr Sekundärmaterial verwendet wird, um Primärmaterial zu ersetzen)

Quelle: Kilsedár et al. (2021)

Einordnung EU-BMS Taxonomie: *3.1 Resource efficiency, waste prevention and waste-re-use along the whole bioeconomy value chain is improved*

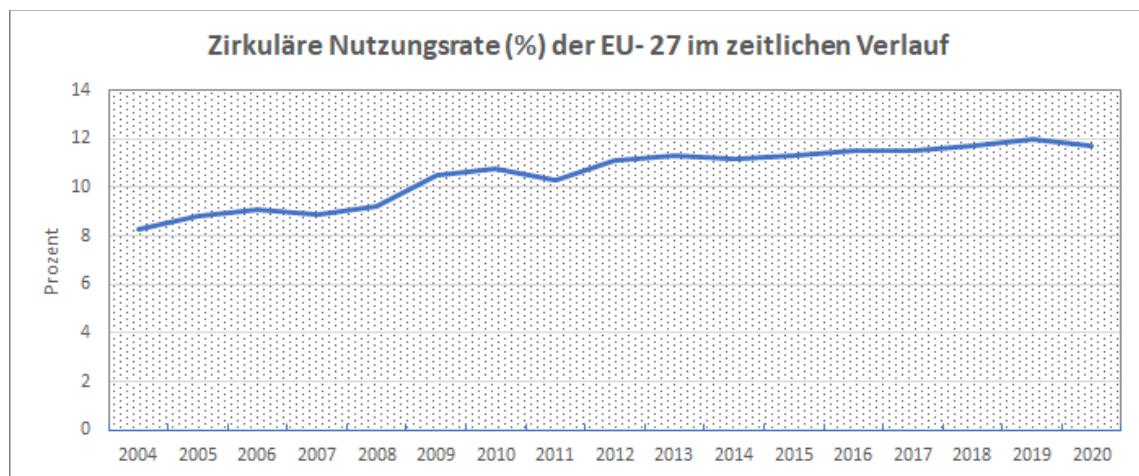
Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure, Response* (Der Grad der Kreislaufführung zeigt reduzierten Druck und ist auch eine politische Reaktion)

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Zwar werden im Rahmen des europäischen Monitoringsystems bereits Indikatoren mit Bezug zum Recycling und zur Kreislaufwirtschaft verwendet (Recycling Rate of municipal waste, cascading factor of wood resources, circular material rate), jedoch fehlen diese Aspekte nach wie vor bei Monitoringsystemen auf deutscher Ebene.

Beispielhafte Anwendung

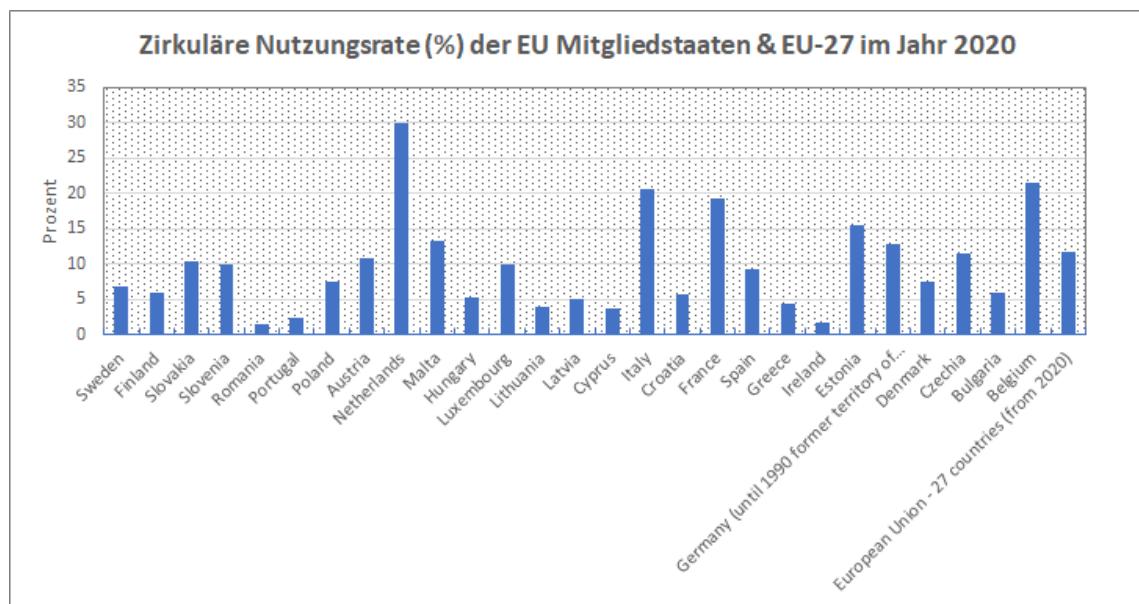
Eine Anwendung der zirkulären Nutzungsrate kann auf unterschiedlichen administrativen Einheiten erfolgen. Im Folgenden wird die zirkuläre Nutzungsrate auf Ebene der EU-27 im zeitlichen Verlauf und auf Ebene der Bundesstaaten im Vergleich untereinander vorgestellt.

Abbildung 17: Zirkuläre Nutzungsrate der EU 27 im zeitlichen Vergleich.

Quelle: Eurostat (2023).

In Abbildung 18 wird die zirkuläre Nutzungsrate (CMUR) in % der EU-27 von 2004 bis 2020 dargestellt. Während die CMUR im Jahr 2004 noch bei 8,3 % lag, ist sie über die Jahre angestiegen und betrug im Jahr 2020 11,7 %. Der stetige Anstieg der CMUR zeigt, dass sich die EU weiter in Richtung einer Kreislaufwirtschaft bewegt.

Der Vergleich der CMUR zwischen den einzelnen Staaten zeigt jedoch, dass die Kreislaufwirtschaft in unterschiedlichen Staaten unterschiedlich stark ausgeprägt ist.

Abbildung 18: Vergleich der CMUR in % zwischen den Staaten.

Quelle: Eurostat (2023).

Abbildung 18 zeigt die CMUR differenziert nach Staaten für das Jahr 2020. Mit 30 % ist die CMUR in den Niederlanden am höchsten und damit um ein Vielfaches über dem Durchschnitt der EU-27. Deutschland liegt mit 12,9 % knapp über dem Durchschnitt der EU. Weitere Länder mit hoher CMUR oberhalb des Durchschnitts der EU sind Belgien (21,5 %), Frankreich (19,2 %), Italien (20,6 %), Estland (15,6 %) und Malta (13,3 %). Beide Abbildungen zeigen jedoch auch

auf, dass Aussagen auf Ebene der Staaten getroffen werden können und weniger auf Ebene der Bioökonomiesektoren.

Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – *Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse*

In einer Welt limitierter Ressourcen ist das Prinzip der Wiederverwendung von abiotischen und biotischen Materialien und der Kreislaufwirtschaft essenziell. Die aktuelle Knappheit an Nahrungsmitteln und Energieträgern betont erneut das Erfordernis nach sich im Kreislauf befindlichen Rohstoffen, sei es abiotischer oder biotischer Herkunft. Vor diesem Hintergrund hat der Bioökonomierat in seiner Stellungnahme erläutert, dass insbesondere im Kontext Energiesicherheit der Schlüssel in einer konsequenten Kreislaufwirtschaft und der Kaskaden-Nutzung energieintensiver Rohstoffe liegt (Bioökonomierat 2022). Hierfür bedarf es Konzepte, um die abiotischen und biotischen Materialien möglichst lange im Kreislauf zu halten. Auch im Kontext Klimawirkung bzw. der Senkenwirkung ist es wichtig, den biogenen Kohlenstoff in stofflichen Anwendungen möglichst lange im Kreislauf zu halten und ihn erst am Ende der Kaskadennutzung thermisch zu verwerten. Für das Bioökonomie-Monitoring ist ein solcher Indikator somit von besonderem Interesse. Mit dem Indikator zirkuläre Nutzungsrate können Ziele der Kreislaufwirtschaft überwacht werden, bzw. kann der Indikator der Fortschrittsmessung dienen. Wie das Anwendungsbeispiel gezeigt hat, können auch Trends identifiziert werden und Modellierungen erfolgen. Aufgrund dieser Gegebenheiten wird der Indikator als besonders relevant eingestuft.

Akzeptiert – *Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert*

Der im Jahr 2018 veröffentlichte Überwachungsrahmen zum Monitoring der Kreislaufwirtschaft der Europäische Kommission enthält verschiedene Indikatoren; der Indikator zirkuläre Nutzungsrate wird darin ebenfalls aufgeführt (Europäische Kommission 2018a). Im Rahmen von Eurostat wird er jährlich erhoben und die entsprechenden Werte liegen in einer frei zugänglichen Datenbank von Eurostat, differenziert nach Mitgliedsstaaten, vor⁸. Zusätzlich dazu ist der Indikator in die SDG-Indikatoren aufgenommen⁹. Er ist sowohl konzeptionell als auch in seiner Berechnung gut verständlich. Bedingt durch die allgemeine Akzeptanz und Anwendung auf europäischer Ebene und seine gute Verständlichkeit wird der Indikator als besonders akzeptiert bewertet.

Glaubwürdig (Credible) – *Eindeutig / Transparenz der Methode*

Die Berechnung des Indikators ist transparent dargestellt. Dittrich et al. (2021) zufolge werden Berechnungsgrundlagen für diese beiden Parameter im Handbuch von Eurostat zur Verfügung gestellt. Grundsätzlich gibt es mehrere Möglichkeiten diese beiden Parameter zu berechnen. Durch diese genaue Dokumentation überzeugt der Indikator im Hinblick auf die Transparenz der Methode. Ebenso überzeugt der Indikator durch seine konzeptionelle Einfachheit, welche es ermöglicht eine klare unmissverständliche Botschaft zu vermitteln. Vorherigen Bewertungen zufolge, überzeugt der Indikator insbesondere durch seine pragmatische Herangehensweise, die es ermöglicht auch mit der vorliegenden Datengrundlage Aussagen zum

⁸ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/default/table?lang=en

⁹ <https://eu-dashboards.sdgindex.org/map/indicators/circular-material-use-rate>

Sekundärrohstoffeinsatz zu geben (Dittrich et al. 2021). Aufgrund dieser Gegebenheiten wird der Indikator als besonders glaubwürdig eingestuft.

Einfach – *Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration*

Aufgrund der Tatsache, dass die Berechnung des Indikators transparent dargestellt ist und entsprechende Daten von Eurostat zur Verfügung stehen, ist die technische Machbarkeit des Indikators gewährleistet. Die Input-Parameter, die für die Berechnung der zirkulären Nutzungsrate erforderlich sind, können als komplementär betrachtet werden und können wertvolle Zusatzinformationen bieten. Der Indikator erfüllt somit das Kriterium der Einfachheit.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

Im Hinblick auf die Frage, ob der Indikator eine solide Theorie aufweist, kann auf die Bewertung von Dittrich et al. (2021) zurückgegriffen werden. Neben der Erläuterung positiver Aspekte, erklären die Autor*innen welche Schwächen bzw. Lücken mit dem Indikator in Verbindung gebracht werden können (z. B.: ungleiche Betrachtung von Importen und heimischer Produktion beim DMC (Domestic Material Consumption); Unterstellung, dass die rezyklierten Materialien im In- und Ausland tatsächlich eingesetzt werden; Recyclingverluste bleiben unbeachtet, unbeachtete Wiedernutzung (Second Hand)). Die Lücken zeigen, dass der Indikator das Kriterium der Vollständigkeit nicht erfüllt. Gleichzeitig wird auch das Kriterium der Empfindlichkeit und Verlässlichkeit nur teilweise erfüllt. Zwar reagiert der Indikator verlässlich auf geänderte Input-Parameter, jedoch bestehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Berechnung des Zählers und Nenners. Dadurch können grundsätzlich unterschiedliche Indikatorwerte erzielt werden, die wiederum unterschiedlich zu interpretieren sind. Dem gegenüber überzeugt der Indikator im Hinblick auf die Datenqualität, wie die Tatsache belegt, dass Daten von amtlichen Quellen bereitgestellt werden. Ganzheitlich betrachtet wird der Indikator als mittelmäßig robust bewertet.

Punktebewertung der Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 2	Glaubwürdig: 2	Einfach: 2	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

5.2.9 Räumliche Darstellung der Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung

Kurzdarstellung

Ansatz: Räumliche Darstellung der Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung

Beschreibung: Der Ansatz beschreibt die Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung in einer räumlichen Aufteilung. Auf diese Weise kann der Indikator als Frühwarnsystem fungieren, um regionale Hotspots und Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Landnutzungsarten kenntlich zu machen.

Einheit: Karte mit Informationen zur regionalen Landnutzung [z. B. Verteilung der Flächen nach Landwirtschaft, Wälder, Städte in % und Hektar; Verteilung nach Biomasseart (z. B. Wiesen, Ackerland, Waldgebiete) in % und Hektar]

Quelle: Kilsedár et al. (2021); Adhikari und Adhikari (2021); Buchhorn et al. (2023); DLR (2016); Egenolf und Bringezu (2019); EEA (2023b); Meier et al. (2020)

Einordnung EU-BMS Taxonomie: mehrere (visuelle, räumliche Darstellung davon)

Einordnung DPSIR-Framework: mehrere (visuelle, räumliche Darstellung davon)

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

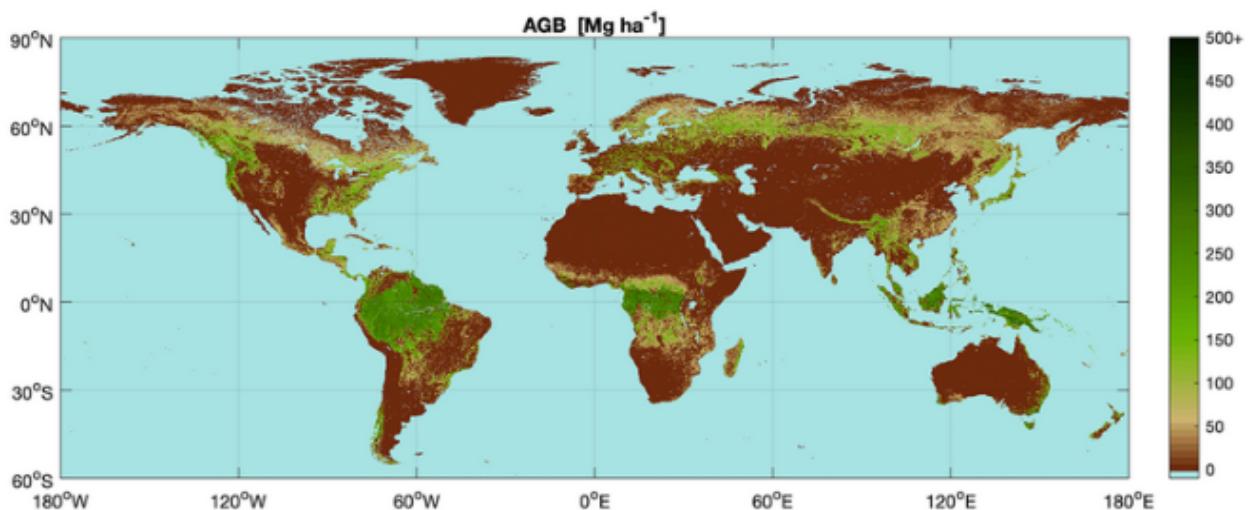
Kilsedár et al. (2021, S. 25-28) weisen darauf hin, dass Daten zur landwirtschaftlichen Flächennutzung als auch zur Veränderung der Wald-, Acker- und Grünlandflächen auf europäischer Ebene vorliegen. Einen Indikator, der über die regionalen Unterschiede und Entwicklung der Landnutzung in regionaler Auflösung (z. B. in Form einer Karte) informiert, ist ausgewiesen. Egenolf and Bringezu (2019, S. 10) konzeptualisieren einen Indikator, welcher Aufschlüsse über die regionale Landdegradation bereitstellen soll und auf entsprechenden Datensätzen zum Verlust von Wald- und Agrarflächen auf deutscher, europäischer und internationaler Ebene basiert. Eine Karte, welche über die regionalen Unterschiede und Entwicklungen der Landnutzung informiert, ist darin nicht vorgesehen.

Bislang gibt es ein paar Anbieter*innen, die Informationen über Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung der Bioökonomie in Form einer Karte bereitstellen. Im Folgenden sind einige ihrer Anwendungsbeispiele illustriert.

Beispielhafte Anwendung

Ein Ansatz, um globale Biomassebestände sowie -flüsse abzubilden, liegt darin, hochauflösenden Satellitenbilder mit der LiDAR-Technologie zu untersuchen. Bei dieser Technologie misst ein Laser den Abstand zur Erdoberfläche und ermöglicht es den Raum anhand der entstehenden Reflexion auszumessen (Wasser 2023). Copernicus stellt in regelmäßigen Abständen eine entsprechende Karte der globalen Biomassebestände bereit (siehe Abbildung 19).

Darüber hinaus stellen Copernicus und der Land Monitoring Service jährlich auch eine weitere Karte bereit, bei der sie die globalen Biomassebestände in ihre einzelnen Arten weiter untergliedern (siehe Buchhorn et al. 2019). Dadurch lassen sich globale Biomassebestände in einer differenzierten Weise sowie ihre Veränderung mit der Zeit betrachten.

Abbildung 19: LiDAR-Schätzung der globalen Biomassebestände.

Quelle: Wiedergegeben aus Santoro et al. (2021). Anmerkung: Die Karte schätzt die Biomassebestände für 2010; Die Skala auf der rechten Seite zeigt in Mg/ha an, wie hoch die Biomassekonzentration in einer jeweiligen Region ist; AGB = „Above-Ground Biomass“.

Eine ähnliche Herangehensweise nutzte auch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, um die Biomassebestände Deutschlands zu untersuchen (DLR 2016). Außerdem planen auch weitere Staaten die LiDAR-Technologie für die Analyse ihrer Biomassebestände und Ökosysteme zu nutzen. So prüft etwa Schottland derzeitig, einen jährlichen Scan durchzuführen, um die Gesundheit seiner Wälder, Feuchtgebiete und Ökosysteme zu analysieren (Greenfield 2023).

Abbildung 20 zeigt ein weiteres Beispiel, bei dem die Karte die Ursachen für den weltweiten Waldverlust aufzeigt.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse

Biomassebestände verändern sich mit der Zeit. Einerseits führt der Klimawandel dazu, dass Biomassebestände degenerieren, da steigende Temperaturen bzw. veränderte Niederschlagsmuster Böden sowie Wälder austrocknen lassen (EEA 2023b). Andererseits beeinflusst auch der Mensch durch unterschiedliche Landnutzungsarten und -intensitäten wie sich der Biomassebestand entwickelt. So trägt etwa die Intensivierung der landwirtschaftlichen, energetischen oder holzverarbeitende Nutzung dazu bei, dass Biomassebestände mit der Zeit abnehmen. Die EEA (2023b) schätzt, dass mit einer weiteren Degradation der europäischen Wälder bis 2100 zu rechnen ist, bei der ein ökonomischer Wertverlust von 14-50% einhergehen wird.

Ein Indikator, der regional spezifische Informationen über Veränderungen von Biomassebestände bereitstellt, ist daher wichtig, um rechtzeitiges Gegensteuern zu ermöglichen. So weisen etwa Adhikari und Adhikari (2021) darauf hin, dass eine Kartierung essenziell ist, um Einflussgrößen und zugrundeliegenden Trends der Bioökonomie zu verstehen und eine nachhaltig organisierte Landnutzung überhaupt erst planbar zu machen. Meier et al (2020) fügen hinzu, dass eine Kartierung nötig ist, um auch die Wechselwirkung einer intensiveren Landnutzung auf die Biodiversität zu ergründen. Ohne eine allumfängliche

Kartierung besteht die Gefahr, nicht rechtzeitig auf die Degradation von Biomassebeständen oder einer abnehmenden Biodiversität reagieren zu können.

Ferner erhöht die Erhebung des Indikators das Verständnis über den Zusammenhang zwischen Landnutzung und Bioökonomie und erlaubt es potenzielle Zukunftsszenarien mithilfe von Modellrechnungen zu analysieren. So ließe sich beispielsweise modellieren, wie sich eine intensivierende landwirtschaftliche Bodennutzung langfristig auf die Bioökonomie auswirkt. Solche Modellierungsbeispiele könnten genutzt werden, um bevorstehende Entscheidungen über den Umgang mit der Bioökonomie künftig zu leiten.

Akzeptiert – *Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert*

Der positive Beitrag, den die Visualisierung von Landnutzung in Form von Karten für den Umweltschutz leisten, ist weitläufig anerkannt (siehe z. B. Meier et al. 2020, Adhikari und Adhikari 2021). Angesichts des hohen Interesses an der Kartografie der Landnutzung wird ein um weitere Datenpunkte erweiterte Indikator wahrscheinlich von einer breiten wissenschaftlichen Öffentlichkeit positiv rezipiert werden.

Die Kartierung hätte den Nutzen, den Zustand sowie die Veränderung von Biomassebestände für die Allgemeinheit sichtbar zu machen, zugrundeliegende Trends zu analysieren und ein etwaiges Gegenlenken zu ermöglichen. Eine detaillierte Kartierung könnte somit wegweisend sein, um einen nachhaltigen Umgang mit der Bioökonomie zu organisieren.

Glaubwürdig (Credible) – *Eindeutig / Transparenz der Methode*

Der Mehrwert einer Karte zur Darstellung der Biomassebestände liegt auch darin, dass sie mit einer entsprechenden Legende für Laien sehr leicht verständlich und interpretierbar ist und so mit höherer Wahrscheinlichkeit die gewünschte Auseinandersetzung mit dem Zustand der Biomasse in der Heimatregion eintritt.

Ob eine entsprechende Karte letztendlich als glaubwürdig empfunden wird, hängt davon ab, inwiefern die genutzte Methode zur Datenerhebung/-modellierung einsehbar und somit nachvollziehbar ist. Komplexe und undurchsichtige Modellierungen können der Glaubwürdigkeit des Indikators schaden. Eine transparente und schematisch aufgearbeitete Erklärung der Methodik kann hingegen die Glaubwürdigkeit steigern. Die LiDAR Technologie fällt unter letztere Kategorie, da eine Vielzahl an schematisch aufgearbeiteten Übersichten mit entsprechenden Erklärungen online zugänglich sind (siehe z. B.: NASA Langley Research Center, o.J. oder Wasser 2023). Aufgrund der leichten Verständlichkeit sowie Transparenz der LiDAR-Methode ist zu erwarten, dass die Adressat*innen den Indikator als glaubwürdig einstufen.

Einfach – *Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration*

Bereits bestehende Datensätze zur Landnutzung kommen vom DLR (2016) welches eine Karte mit Informationen zur Landbedeckung und -nutzung für Deutschland bereitstellt, die aber nicht in regelmäßigen Abständen aktualisiert wird. Copernicus Global Land Service von Buchhorn et al. (2019) stellt detaillierte und freizugängliche Karten bereit, bei der sie die Landbedeckung anhand von Satellitenbildern und einem dafür entwickelten Algorithmus analysieren. Unter anderem gibt es Karten zur Landnutzung als auch zu spezifischen Aspekten wie der Dichte der Baumbestände, die allerdings nur für den Zeitraum zwischen 2015 bis 2019 vorliegen. Diese lassen sich nutzen, um sich über regionale Biomassebestände und ihre Zu- und Abnahmen zu informieren. Allerdings bedarf es zusätzlicher Arbeiten, die relevanten Karten auszuwählen, um Veränderungen über die Jahre zu vergleichen und greifbar zu machen.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

Copernicus verwendet hochauflösende Satellitenbilder, einen Algorithmus und 23 Klassifizierungen von Landbedeckungsarten. Die Methode beruht auf tatsächlich erhobenen Daten aus Satellitenbildern, die anschließend anhand von Annahmen und Berechnungen eine Modellierung der globalen Biomassebestände erlauben. Weitere Informationen zur Methodik finden sich hier: <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ>

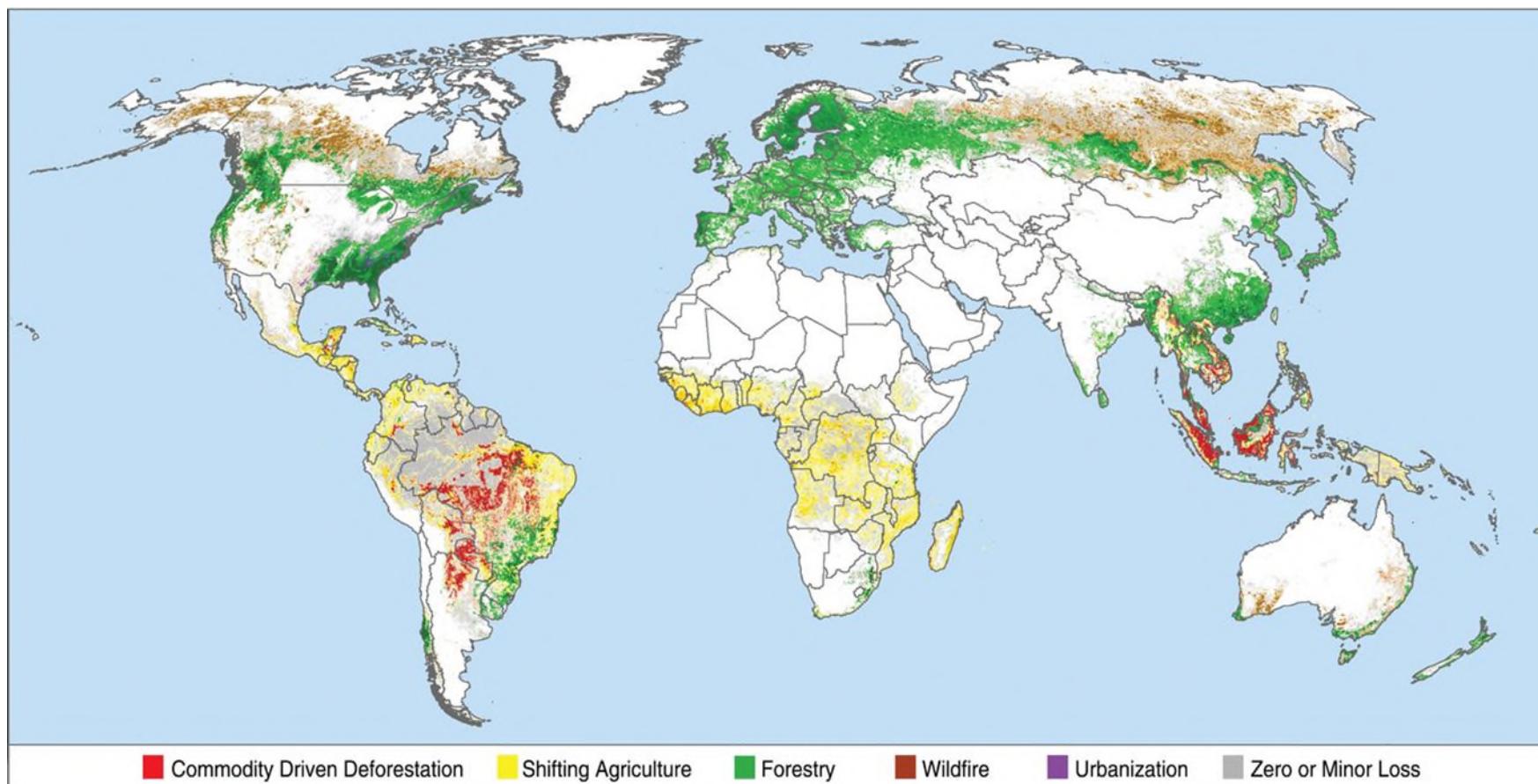
Copernicus arbeitet zusammen mit namenhaften Partner*innen wie der EEA, der europäischen Kommission oder dem Land Monitoring Service, um für eine bestmögliche Qualität seiner Arbeiten zu sorgen. Es ist zu erwarten, dass die bereitgestellten Karten robuste und belastbare Ergebnisse liefern, da die gemeinsame Expertise dieser Kooperationspartner*innen in die Erstellung der Karte einfließt.

Punktbewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 2	Glaubwürdig: 2	Einfach: 1	Robust: 2
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

Abbildung 20: Räumliche Darstellung der Art, Intensität und Veränderung der Landnutzung



Quelle: Wiedergegeben aus Curtis et al. (2018). Auszug aus der Kurzfassung: „Global maps of forest loss depict the scale and magnitude of forest disturbance, yet companies, governments, and nongovernmental organizations need to distinguish permanent conversion (i.e., deforestation) from temporary loss from forestry or wildfire. Using satellite imagery, we developed a forest loss classification model to determine a spatial attribution of forest disturbance to the dominant drivers of land cover and land use change over the period 2001 to 2015. Our results indicate that 27% of global forest loss can be attributed to deforestation through permanent land use change for commodity production.“

5.2.10 Schadstoff- und Feinstaubemissionen der Bioökonomie

Kurzdarstellung

Indikator: Schadstoff- und Feinstaubemissionen der Bioökonomie

Beschreibung: Der Indikator misst diejenigen Stoffe in der Luft, die die Luftqualität negativ beeinflussen. Zum einen ermittelt er die nicht zu den Treibhausgasen gehörigen gasförmigen Schadstoffemissionen wie Ammoniak, Stickstoffoxide, flüchtige organische Verbindungen sowie Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid sowie den Feinstaubgehalt in der Luft. Der Indikator kann einerseits die gesamten emittierten Luftschadstoffe eines Landes angeben (in Tonnen) oder aber die lokale Luftqualität an bestimmten Messstationen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Der Zusammenhang zwischen Emissionsquelle und den Auswirkungen an bestimmten Orten hängt von einer komplexen atmosphärischen Dynamik ab und normalerweise nicht genau nachvollziehbar.

Einheit: Tonnen oder $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Quellen: Bringezu et al. (2020); Egenolf und Bringezu (2018); Kilsedár et al. (2021).

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 2.2 Primary production sectors are managed sustainably

Einordnung DPSIR-Framework: Pressure

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie

Das europäische Bioökonomie-Monitoringsystem (Kilsedár et al. 2021) sowie das im Rahmen des vom BMBF geförderten „SYMOBIO“-Projekts nennen die Luftqualität als ein wichtiges Kriterium. Dabei berücksichtigten Egenolf und Bringezu (2018) zwar Indikatoren zur Messung der Luftqualität im Arbeitspapier zum Monitoring der deutschen Bioökonomie, im darauf aufbauenden Pilotbericht (Bringezu et al. 2020) wird Luftqualität jedoch nicht länger aufgeführt.

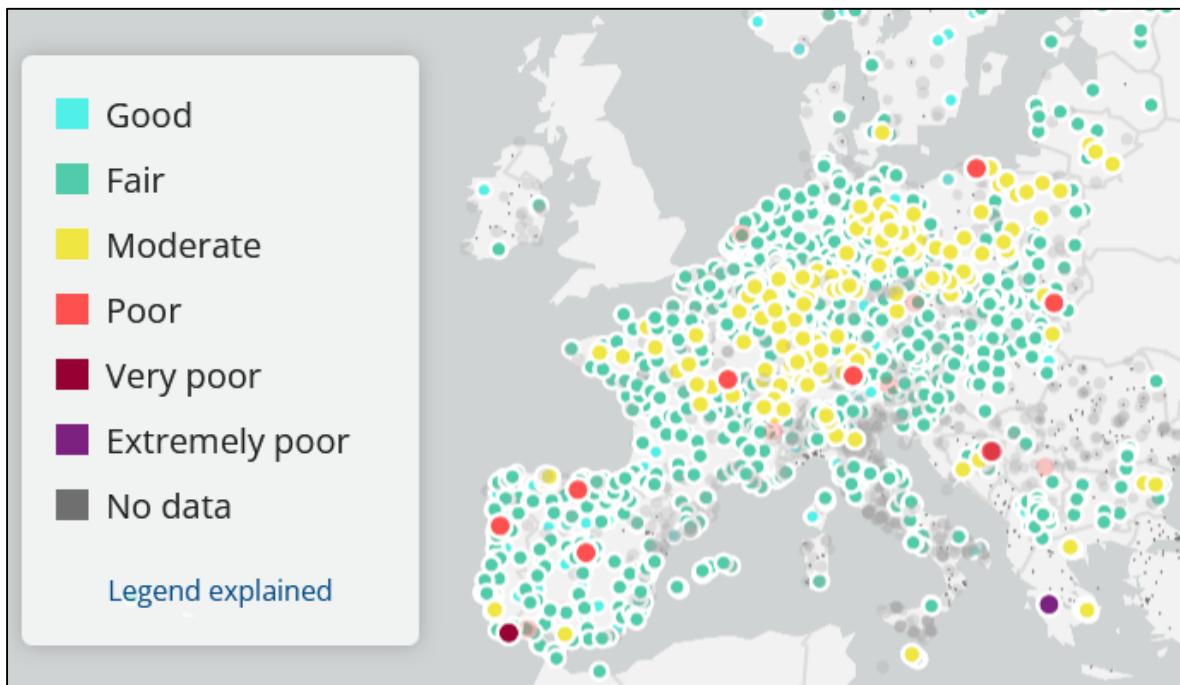
Bisher liegen zahlreiche Indikatoren vor, welche die Luftverschmutzung auf deutscher, europäischer und globaler Ebene abbilden und Informationen über Luftschadstoffe wie Feinstaub, Stickstoffoxide oder Schwefeldioxid berücksichtigen. Aus diesen Messungen geht jedoch nicht explizit hervor, welcher Energieträger oder welche genaue Aktivität die Verschmutzung verursacht. Daher ist bislang nicht einsehbar, inwiefern die Produktion bzw. Nutzung von Biomasse zu einer Belastung der Luftqualität beiträgt.

Beispielhafte Anwendung(en)

Indikatoren zur Messung der Luftqualität haben den Nutzen, dass sie die Öffentlichkeit über die Gefahren einer zunehmenden Luftverschmutzung informieren und als Entscheidungsgrundlage fungieren, um ein etwaiges Gegensteuern zu ermöglichen. Im Kontext der Luftqualität werden am häufigsten Indikatoren genutzt, welche die lokale Luftqualität in einer Skala bewerten und gleichzeitig in einer Karte abbilden. Der Europäische Luftqualitätsindex der EEA (2021) ist als ein entsprechendes Beispiel zu betrachten (siehe Abbildung 21). Der Index berücksichtigt unter anderem die an den europäischen Messstationen erhobene Konzentration an Feinstaub, Ozon sowie Stickstoff- und Schwefeldioxid in der Luft. In Deutschland ist das Umweltbundesamt (UBA 2023) für das Erheben der Daten des Luftqualitätsindex zuständig und übermittelt die deutschen Messwerte an die EEA, um den Bestimmungen der EU-Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) zu erfüllen. Auf der internationalen Ebene hingegen, stellen Anbieter wie der

World Air Quality Index (2023) oder IQAir-Index (2023) stündlich Informationen zur Luftqualität in mehr als 80 Ländern bereit.

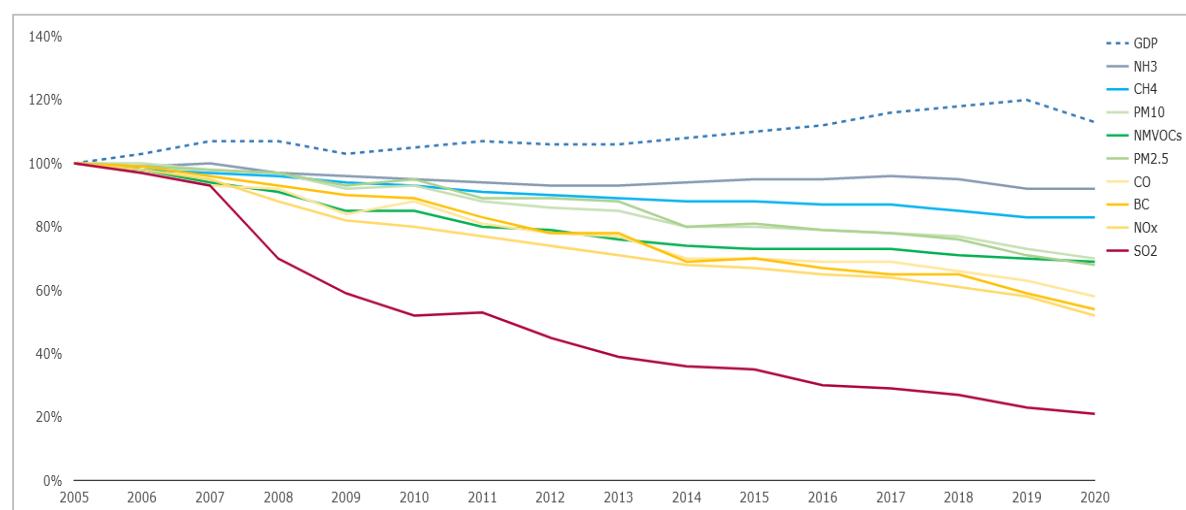
Abbildung 21: Europäischer Luftqualitäts-Index.



Quelle: EEA (2021). Anmerkung: Die Karte bildet die Luftverschmutzung an europäischen Messstationen in Form einer Skala (von „Extrem schlecht“ bis „Gut“) ab.

Neben den bereits genannten Ansätzen zur Messung der Luftqualität, gibt es auch Indikatoren, welche die historische Entwicklung unterschiedlicher Schadstoffarten abbilden. Ein entsprechendes Beispiel stellt die EEA (2022) bereit (siehe Abbildung 22). Der Indikator bildet ab, wie sich die Luftverschmutzung aus Schadstoffen wie Ammoniak, Stickoxide oder Methan im Vergleich zum Basisjahr 2005 entwickelt haben. Dadurch lässt sich betrachten, inwiefern einzelne Schadstoffe mit der Zeit ab- oder zugenommen haben.

Abbildung 22: Quellen und Emissionen von Luftschaadstoffen in Europa.



Quelle: EEA (2022). Anmerkung: Das Diagramme bildet die Entwicklung unterschiedlicher Schadstoffemissionen im Zeitverlauf von 2005 bis 2020 ab. Die Entwicklung der jeweiligen Schadstoffemissionen ist dabei als Anteil seines Basiswerts von 2005 dargestellt. Abkürzungen: GDP = BIP; NH3 = Ammoniak; CH4 = Methan; PM10 = Feinstaub; NMVOCs = Flüchtige organische Verbindungen; PM2.5 = Feinstaub der Partikelgröße 2.5; CO = Kohlenstoffmonoxid; BC = Rußpartikel; NOx = Stickoxid; SO2 = Schwefeldioxid.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant – Fortschrittsmessung / Identifizierung von Trends / Vorhersage und Modellierung / Umfang/Ebenen der Anwendung / Funktions- und bedarfsbezogene Analyse

Die Bioökonomie kann die Luftverschmutzung potenziell erhöhen und sich somit negativ auf die Umwelt und die Gesundheit der Bevölkerung auswirken. Hierfür verantwortlich sind primär das durch Landwirtschaft entweichende Ammoniak (NH3) sowie Feinstaubemissionen durch das Verbrennen von Biomasse zu Energie- und Wärmezwecken. Dabei beeinflusst die Bioökonomie die Luftqualität in Innenbereichen (z. B. durch offene Feuerstellen) sowie im Außenbereich durch zentrale und dezentrale Verbrennung und landwirtschaftliche Aktivitäten. Entsprechend sollten die assoziierten Luftschaadstoffe und Feinstaubemissionen überwacht werden, um im Falle von steigenden Werten entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

Die europäische Luftverschmutzung hat in den letzten Jahren insgesamt abgenommen, überschreitet jedoch weiterhin die zulässigen Schadstoff-Richtwerte vielerorts und belastet die Gesundheit zahlreicher Menschen. So schätzt die EEA (2023a), dass 2021 97% der Europäer*innen einer Feinstaubkonzentration über dem von der WHO festgelegten Richtwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt waren. Dies trage zu einem erhöhten Risiko für Atemwegs- und Herzkreislauferkrankungen sowie einer verkürzten Lebenszeit bei. Weitere Anstrengungen sind entsprechend nötig, was auch die im „Zero Pollution Action Plans“ der EU-Kommission (COM/2021/400 final) festgelegten Ziele, wie etwa die allgemeine Verbesserung der Luftqualität oder die Senkung der vermeidbaren Sterbefälle durch Luftverschmutzung, zeigen.

Eine Differenzierung nach den einzelnen Schadstoffquellen bzw. hier der Fokus auf Aktivitäten der Bioökonomie erhöht das Verständnis über die Treiber von Luftverschmutzung und macht die zugrundeliegenden Trends sichtbar. Die Erfassung schafft eine verlässliche Grundlage, um den jeweiligen Herausforderungen der einzelnen Schadstoffquellen mit angemessenen Lösungsansätzen zu begegnen. Darüber hinaus bietet das Sammeln dieser Daten den Vorteil, ein besseres Verständnis über den Zusammenhang zwischen Bioökonomie und Luftqualität zu

erhalten und potenzielle Zukunftsszenarien mithilfe von Modellrechnungen zu analysieren. Auf diese Weise lässt sich etwa untersuchen, inwiefern eine zunehmende Nutzung von Biokraftstoffen im Transportwesen oder eine zunehmende Verbrennung von Biomasse zur Wärmegegewinnung zu einer Einschränkung der Luftqualität führen.

Akzeptiert – Akzeptanz durch die Stakeholder / Rolle und Anwendungsbereich gut definiert

Die Indikatoren zur Messung der Luftqualität (hier: national emittierte Luftschatdstoffe und lokale Luftqualität) sind generell akzeptiert und der Anwendungsbereich ist klar definiert. Bereits seit 2008 stellt die EU-Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) Leitlinien zur Senkung der Luftverschmutzung bereit, welche im Rahmen des deutschen Bundes-Immissionsschutzgesetzes auch ins nationale Recht überführt wurden. Dies beinhaltet unter anderem, dass das Bundesumweltamt Daten zur deutschen Luftqualität an die EEA berichten muss (Langenkämper 2017). Allerdings betrifft dies nur die gesamten Luftschatdstoffe. Eine Aufteilung auf die Bioökonomie bedarf weiterer Arbeiten, sodass der Anwendungsbereich dann noch überprüft (und akzeptiert) werden muss.

Glaubwürdig (Credible) – Eindeutig / Transparenz der Methode

Die hier genannten Indikatoren unterscheiden sich in ihrer Verständlichkeit. Die lokale Luftqualität ist als Indikator zunächst einfach zu verstehen. Dabei sollten allerdings auch Informationen zu den Grenzwerten vermittelt werden, um die lokale Luftverschmutzung mit der Luftqualität in Verbindung zu setzen. Karten sowie Skalen, die die Über- oder Unterschreitung verbildlichen, erhöhen das Verständnis. Allerdings sind die Schadstoff-Grenzwerte und die bei einer Überschreitung eintretenden Auswirkungen auf den Organismus einer breiten Öffentlichkeit eher nicht geläufig. Grafiken, die aufzeigen, wie sich die einzelnen Luftschatdstoffe im Zeitverlauf entwickeln, tragen dazu bei, das Verständnis über den Fortschritt bei der Bekämpfung der Luftverschmutzung zu erhöhen. So erlauben sie es etwa, Schadstoffreduktionsziele auf der nationalen Ebene kenntlich und mit anderen Ländern vergleichbar zu machen. Sie lassen allerdings keine Rückschlüsse darüber zu, inwiefern Grenzwerte in bestimmten Regionen überschritten wurden und daher mit gesundheitlichen Risiken zu rechnen ist. Außerdem sind die absolut emittierten Luftschatdstoffe in ihrer Größenordnung für Nicht-Expert*innen eher schwer zu interpretieren. Um die Glaubwürdigkeit der Indikatoren zu steigern, sollten daher weiterführende Informationen, etwa zu gesundheitsschädlichen Grenzwerten, den mit Luftverschmutzung verbundenen Nachteilen sowie zum Anwendungsbereich und der Größenordnung des jeweiligen Indikators bereitgestellt werden.

Einfach – Verfügbarkeit der Daten / Technische Machbarkeit / Komplementarität und Integration

Bislang gibt es keinen zusammenfassenden Datensatz über die Luftschatdstoffe der Bioökonomie. Als möglicher Proxy könnten Kategorien der bestehenden Berichterstattung genutzt werden, die auf den jährlich von den Mitgliedstaaten an die EU gemeldeten Emissionsdaten basieren. Die lokalen Luftschatdstoffe können generell nur mit Unterstützung von Modellen auf einzelne Quellen zurückgeführt werden. Hier bräuchte es entsprechend weitere Arbeiten, um die Datensätze auf die Bioökonomie runterzubrechen. Denkbar wäre es, eine Hochrechnung durchzuführen, bei der die inländisch verbrauchte Biomasse mit den durchschnittlichen Emissionsfaktoren der jeweiligen Schadstoffe verknüpft werden. Alternativ wäre es möglich den Anteil der Bioökonomie an den unterschiedlichen Energieträgern zu berechnen, welche die Luft verschmutzen. Dieser Anteil könnte dann mit den Daten der europäischen Messstationen verknüpft werden.

Robust – *Vertretbare Theorie / Empfindlichkeit / Datenqualität / Verlässlichkeit / Vollständigkeit*

Die bestehenden Datensätze zur Luftreinhaltung unterliegen Berichtsstandards und einem Qualitätscheck durch die Europäische Umweltagentur. Da aber bisher keine Zuordnung auf die Bioökonomie durchgeführt wird, lässt sich keine Aussage darüber treffen, wie robust diese Daten wären. Die Robustheit des Indikators hängt davon ab, wie die Daten letztendlich gemessen bzw. umgerechnet werden.

Punktbewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 0	Robust: NA
-------------	---------------	----------------	------------	------------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

6 Vorschläge und Handlungsempfehlungen

6.1 Vorschläge zur Ergänzung des Bioökonomie-Monitorings der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten

Mit dem „Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie“ wurde das im Rahmen des SYMOBIO-Projekts entwickelte Monitoringsystem zur Bewertung der Bioökonomie erstmals in Deutschland angewendet. Angesichts der Dimensionen und Komplexität der Bioökonomie als Ganzes, ist es nicht verwunderlich, dass hier viele Fragen offenbleiben und sich Lücken zeigen. Zunächst wurde deutlich, dass aus der Erstanwendung nur eine Sachstandsanalyse hervorgeht. Ein Monitoringergebnis im eigentlichen Sinne lässt sich erst durch eine wiederholte Erhebung über einen längeren Entwicklungszeitraum erschließen.

Wichtig wäre es jedoch, auch für den Status quo bereits Aussagen zur positiven oder negativen Wirkung der Bioökonomie treffen zu können und nicht erst einen längeren Transformationsprozess abwarten zu müssen. Solche Aussagen könnten helfen, potenzielle Lock-in-Effekte in Industrien und Produktionsbereichen zu vermeiden.

Die folgenden Empfehlungen für ein deutsches Bioökonomie-Monitoring fokussieren auf den Umwelt- und Naturschutz. Dabei werden, soweit möglich, konkrete Vorschläge gemacht und weiterer Forschungsbedarf skizziert. Dabei ist zu beachten, dass SYMOBIO 2.0 bereits einige Verbesserungen verspricht. Die Empfehlungen werden im Kontext der identifizierten Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene gestellt. Die Empfehlungen werden hier in den Kontext der identifizierten Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene gestellt:

- ▶ **Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene** - Die Empfehlungen gehen auf die Lücken der Monitoringsysteme der EU und Deutschlands ein.
- ▶ **Monitoring-Lücken auf EU-Ebene, die weitgehend durch deutsches Monitoring behoben sind** - Die Empfehlungen erkennen wichtige Stärken des deutschen Monitoringsystems im Vergleich zum EU-System an und bauen darauf auf.
- ▶ **Gute Praktiken des EU-BMS, die im deutschen Monitoringsystem einsetzbar sind** - Die Empfehlungen zeigen bewährte Verfahren auf EU-Ebene auf, die den deutschen Ansatz zum Bioökonomie-Monitoring verbessern könnten.

6.1.1 Monitoring-Lücken auf EU- und nationaler Ebene

Die Transformation zu einer Bioökonomie in Deutschland wird auf EU-Ebene durch das EU-BMS sowie auf nationaler Ebene durch das Monitoring, das die Bundesregierung derzeit aufbaut, bewertet. Beide Monitoringsysteme weisen in den folgenden Bereichen deutliche Lücken auf:

- ▶ **Biodiversität und gesunde Ökosysteme** – Land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten finden häufig in Gebieten mit hoher biologischer Produktionskapazität statt, in denen eine Vielfalt von Arten vorkommt (oder früher vorkam) und wichtige Ökosystemleistungen erbracht werden. Das derzeitige Monitoring erfasst nicht die Auswirkungen der bioökonomischen Aktivitäten auf die biologische Vielfalt, die Qualität der Ökosysteme, den Artenreichtum und die Fragmentierung von Landschaften und Lebensräumen.

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte die wichtigsten Belastungen für die biologische Vielfalt überwachen, den besten verfügbaren Indikator für den Zustand der

biologischen Vielfalt enthalten und einen Indikator für das Monitoring der Wiederherstellung der Natur umfassen. Zum Thema biologische Vielfalt werden derzeit diverse Arbeiten durchgeführt (siehe auch Kapitel 4.1 bezüglich der Wichtigkeit des Biodiversitätsmonitorings als Fehlstelle des derzeitigen Monitorings).

- ▶ **Biomassepotenzial** – Der Ausbau der Bioökonomie erfordert eine verstärkte Produktion von Biomasse. Im Sinne der Nachhaltigkeit und des vorsorgenden Umweltschutzes muss sich diese Produktion im Rahmen eines nachhaltigen Biomassepotenzials bewegen. Allerdings liegen zum aktuellen Zeitpunkt sowohl auf europäischer Ebene wie auch auf deutscher Ebene keine Informationen über ein nachhaltiges Biomassepotenzial vor. Dieses nachhaltige Biomassepotenzial soll das Potenzial an Biomasse abbilden, welches bereitgestellt werden kann, ohne dabei negative Auswirkungen auf die Umwelt (z. B. biolog. Vielfalt, Lebensräume etc.) zu haben. Bei den derzeitigen Monitoringsystemen wird die bioökonomische Aktivität nicht am nachhaltigen Biomassepotenzial gemessen. Solange solche Potenziale nicht ermittelt sind, birgt eine durch bioökonomisches Wachstum hervorgerufene höhere Nachfrage nach Biomasse das Risiko irreversibler Konsequenzen für die Umwelt.

***Vorschlag:** Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte das umweltgerechte Potenzial der Biomassenutzung überwachen. Das nachhaltige Biomassepotenzial in Deutschland sollte identifiziert und in Beziehung zu Biomasseströmen gesetzt werden. Dazu sollte mindestens ein Indikator entwickelt werden, der das nachhaltige Biomassepotenzial abbildet. Die Nutzung der Biomasse sollte sich dann innerhalb dieses Potenzials bewegen.*

- ▶ **Wirkungen auf planetare Grenzen** – Das Konzept der planetaren Grenzen definiert einen sicheren Handlungsspielraum für menschliche Aktivitäten entlang einer Reihe von Schlüsseldimensionen, die für das Erdsystem als Ganzes wichtig sind. Es definiert also die Gesamtsumme der damit verbundenen Umweltbelastungen, die die Erde verkraften kann. Die Umsetzung des Konzepts der planetaren Grenzen für die Entscheidungsfindung in kleineren Maßstäben erfordert jedoch die Bestimmung des einer Aktivität zugewiesenen Anteils an der Umwelttragfähigkeit für relevante Belastungskategorien, anhand derer eine sogenannte "absolute ökologische Nachhaltigkeitsbewertung" durchgeführt werden kann (Bjørn, et al. 2020). Ohne eine derartige Analyse ist es nicht möglich, eine Verbindung zwischen der wirtschaftlichen Mikro- und Mesoebene (Produkte, Produktionssysteme) und der ökologischen Makroebene herzustellen. Eine solche Verbindung muss hergestellt werden, um die planetaren Grenzen wirksam in das Monitoring auf kleinere Maßstabsebenen einzubeziehen. (**Für weitere Information, siehe die RACER-Analyse "Planetare Grenzen" in diesem Bericht.**)

***Vorschlag:** Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte die für die deutsche Bioökonomie relevanten planetaren Grenzen überwachen und für diese Grenzen Indikatoren entwickeln, die die Auswirkungen der Bioökonomie in Relation zu einem oder mehreren hypothetischen Sharing-Prinzipien setzen (Zuweisung eines "fairen Anteils" an den Auswirkungen der deutschen Bioökonomie-Aktivitäten und Relation dieser Auswirkungen zum "fairen Anteil" des sicheren Handlungsspielraums der Erde für jede Grenze).*

- ▶ **Räumliche Auflösung** – Die Primärproduktion von Biomasse hat eine wichtige räumliche Dimension, da der überwiegende Teil der Produktion auf Feldern und in Wäldern stattfindet. Aggregierte Statistiken, die die Produktion mit dem für diese Produktion auf nationaler und internationaler Ebene benötigten Raum in Beziehung setzen, vermitteln kein detailliertes Verständnis der Auswirkungen an dem Ort, an dem die Biomasseproduktion stattfindet. Die

Auswirkungen können sich je nach den Standortmerkmalen erheblich unterscheiden (z. B. landwirtschaftliche Produktion in Moorgebieten). Ein Index zur Nutzungsintensität ist nicht ausreichend, da die Problematik von Ort zu Ort unterschiedlich ist. Die Zusammenhänge mit spezifischen Landnutzungen sind wichtig, aber schwierig zu bewerten. Das EU-BMS ist besonders niedrig aufgelöst und erfasst jährliche nationale Durchschnittswerte bzw. Gesamtwerte für jeden der von ihm überwachten Indikatoren. Das deutsche Bioökonomie-Monitoring des ersten Pilotberichts enthält keine raumbezogenen Informationen (Karten) von Deutschland und auch keine subnationalen Monitoring-Informationen. Ein Bioökonomie-Monitoring, das den vorsorgenden Umweltschutz berücksichtigt, sollte relevante ökosystemspezifische und subnationale Detailinformationen liefern.

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte raumbezogene Informationen enthalten, mit denen Hot Spots der Bioökonomie identifiziert werden können, in denen die negativen Umweltauswirkungen besonders hoch sind oder nicht im Einklang mit einer nachhaltigen Biomasseproduktion stehen. Darüber hinaus sollte das System auch das Thema Renaturierung raumbezogen überwachen. Das Monitoringsystem sollte in der Lage sein, sowohl die Ursachen als auch die Auswirkungen zu kommunizieren, d. h. welche Bioökonomie-Aktivitäten Umweltauswirkungen verursachen oder als nicht nachhaltig angesehen werden müssen. Detaillierte Karten können verwendet werden, um Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit visuell zu vermitteln, wie die Fläche national und international genutzt wird, wie sich diese Nutzung verändert und wie die natürliche Umwelt durch bioökonomische Aktivitäten beeinflusst wird. Zusätzlich gilt es, Konzepte zu identifizieren oder zu entwickeln, die den Flächenfußabdruck der bioökonomischen Aktivitäten messen und überwachen können. Beispielsweise kann hierbei das Konzept des Flächenrucksacks des UBA¹⁰ oder die Methodik und Datengrundlagen der Flächenfußabdrücke weiterentwickelt werden.

- ▶ **Sektorale Auflösung** – Eine Schlüsselfrage in Bezug auf jede bioökonomische Aktivität lautet: "Lässt sie sich in einer Weise skalieren, die mit Umweltschutz und Nachhaltigkeit vereinbar ist?". Dies erfordert ein gutes Verständnis dafür, was die Ausweitung bestimmter bioökonomischer Aktivitäten auf neue Gebiete und höhere Produktionsniveaus für die natürliche Umwelt bedeuten könnte. Die derzeitigen Monitoringsysteme tragen der Notwendigkeit nicht ausreichend Rechnung, sektor- und produktbezogene Vergleiche anzustellen, die Entscheidungsträger*innen helfen können, Entscheidungen darüber zu treffen, wie der Nutzen der Bioökonomie gesteigert und gleichzeitig wichtige Umweltschwellenwerte nicht überschritten werden können.

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte ein Element wissenschaftlich fundierter "hypothetischer Belastungsindikatoren" enthalten, die die Umweltauswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien der Bioökonomie beleuchten können. Wichtige Lehren für diese Vorgehensweise können aus den internationalen und nationalen Bemühungen zur Bewältigung des Klimawandels gezogen werden, die verschiedene zukünftige Klimaszenarien identifiziert haben, um die Auswirkungen des Klimawandels und die Effekte politischer Optionen zu verdeutlichen. Darüber hinaus könnten spezifische Indikatoren aufgenommen werden, die die bioökonomische Effizienz verschiedener Produkte und Sektoren abbilden (z. B. den Vergleich der Umweltauswirkungen pro Einheit gelieferter Nahrungsnährstoffe; siehe auch das Konzept der „nachhaltigen Ressourcenleistung“ (Böttcher et al. 2020)). Dies erfordert eine stärkere Berücksichtigung von Lebenswegaspekten.

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/flaechenrucksaecke-von-guetern-dienstleistungen>

Neben klassischen Ökobilanzierungen sollten innovative LCA-Methoden (weiter) entwickelt und implementiert werden, welche a) integriert soziale, ökologische und ökonomische Auswirkungen, Synergien und Trade-Offs identifizieren können, b) absolute Nachhaltigkeit als nachhaltige Produktionsmengen bestimmter Produktgruppen innerhalb der planetaren Grenzen bestimmen können, und c) als hybride LCA-I/O Methoden auf meso- und makroökonomischen Skalen wie Sektoren und Regionen anwendbar sind. Darüber hinaus sollten Substitutions- und kontrafaktische Szenarien mit einfließen. Diese müssen jedoch – da oft mit großem Einfluss auf die Ergebnisse verbunden – mit großer Sorgfalt aufgestellt werden, um „Schönrechnerei“ auszuschließen.

- **Integrierte ökologische, soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsanalysen** sind erforderlich, um Synergien und vor allem Zielkonflikte zwischen ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten zu identifizieren und Fehlsteuerungen zu vermeiden. Die Entwicklung der Bioökonomie ist mit Entscheidungen über Pfade und Prioritäten verbunden. Zum Beispiel ist es das strategische Ziel der deutschen Biomassestrategie, politische Instrumente zu etablieren, die es ermöglichen, die Bioökonomie in Richtung "einer nachhaltigen, klimaschutzwirksamen und ressourceneffizienten Biomasseerzeugung und -nutzung" zu steuern (BMEL 2022; siehe Box 6). Weder das EU- noch das deutsche Monitoringsystem nutzen in ausreichendem Maße Indikatoren, die mehrere Dimensionen der Nachhaltigkeit (wirtschaftlich-ökologisch, sozial-ökologisch) erfassen und zur direkten Monitoring von Zielkonflikten oder zur Bewertung der vergleichenden Leistung verschiedener Ansätze bei der Abschwächung dieser Zielkonflikte verwendet werden könnten.

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte, durch integrierte wirtschaftlich-ökologische und sozial-ökologische Indikatoren, Entscheidungsträger*innen und die Öffentlichkeit dabei unterstützen, Zielkonflikte abzuwägen, um Wege zu finden, die am effizientesten gesellschaftlichen Nutzen schaffen und gleichzeitig die natürliche Umwelt schützen.

Box 6: Die Notwendigkeit eines integrierten Monitorings und Analyse als Grundlage für die Entscheidungsfindung in der Bioökonomie

Zitat aus „Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie“

„Mit der Biomassestrategie soll ein Instrumentenmix mit praktischer Lenkungswirkung etabliert werden, der eine nachhaltige, klimaschutzwirksame und ressourceneffiziente Biomasseerzeugung und -nutzung sicherstellt. Dies schafft zugleich verlässliche Rahmenbedingungen für die Politik der Länder sowie für Investitionen der Wirtschaft. Es soll aufgezeigt werden, in welchem Umfang und in welchen Bereichen und Sektoren nachhaltig erzeugte bzw. als Abfall- und Reststoff anfallende Biomasse effizient eingesetzt werden kann. Aspekte der Energie- und Rohstoffversorgungssicherheit, der Energiewende, der klimaneutralen Transformation der Industrie, der Nahrungsmittelerzeugung, der globalen Ernährungssicherheit sowie des Biodiversitäts-, Klima- und Umweltschutzes sind dabei einzubeziehen. Ferner sollte berücksichtigt werden, welche Auswirkungen die Nutzung von Biomasse als Grundlage für technische CO₂-Senken auch im Hinblick auf die geplante Langfriststrategie Negativemissionen haben können.“

► **Kontext sowie Kausalität** - Sowohl Kontext als auch Kausalität sind wichtige Überlegungen für das Monitoring der Bioökonomie. Das EU-BMS enthält Indikatoren zum Monitoring von Problemen, die nur teilweise durch die Aktivitäten der Bioökonomie verursacht werden, wie z. B. Luft- und Wasserverschmutzung. Diese Indikatoren schreiben der Bioökonomie keine Kausalität zu (eine solche Zuordnung ist bei der derzeitigen Datenlage eigentlich nicht möglich). Die Indikatoren zeigen jedoch den Kontext für die Entscheidungsfindung in Bezug auf die Bioökonomie auf, da die Indikatoren Probleme überwachen, zu deren Lösung eine Änderung der Praktiken oder des Umfangs der Bioökonomie beitragen oder sie potenziell verschlimmern könnte.

Vorschlag: *Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte um Indikatoren erweitert werden, die wichtige Umweltaspekte überwachen und durch bioökonomische Aktivitäten beeinflusst werden, auch wenn der genaue Anteil dieser Auswirkungen, die auf bioökonomische Aktivitäten zurückzuführen sind (d. h. die Kausalität), nicht vollständig bestimmt werden kann. Diese Empfehlung ist besonders wichtig für die Verschmutzung durch menschliche Aktivitäten innerhalb und außerhalb der Bioökonomie (z. B. Luftverschmutzung: Feinstaub, flüchtige organische Verbindungen, Stickstoffoxide (NOx), Ammoniak (NH3); Wasserverschmutzung: Nährstoffabfluss, Pestizide und Herbizide, organische Schadstoffe).*

6.1.2 Monitoring-Lücken auf EU-Ebene, die weitgehend durch deutsches Monitoring behoben sind

Es ist zu beachten, dass das EU-BMS für jeden Indikator nur einen jährlichen Datenpunkt pro Mitgliedstaat enthält. Es gibt weder eine Aufschlüsselung auf subnationaler Ebene noch werden Umweltauswirkungen, die außerhalb eines Landes aufgrund des inländischen Verbrauchs stattfinden, dem Land zugeordnet. Diese eher geringe Granularität ist in erster Linie auf die enorme geografische Reichweite der EU-BMS, den Systemschwerpunkt der hochrangigen, aggregierten Übersicht und die begrenzte Verfügbarkeit von vergleichbaren Daten aus allen EU-Mitgliedstaaten zurückzuführen.

Der fußabdruckbasierte Ansatz des deutschen Systems trägt durch seine Fähigkeit, sowohl produktions- als auch verbrauchsorientierte Perspektiven zu erfassen und dabei auch den internationalen Handel zu berücksichtigen, dazu bei, folgende Lücken, die aktuell im EU-BMS vorkommen, teilweise zu schließen:

► **Landnutzung / Landnutzungsänderung / Indirekte Landnutzungsänderung** – Der im Pilotbericht vorgestellte Agrarfußabdruck enthält Informationen über Landnutzung und die Landnutzungsumwandlung, einschließlich der Arten von Flächen (z. B. Feuchtgebiet, Torfmoor, Wald), die in landwirtschaftliche Produktion umgewandelt wurden (siehe Box 7 sowie Abbildung 23). Diese Fußabdrücke und Landnutzungsumwandlungen werden sowohl für das Inland als auch international (d. h. außerhalb Deutschlands) berechnet. Die Erkenntnisse, die der Indikator für den landwirtschaftlichen Fußabdruck und die zugrundeliegenden Daten bieten, sind ein wichtiger Schritt nach vorn bei einem Monitoring von Umweltveränderungen im Zusammenhang mit der Bioökonomie.

Vorschlag: *Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte den landwirtschaftlichen Fußabdruck weiterhin in sein Monitoring einbeziehen und die dem Indikator zugrundeliegenden Daten in Kombination mit szenariobasierter Modellierung nutzen, um politische Entscheidungen in Bezug auf die Biomasseproduktion und die Bioökonomie unter Berücksichtigung der*

Auswirkungen auf die Landnutzung und die Landnutzungsänderung zu treffen. Darüber hinaus sollte die regionale Auflösung verbessert werden, um beispielsweise Hotspots der Biodiversität in Verbindung mit der Bioökonomie bringen zu können.

Box 7: Integration von Landnutzungsänderungen im Agrarfußabdruck

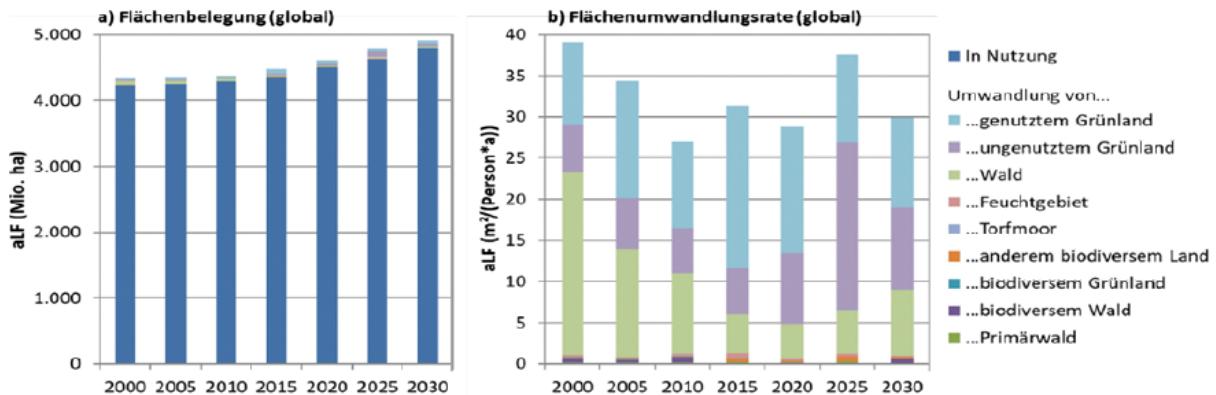
Zitat aus dem Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie

„In den Agrarfußabdruck werden Information zur Eigenschaft der belegten Fläche integriert, die eine Risikoeinschätzung zu Auswirkungen auf die biologische Vielfalt erlauben. So wird angenommen, dass die Umwandlung von Primärwald, biodiversem Wald, biodiversem Grünland, anderem biodiversem Land, Torfmoor, Feuchtgebieten, Wald, ungenutztem Grünland und genutztem Grünland zu Ackerland mit einem erhöhten Risiko für die biologische Vielfalt verbunden ist (Risikoflächen). Für Flächen „in Nutzung“ wie genutzte Ackerflächen (inklusive Brache) und Siedlungsflächen wird dieses Risiko als deutlich geringer eingeschätzt. Bei einer neuen Grünlandnutzung wird bereits genutztes Grünland generell als „in Nutzung“ angenommen“ (S. 83).

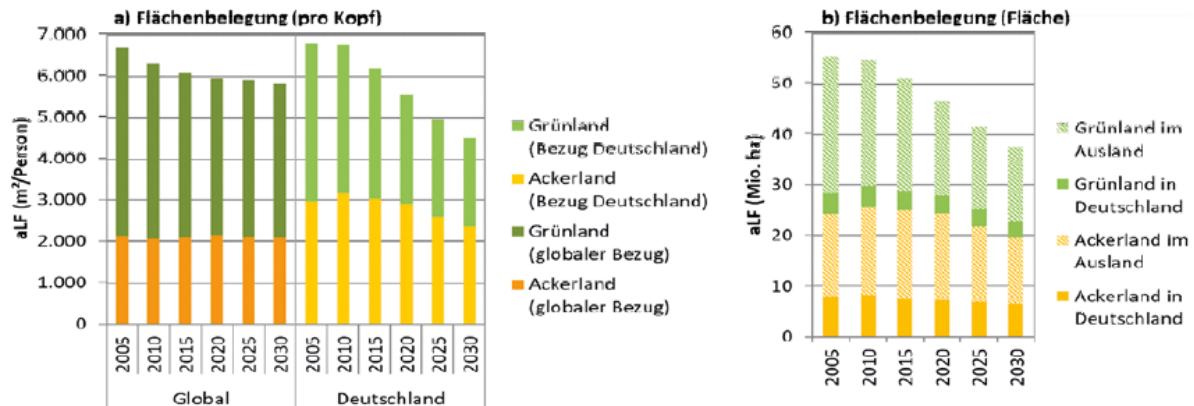
Quelle: Wiedergegeben aus Bringezu et al. (2020, S. 83)

Abbildung 23: Verwendung des landwirtschaftlichen Fußabdrucks im Pilotbericht zur Darstellung der Landnutzung und des Landnutzungswandels durch die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland und weltweit

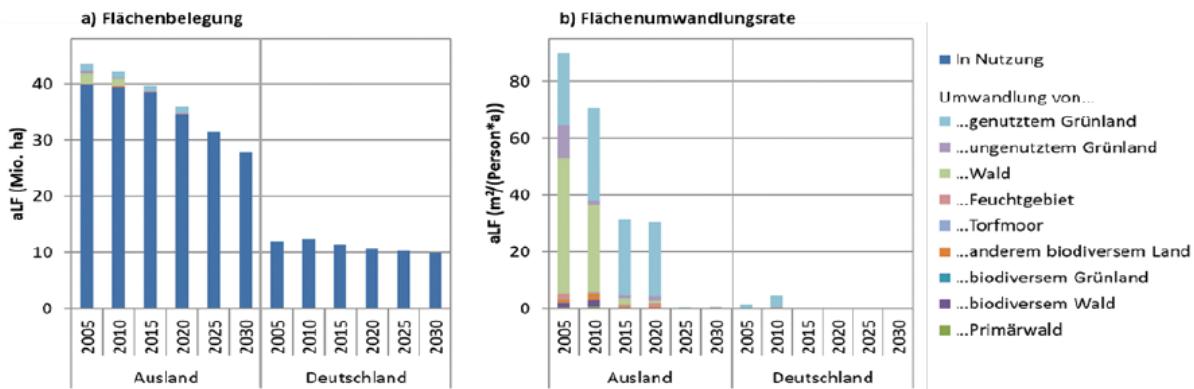
Globaler Agrarfußabdruck (aLF) des weltweiten Konsums (= der weltweiten Produktion) von Agrargütern. (a) absolute Flächenbelegung, (b) Flächenenumwandlungsrate je Person und Jahr



Flächenbelegung mit Acker- und Grünland (a) pro Kopf für den globalen und den deutschen Konsum und (b) für den deutschen Konsum differenziert nach Flächen im In- und Ausland



Globaler Agrarfußabdruck des deutschen Konsums (a) absolute Flächenbelegung in Deutschland und im Ausland, (b) Flächenenumwandlungsrate je Person und Jahr in Deutschland und im Ausland

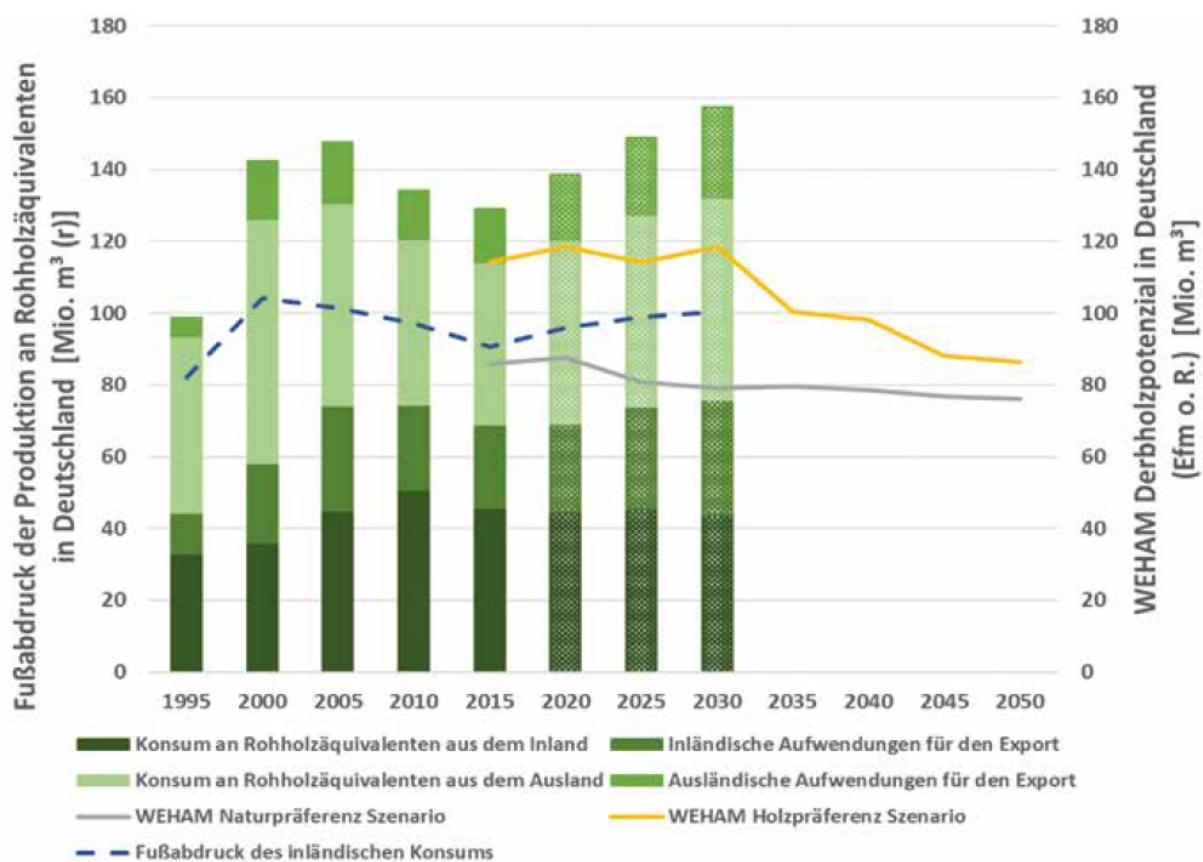


Quelle: Wiedergegeben aus Bringezu et al. (2020, S. 84 und 86)

► **Biomassepotenzial (Holz)** – Die zentrale Nachhaltigkeitsfrage im Zusammenhang mit der Primärproduktion von Biomasse ist, ob das Produktionsniveau im Rahmen der Regenerationsfähigkeit natürlicher Systeme liegt, um sowohl den menschlichen Bedarf an natürlichen Ressourcen zu decken als auch die biologische Vielfalt und die Gesundheit der Ökosysteme zu erhalten. In seiner Analyse des forstwirtschaftlichen Fußabdrucks befasst sich der Pilotbericht kurz mit dieser Frage des nachhaltigen Niveaus der Biomassenutzung, indem er die Produktion und den Bedarf von Rohholzäquivalenten in Deutschland mit unterschiedlichen Niveaus der Holzproduktion in Form von zwei Szenarien vergleicht: einem Natur-Präferenz-Szenario und einem Holz-Präferenz-Szenario (siehe Box 7). Der Bericht verwendet diese Referenzwerte, um die Verbrauchs- und Produktionsmuster für Holzbiomasse in den Nachhaltigkeitskontext einzuordnen, wobei Ober- und Untergrenzen verwendet werden, um einen Korridor darzustellen, in dem die Nachhaltigkeit der Holzproduktion verortet werden kann (siehe Abbildung 24).

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte nachhaltige Produktionskorridore für die Biomasseproduktion für eine Reihe von Biomassearten identifizieren. Zusätzlich zum Monitoring der bisherigen Produktion sollten Szenarien für die zukünftige Produktion erstellt werden, die die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels und andere Faktoren berücksichtigen, die das Niveau der nachhaltigen Produktion beeinflussen könnten.

Abbildung 24: Produktion u. Konsum an Rohholzäquivalenten in Deutschland 1995 bis 2030



Quelle: Wiedergegeben aus Bringezu et al. (2020)

Box 8: Integration von Biomassepotenzial im Forstfußabdruck

Zitat aus dem Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie

„Die WEHAM-Studie (Oehmichen et al. 2018) hat mit zwei Szenarien das Derbholzpotenzial (Efm (r)) bestimmt, das unter Nachhaltigkeitsbedingungen in Deutschland eingeschlagen werden könnte. Vergleicht man diesen Korridor mit den errechneten Rohholzäquivalenten des inländischen Einschlags und der Fußabdrücke von Konsum und Produktion, so lässt sich feststellen: (1) Die im Inland eingeschlagene Menge für Konsum und Export liegt bislang und vermutlich bis 2030 unter dem nachhaltig nutzbaren Potenzial, d. h. der inländische Einschlag könnte auch unter Nachhaltigkeitsbedingungen etwas erhöht werden. (2) Der Forstfußabdruck des deutschen Konsums verläuft innerhalb des von den WEHAM Szenarien aufgespannten Rahmens. Die Größenordnung des eigenen Konsums an Rohholz könnte also theoretisch vom eigenen Territorium gedeckt werden. Nach 2040 wäre dies eher ungewiss. (3) Der Forstfußabdruck der Produktion überstieg bereits 2015 den von den WEHAM Szenarien aufgespannten Korridor einer potenziell nachhaltigen inländischen Entnahme und wird sich voraussichtlich bis 2030 noch deutlich erhöhen“ (S. 83).

Quelle: Wiedergegeben aus Bringezu et al. (2020, S. 83)

- ▶ **Auswirkungen in Exportländern** - Der fußabdruckbasierte Ansatz des deutschen Bioökonomie-Monitorings bietet ein wesentlich detaillierteres Bild als das EU-BMS der globalen Auswirkungen, die mit den heimischen Produktions- und Konsumaktivitäten verbunden sind. Neben dem bereits erwähnten Agrar- und Forstfußabdruck ermöglicht der Wasserfußabdruck einen Überblick über die Auswirkungen nach Weltregionen und den damit verbundenen Wasserstress. Der Klima-Fußabdruck ordnet die Klimaauswirkungen der deutschen Bioökonomie (Produktion, Konsum und Export) zu.

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte den Fußabdruck-Ansatz fortsetzen und um weitere facettenspezifische Indikatoren und spezifische Fragestellungen des vorsorgenden Umweltschutzes ergänzen. Darüber hinaus sollten die Fußabdruck-Indikatoren weiter operationalisiert und Hot-Spot-Probleme in den Exportländern identifiziert und anhand der Indikatoren beschrieben werden, um deren Schweregrad auszudrücken.

- ▶ **Nutzung von Sankey-Diagrammen** - Die im deutschen Pilotbericht verwendeten Sankey-Diagramme liefern wichtige Erkenntnisse darüber, wie biotische Materialien in und durch die deutsche Wirtschaft fließen. Dies ist eine wesentliche Stärke des deutschen Monitoringsystems im Vergleich zum Monitoring auf EU-Ebene, da es das Verständnis für die Bioökonomie verbessert und einen Rahmen für Entscheidungen über die künftige Gestaltung der Bioökonomie bietet. Die aktuellen Sankey-Diagramme sind jedoch nicht in eine Betrachtung der Nachhaltigkeit eingebettet. Sie erkennen weder die Natur als Quelle der bioproduktiven Kapazität an, noch geben sie Hinweise auf die Grenzen dieser bioproduktiven Kapazität.

Vorschlag: Die Verwendung von Sankey-Diagrammen sollte fortgesetzt werden. In Anerkennung der Tatsache, dass menschliches Wirtschaften im Kontext einer natürlichen Umwelt mit endlichen Ressourcen stattfindet, sollten die Sankey-Diagramme jedoch erweitert werden, um: 1) die natürlichen Quellen der dargestellten Materialien einzubeziehen; 2) Nachhaltigkeitsgrenzen (oder Schätzwerte für diese Grenzen) anzugeben; und 3) in Fällen, in denen Nachhaltigkeitsgrenzen nicht bekannt sind, darauf hinzuweisen, dass dies der Fall ist. In

Anbetracht des begrenzten Platzes für die Darstellung der Informationen könnten die Sankey-Diagramme durch Begleitgrafiken erweitert werden, die sich nur auf die Schnittstelle zwischen Natur und Wirtschaft konzentrieren (d. h. nur die Informationen über die Zuflüsse aus den bestehenden Diagrammen neben den Informationen über die Quellen und etwaige Nachhaltigkeitsgrenzen wiederholen).

6.1.3 Allgemeine gute Praktiken der EU-BMS, die im deutschen Monitoringsystem einsetzbar sind

Einige Gestaltungsprinzipien des EU-BMS sollten für eine Übernahme in das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem in Betracht gezogen werden:

- ▶ **Umfassende Taxonomie** – Das EU-BMS verwendet eine Taxonomie, die die Indikatoren nach den politischen Zielen der EU gruppiert, von denen jedes klar beschriebene, normative Kriterien enthält, die wiederum in Komponenten unterteilt sind. Diese Komponenten werden dann mit Indikatoren bewertet. Jeder Indikator ist somit in eine dreistufige Hierarchie eingeordnet, die es erleichtert, die Indikatoren zu gruppieren und sie mit der Politik in Verbindung zu bringen:

X Zielsetzung
 XX Normative Kriterien
 XX.X Komponente
 XX.X.X Indikator

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte eine solidere Taxonomie von Fragen des vorsorgenden Umweltschutzes entwickeln und diese Taxonomie mit den politischen Prioritäten der deutschen Regierung in Verbindung bringen.

- ▶ **Bezug zu mehreren politischen Rahmenwerken** – Das EU-BMS nimmt ausdrücklich Bezug auf mehrere politische Rahmenwerke, darunter sowohl die EU-Politik als auch die SDGs der Vereinten Nationen. Diese Zusammenhänge sind in der Datenbank der Indikatoren formalisiert und werden laufend aktualisiert.

Vorschlag: Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte seine Indikatoren auf mehrere politische Rahmenwerke beziehen, darunter das EU-BMS, die Agenda 2030 und die verschiedenen Strategien der Bundesregierung (Bioökonomie-Strategie, Biomasse-Strategie, Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Kreislaufwirtschaftsstrategie usw.).

- ▶ **Verschiedene Arten von Indikatoren** – Das EU-BMS enthält mehrere Arten von Indikatoren zur Erfassung von Umweltaspekten: Basisindikatoren, bearbeitete Indikatoren, Indikatoren auf Systemebene, Composite-Indikatoren, Headline-Indikatoren. Im Rahmen des SYMOBIO-Projekts identifizierten Egenolf und Bringezu (2019) auch verschiedene Arten von Indikatoren, die über den Fußabdruck hinausgehen und in einem Rahmen für das Monitoring der Bioökonomie kombiniert werden könnten.

Vorschlag: Ein vielfältigeres Set von Indikatoren könnte in das deutsche Bioökonomie-Monitoring eingebracht werden, um den Fußabdruck-Ansatz zu ergänzen und so verschiedene Facetten und Skalen abzudecken. Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem könnte beispielsweise Indikatoren auf subnationaler Ebene für die Nährstoffbelastung von Süßwasser- und Meeressystemen oder die Luftverschmutzung für diejenigen Schadstoffe umfassen, zu denen die Bioökonomie einen wesentlichen Beitrag leistet.

- **Einbeziehung von Komponenten ohne Indikatoren** – Das EU-BMS führt in seinem Monitoring Framework eine Liste von Indikatoren, die auch Indikatoren enthält, welche noch nicht vollständig entwickelt sind oder für die noch keine Daten vorliegen. Im Gegensatz dazu wurden im Pilotbericht der deutschen Bioökonomie-Monitoring-Strategie nur Indikatoren vorgestellt, für die Daten vorliegen, und keine Indikatoren für Umweltthemen mehr aufgenommen, die bereits im SYMOBIO-Projekt als wichtig identifiziert worden waren jedoch noch keine Datengrundlage aufweisen. Der EU-Ansatz ist transparenter, da er Lücken aufzeigt und im Blick behält. Damit wird bereits eine wichtige Monitoring-Funktion erfüllt, indem Themen identifiziert werden, die überwacht werden sollten, für die aber noch keine Indikatoren und Daten verfügbar sind. Diese Lücken zeigen auch den weiteren Forschungsbedarf bzw. Entwicklungsbedarf auf.

***Vorschlag:** Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte wichtige Monitoring-Dimensionen im Zusammenhang mit dem vorsorgenden Umweltschutz auch dann einbeziehen, wenn Indikatoren für das Monitoring dieser Dimensionen noch nicht entwickelt sind oder Daten für Indikatoren fehlen oder unvollständig sind. Der Grund für diesen Ansatz ist, dass es wichtig ist, den Überblick über wichtige Themen zu behalten und verbleibende blinde Flecken im Monitoringrahmen zu identifizieren. Auf diese Weise bleibt auch der Überblick über die Fortschritte in der Forschung und der Politik in Bezug auf die wichtigen zu überwachenden Themen erhalten und es wird sichergestellt, dass die durch frühere Arbeiten geschaffene Grundlage beibehalten wird.*

- **Jährlicher Überblick aller EU-BMS Indikatoren** - Das EU-BMS liefert einen jährlichen Bericht, der die Entwicklung des Monitoring Systems und seiner Indikatoren aufzeigt. Bei den Indikatoren wird angegeben, ob sie einen von mehreren möglichen Zuständen erreicht haben: "veröffentlicht", "Daten verfügbar", "Datenlücke", "in Entwicklung", "löschen".

***Vorschlag:** Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem sollte ein regelmäßiges Update über die Fortschritte bei der Entwicklung des Monitoringsystems beinhalten, das eine Metasicht auf den Stand des Monitoringsystems, die jüngsten Verbesserungen des Monitorings, die geplanten nächsten Schritte und die wichtigsten Herausforderungen ermöglicht.*

- **Koordination mit anderen Monitoringsystemen** - Das EU-BMS sucht aktiv den Austausch mit anderen Monitoringsystemen. Dies gilt sowohl für die EU-Mitgliedstaaten als auch für supranationale Organisationen wie die OECD und die FAO. Dabei können Synergieeffekte genutzt werden. Ein solcher Austausch erhöht die Qualität und möglicherweise auch die Vergleichbarkeit der verschiedenen Monitoringmaßnahmen.

***Vorschlag:** Vertreter*innen des deutschen Bioökonomie-Monitoringsystems sollten sich auf globaler Ebene, auf EU-Ebene und auf Ebene der EU-Mitgliedsstaaten über Fortschritte beim Monitoring im Sinne des vorsorgenden Umweltschutzes austauschen und sich gegenseitig in der Entwicklung des Monitoringsystems unterstützen. Darüber hinaus sollte ein Austausch mit Monitoringsystemen verwandter Politikstrategien, wie Biodiversität, Kreislaufwirtschaft und Anpassungsstrategie, erfolgen.*

6.1.4 Notwendiger Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf

Um die in Kapitel 4 identifizierten Fehlstellen zu schließen, kann teilweise auf die in Kapitel 5 bewerteten Indikatoren zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse aus den RACER-Analysen

können eine Orientierung darüber geben, ob diese Indikatoren und Ansätze für ein Bioökonomie-Monitoringsystem geeignet sind. Darüber hinaus kann auf die im Rahmen des Projekts zusammengestellten Indikatoren zurückgegriffen werden, sofern sich diese Indikatoren als geeignet erweisen.

Aufgrund der Tatsache, dass für einige Fehlstellen zum aktuellen Zeitpunkt noch keine anwendungsfähigen Indikatoren vorliegen, besteht insbesondere hierfür ein großer Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf.

Beispielsweise liegen zum aktuellen Zeitpunkt keine Indikatoren im Kontext **nachhaltige Biomassepotenziale** vor. Im Rahmen der Bioökonomie lauten die zentralen Fragen: Welche Mengen an Biomasse stehen überhaupt nachhaltig zur Verfügung? Wie verändert sich dieses Potenzial? Um auf diese Fragen Antwort geben zu können, ist die Entwicklung eines solchen Indikators essenziell. Zusätzlich zum Bioökonomie-Monitoringsystem ist das Vorhandensein eines solchen Indikators auch für die zukünftige Biomassestrategie von großer Bedeutung.

In ähnlicher Art und Weise besteht ein großer Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf im Kontext **Reststoffe**. Bislang finden Reststoffe keine Berücksichtigung im Sinne von angewandten Indikatoren im deutschen Bioökonomie-Monitoringsystem (Pilotbericht). Aufgrund der Tatsache, dass sie voraussichtlich den größten Anteil am nachhaltigen Biomassepotenzial ausmachen und zukünftig von einem großen Interesse an diesen Rohstoffen auszugehen ist, ist das Vorhandensein eines Indikators für Reststoffe unumgänglich.

Im Kontext Wasser und Biodiversität bestehen bereits einige Indikatoren, die es jedoch ebenfalls weiterzuentwickeln gilt. Das Monitoring von **Wasser** in einem Bioökonomie-Monitoringsystem ist zentral, da zum einen der Biomasseanbau und die -verarbeitung Wasser benötigt und zum anderen sich die Wasserknappheit im Zuge des Klimawandels verstärken wird. Es bestehen bereits Konzepte wie beispielsweise der Wasserfußabdruck, welcher momentan im Rahmen von SYMOBIO2.0 weiterentwickelt wird. In Forschungsbericht zur konzeptionellen Weiterentwicklung des Wasserfußabdrucks wurde 2022 vom UBA veröffentlicht (Bunsen et al. 2022). Hierbei gilt es ein besonderes Augenmerk auf Aspekte außerhalb der konsumierten Wassermenge zu legen. Zu nennen wären beispielsweise die Indikatoren Wasserbelastung (water stress) oder Wasserknappheit (water scarcity). Eine Wasserentnahme in Gebieten, in denen bereits Wassermangel vorherrscht, führt zu anderen Konsequenzen als eine Wasserentnahme in wasserreichen Gebieten. Im Rahmen eines Bioökonomie-Monitoringsystems sollten diese Aspekte zusammen betrachtet werden.

Um die Fehlstelle **Biodiversität** im Bioökonomie-Monitoringsystem zu schließen, kann zukünftig gegebenenfalls auf den Biodiversitätsfußabdruck, welcher momentan im Rahmen von SYMOBIO2.0 entwickelt wird, zurückgegriffen werden. Auf EU-Ebene zielt ein bis 2027 laufendes Horizon Europe-Forschungsprojekt darauf ab, im Rahmen des Übergangs zu einer kreislauforientierten EU-Bioökonomie den Fußabdruck der biologischen Vielfalt in sektoralen Zentren zu entwickeln.¹¹ Zwar gibt es auf europäischer Ebene ein System zur Überwachung der biologischen Vielfalt, doch ist es vom System zur Überwachung der Bioökonomie abgekoppelt. Zukünftig sollten beide Monitoringsysteme vereint werden.

Zwar sind einzelne Indikatoren, wie beispielsweise das Biodiversitätsverlustpotenzial vorhanden (Chaudhary et al. 2015), allerdings existiert derzeitig kein Indikator, welcher die Auswirkungen der Bioökonomie auf a) **jegliche Taxa** und b) **jegliche Aspekte der Biodiversität** (Artenvielfalt, Lebensraumvielfalt, genetische Vielfalt) abbildet. Hier besteht ein besonders großer Forschungsbedarf.

¹¹ Siehe <https://cordis.europa.eu/project/id/101082081>

Darüber hinaus besteht ein Bedarf für die Entwicklung von Indikatoren im Kontext

Kreislaufwirtschaft. Aus dem bisherigen deutschen Monitoringsystem geht nicht hervor, wie Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft zusammenhängen. In Anbetracht limitierter biotischer Ressourcen und entsprechenden Umweltwirkungen, die mit dem Ressourcenbedarf einhergehen, ist das Ziel einer nachhaltigen Bioökonomie, biogene Materialien möglichst lange im Kreislauf zu führen. Dies reduziert einerseits die Ressourceninanspruchnahme, andererseits wird somit der durch die Biomasse gebundene Kohlenstoff möglichst lange im System gehalten und kann bestenfalls einen Senkeneffekt ermöglichen. Hierfür gilt es geeignete Indikatoren zu entwickeln, welche Aspekte des Recyclings, der Kaskadennutzung, der Lebensdauer und der Kreislauffähigkeit adressieren. Für eine grobe erste Orientierung kann der Indikator CMUR (circular material use rate) verwendet werden, welcher den Anteil der rezyklierten Bestandteile abbildet. Dieser Indikator adressiert jedoch nicht die aufgeführten Aspekte. Somit besteht hier ebenfalls ein besonders großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Der Biomasse-Nutzungsfaktor (Biomass Utilisation Factor - BUF) ist eine Metrik, die Ähnlichkeiten mit dem CMUR aufweist und die Kaskadennutzung und die Produktionseffizienz in einem Indikator für die zirkuläre Bioökonomie zusammenfasst, der politischen Entscheidungsträgern dabei helfen kann, Optionen zu ermitteln, die die Biomassenutzung maximieren und die Materialien länger in Gebrauch halten (vom Berg, et al. 2022).

Erste Ansätze zu **systemischen LCA** in Form von integrierten und ganzheitlichen LCSA, die ökologische, ökonomische und soziale Aspekte umfassen und in SYMOBIO integriert werden können, sind seit wenigen Jahren in der ersten Anwendungsphase.¹² Ebenso bestehen Ansätze für hybride LCA, die auf (MR)IO-Datenbanken wie EXIOBASE basieren. Weiterer Forschungsbedarf besteht aber in der Weiterentwicklung und Zusammenführung der Methoden zu hybriden LCSA, die neue I/O-Datenbanken wie die in SYMOBIO2 verwendete GLORIA Datenbank (<https://ielab.info/analyse/gloria>) beinhalten.

Um die **planetaren Grenzen** in ein nationales Monitoringsystem zu integrieren, bedarf es der inter- und transdisziplinären Einbeziehung von Methoden der Politischen Ökonomie und Politischen Ökologie, um die normative und politische Dimension der Fragestellung des Downscalings globaler Grenzen auf regionale und sektorale Budgets sowie Produkte beantworten zu können. Außerdem müssen die bestehenden natur-, system- und wirtschaftswissenschaftlichen Ansätze der Fußabdruckberechnungen mit diesen globalen, regionalen und sektoralen Budgets verknüpft werden. Anknüpfend an diese Entwicklungen können die planetaren Grenzen auch für eine absolute Nachhaltigkeitsbewertung im Kontext klassischer und hybrider LCA und LCSA anwendbar gemacht werden.

Zusätzlich zu diesen konzeptionellen Entwicklungsbedarfen, um bestehende Lücken zu schließen, besteht ein Bedarf, Indikatoren umfassend genug zu definieren, zu beschreiben und zu erläutern. Bei jedem Indikator, welcher im Rahmen eines Bioökonomie-Monitoringsystems verwendet wird, sollten die kausalen Zusammenhänge (bio-)ökonomischen Wirtschaftens mit dem Indikator erläutert werden. Was hat beispielsweise ein Indikator wie Waldfragmentierung mit der Bioökonomie eines Landes zu tun? Sind hohe Fragmentationswerte tatsächlich auf die Bioökonomie zurückzuführen? Aufgrund mangelnder Beschreibungen bei einigen Indikatoren sind Zusammenhänge teilweise schwer nachvollziehbar. Bei der Entwicklung eines künftigen Monitoringsystems sollte ein besonderes Augenmerk auf **Erläuterungen und Metadaten** der Indikatoren gelegt werden.

Darüber hinaus sollte ein Monitoringsystem stets **zwei Ebenen** im Fokus haben: Das Monitoring der gesamten nationalen Bioökonomie und das Monitoring biobasierter Produkte bzw.

¹² Siehe <https://www.ufz.de/index.php?de=50083>

Bioökonomiesektoren. Im Rahmen des Projekts wurde festgestellt, dass Indikatoren für beide dieser Ebenen vorliegen, obwohl die Verfügbarkeit verlässlicher Indikatorwerte davon abhängt, ob die Anforderungen für eine robuste Analyse erfüllt werden können (z. B. die Fähigkeit, den Analysebereich zu spezifizieren, zu bestimmen, ob Aktivitäten bzw. Produkte in diesen Bereich fallen, und die entsprechenden Daten zu erhalten). Sofern diese Hürden für sektor- und produktbezogene Analysen überwunden werden können, wird ein feineres Verständnis der Dynamik innerhalb der Bioökonomie und eine bessere Vergleichbarkeit der Auswirkungen alternativer Ansätze möglich.

6.2 Handlungsempfehlungen

Auf der Grundlage der oben genannten Empfehlungen sind die spezifischen Handlungsempfehlungen in Tabelle 2 zusammengefasst. Diese Handlungsempfehlungen benennen die prioritären Themen, die in den nächsten Jahren angegangen werden sollten, um sicherzustellen, dass das deutsche Bioökonomie-Monitoring den vorsorgenden Umweltschutz adäquat einbezieht. Die Empfehlungen sind in 7 Handlungsfelder gegliedert:

1. Entwicklung und Anwendung eines umfassenderen, vielschichtigen Monitoringkonzepts, das den vorsorgenden Umweltschutz berücksichtigt und überwacht, ob die bioökonomische Aktivität im Rahmen des nachhaltigen Biomassepotenzials bleibt
2. Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren
3. Beibehaltung des Fußabdruckkonzepts und Weiterentwicklung
4. Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit die Möglichkeit geben, die Bioökonomie als eine Reihe von Aktivitäten zu sehen, die an bestimmten Orten eingebettet sind und auf der Produktivität der Natur basieren
5. Künftig mögliche Bioökonomiepfade und deren potenzielle Auswirkungen auf Umwelt und Soziales in die Trendanalyse eines Bioökonomie-Monitoringsystems integrieren
6. Koordinierung der Entwicklung eines Monitoringsystems in verwandten politischen Strategien sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene
7. Forschungslücken adressieren

Jede Handlungsempfehlung wird kurz beschrieben, zusammen mit den Adressaten für die Handlungsempfehlung sowie dem Nachhaltigkeitspotenzial der Maßnahme. Insbesondere diese vier deutschen Ministerien - BMEL, BMBF, BMUV und BMWK - werden als die Adressaten angesprochen, die sicherstellen können, dass das Bioökonomie-Monitoring Umweltaspekte adäquat einbezieht und den Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit präzise Informationen über die Nachhaltigkeit der deutschen Bioökonomie liefert.

Wichtige nationale und internationale Kontexte für das Bioökonomie-Monitoring sind derzeit die folgenden, weil sie aktuelle und zukünftige politische Rahmenbedingungen setzen, Gelegenheitsfenster bieten oder aus disziplinärer Sicht direkt für das Bioökonomie-Monitoring relevant sind:

Deutschland:

- **Nationale Bioökonomiestrategie**
<https://biooekonomie.de/themen/politikstrategie-deutschland>

- ▶ **Nationale Biomassestrategie**
<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/nationale-biomassestrategie.html>
- ▶ **Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie**
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846>
- ▶ **Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie**
<https://www.bmuv.de/themen/kreislaufwirtschaft/kreislaufwirtschaftsstrategie>
- ▶ **Neuaflage der Nationalen Biodiversitätsstrategie**
<https://www.bfn.de/neuaflage-der-nationalen-strategie-zur-biologischen-vielfalt>
- ▶ **Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz**
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/natuerlicher-klimaschutz-2182120>
- ▶ **Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel**
<https://www.bmuv.de/themen/klimaanpassung/die-deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel>

International:

- ▶ **UN SDGs**
<https://sdgs.un.org/goals>
- ▶ **Global: Planetary Boundaries** <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
- ▶ **EU Bioeconomy Monitoring System**
https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/monitoring_en
- ▶ **G20 Bioeconomy Initiative**
<https://www.g20.org/en/tracks/sherpa-track/bioeconomy-initiative>
- ▶ **EU Bioeconomy Strategy**
https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/bioeconomy-strategy_en
- ▶ **Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework**
<https://www.unep.org/resources/kunming-montreal-global-biodiversity-framework>

Der Aufbau der Tabelle lehnt sich an die Tabelle der Handlungsempfehlungen in der UBA-Studie von Möller et al. (2020) an, die einen sehr verwandten Themenkomplex behandelt. Die ähnliche Struktur erleichtert die kombinierte Betrachtung der beiden Gruppen von Empfehlungen.

Tabelle 2: Handlungsfelder und -empfehlungen im Überblick

Handlungsfelder und -empfehlungen für die Ergänzung des Bioökonomie-Monitoringsystems der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten	Gelegenheitsfenster	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (vorsorgender Umweltschutz) (+ / ++)
1. Entwicklung und Anwendung eines umfassenderen, vielschichtigen Monitoringkonzepts, das den vorsorgenden Umweltschutz berücksichtigt und überwacht, ob die bioökonomische Aktivität im Rahmen <u>des nachhaltigen Biomassepotenzials</u> bleibt			
Die wichtigsten Belastungen für die biologische Vielfalt werden überwacht. Das deutsche Bioökonomie-Monitoring wird um den besten verfügbaren Indikator zum Monitoring des Zustands der biologischen Vielfalt erweitert.	Biomassestrategie der Bundesregierung; Nationale Biodiversitätsstrategie	BMEL, BMBF, BMUV, Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität	++
Es werden ein oder mehrere Indikatoren für die Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration) entwickelt.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS); Biomassestrategie der Bundesregierung	BMBF	+
Ein visuelles Warnsymbol und ein Begleittext werden Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit auf die Risiken der Irreversibilität hinweisen.	k.A.	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität; Bioökonomierat; Plattform "Monitoring Bioökonomie"	+
2. Nachhaltigkeitsziele für die Bioökonomie definieren			
Das nachhaltige Biomassepotenzial in Deutschland wird für mehrere Biomassearten ermittelt und nachhaltige Produktionskorridore werden für die Biomasseproduktion identifiziert.	Biomassestrategie der Bundesregierung	BMEL, BMBF, BMUV	++
Das nachhaltige Biomassepotenzial in Deutschland wird in Bezug zu den Biomasseströmen gesetzt. Es werden ein oder mehrere Indikatoren entwickelt, die das nachhaltige Biomassepotenzial widerspiegeln. Ein oder mehrere Indikatoren überwachen, inwieweit die Nutzung der Biomasse innerhalb dieses Potenzials bleibt.	Biomassestrategie der Bundesregierung	BMEL, BMBF, BMUV	++

Handlungsfelder und -empfehlungen für die Ergänzung des Bioökonomie-Monitoringsystems der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten	Gelegenheitsfenster	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (vorsorgender Umweltschutz) (+ / ++)
Für das Monitoring der Bioökonomie, werden Sankey-Diagramme erweitert, um: 1) die natürlichen Quellen der dargestellten Materialien zu erwähnen; 2) Nachhaltigkeitsgrenzen (oder Schätzwerte für diese Grenzen) anzugeben; und 3) in Fällen, in denen Nachhaltigkeitsgrenzen nicht bekannt sind, darauf hinzuweisen, dass dies der Fall ist. Diese Erweiterungen können durch Begleitgrafiken neben den Sankey-Diagrammen dargestellt werden.	k.A.	Plattform "Monitoring Bioökonomie" BMEL, BMBF, BMUV	+
Szenarien für die zukünftige Produktion werden erstellt werden, die die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels und andere relevanten Faktoren berücksichtigen.	Biomassestrategie der Bundesregierung	BMEL, BMBF, BMUV	+
3. Beibehaltung und Weiterentwicklung des Fußabdruckkonzepts für ein Umweltmonitoring der Bioökonomie			
Die Bundesregierung entwickelt ein robustes, auf dem Fußabdruck-Konzept basierendes Umweltmonitoring der Bioökonomie weiter.		BMEL, BMBF, BMUV	++
Der deutsche Fußabdruck-Ansatz ist über einen oder mehrere Benchmarking-Ansätze (pro Kopf, pro Wirtschaftsleistung, pro länderspezifische biophysikalische Merkmale) mit den planetaren Grenzen verbunden.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS); Kreislaufwirtschaftsstrategie	BMEL, BMBF, BMUV	++
Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird um Indikatoren erweitert, die wichtige Umweltaspekte überwachen und durch bioökonomische Aktivitäten beeinflusst werden, auch wenn der genaue Anteil dieser Auswirkungen, die auf bioökonomische Aktivitäten zurückzuführen sind, nicht vollständig bestimmt werden kann (z. B. Verschmutzung von Luft und Wasser).	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS); Biomassestrategie der Bundesregierung; Kreislaufwirtschaftsstrategie	BMEL, BMBF, BMUV	++
Das deutsche Bioökonomie-Monitoring wird relevante Monitoring-Dimensionen im Zusammenhang mit dem vorsorgenden Umweltschutz auch dann aufzeigen, wenn Indikatoren für das Monitoring dieser	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS); Biomassestrategie der Bundesregierung	BMEL, BMBF, BMUV	+

Handlungsfelder und -empfehlungen für die Ergänzung des Bioökonomie-Monitoringsystems der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten	Gelegenheitsfenster	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (vorsorgender Umweltschutz) (+ / ++)
Dimensionen noch nicht entwickelt sind oder Daten für Indikatoren fehlen oder unvollständig sind. Dadurch behalten Entscheidungsträger sowie Publikum einen Überblick über die wichtigen Themen und dokumentieren zugleich die verbleibenden Lücken im Monitoringsystem.			
Ein vielfältigeres Set von Indikatoren wird in das deutsche Bioökonomie-Monitoring eingebracht, um den Fußabdruck-Ansatz zu ergänzen und so verschiedene Facetten und Skalen des vorsorgenden Umweltschutzes abzudecken.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS); Biomassestrategie der Bundesregierung; Kreislaufwirtschaftsstrategie	BMEL, BMBF, BMUV	++
4. Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit die Möglichkeit geben, die Bioökonomie als eine Reihe von Aktivitäten zu sehen, die an bestimmten Orten eingebettet sind und auf der Produktivität der Natur basieren			
Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird raumbezogene Informationen enthalten, mit denen Hot Spots der Bioökonomie identifiziert werden können, in denen die negativen Umweltauswirkungen besonders hoch sind oder nicht im Einklang mit einer nachhaltigen Biomasseproduktion stehen.	k.A.	Bioökonomierat Plattform "Monitoring Bioökonomie"	+
Detaillierte Karten werden verwendet, um Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit visuell zu vermitteln, wie Flächen national und international genutzt werden, wie sich diese Nutzungen verändern und wie natürliche Systemen durch bioökonomische Aktivitäten beeinflusst werden.	k.A.	Bioökonomierat Plattform "Monitoring Bioökonomie" Plattform "Monitoring Bioökonomie"	+
5. Potenzielle Bioökonomiepfade und deren Auswirkungen auf Umwelt und Soziales in die Trendanalyse des Bioökonomie-Monitoringsystems integrieren			
Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird ein Element wissenschaftlich fundierter "hypothetischer Belastungsindikatoren" enthalten, die die Umweltauswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien der Bioökonomie beleuchten können. Substitutions- und kontrafaktische Szenarien werden mit einfließen.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS)	BMEL, BMBF, BMUV	++

Handlungsfelder und -empfehlungen für die Ergänzung des Bioökonomie-Monitoringsystems der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten	Gelegenheitsfenster	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (vorsorgender Umweltschutz) (+ /++)
Spezifische Indikatoren werden aufgenommen, die die bioökonomische Effizienz verschiedener Produkte und Sektoren abbilden.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS)	BMEL, BMBF, BMUV, BMWK	++
Neben klassischen Ökobilanzierungen werden innovative LCA Methoden entwickelt und implementiert, welche a) integriert soziale, ökologische und ökonomische Auswirkungen, Synergien und Trade-Offs identifizieren können, b) absolute Nachhaltigkeit als nachhaltige Produktionsmengen bestimmter Produktgruppen innerhalb der planetaren Grenzen bestimmen können, und c) als hybride LCA-I/O Methoden auf meso- und makroökonomischen Skalen wie Sektoren und Regionen anwendbar sind.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS)	BMEL, BMBF, BMUV	++
Das deutsche Bioökonomie-Monitoringsystem wird durch integrierte wirtschaftlich-ökologische, sozial-ökologische Indikatoren erweitert, um Entscheidungsträger*innen und die Öffentlichkeit dabei zu unterstützen, Zielkonflikte abzuwägen und dadurch Wege zu finden, die am effizientesten gesellschaftlichen Nutzen schaffen und gleichzeitig die natürliche Umwelt schützen.	Umsetzungsplan der Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS)	BMEL, BMBF, BMUV	+
6. Koordinierung der Entwicklung von Monitoring in verwandten politischen Strategien sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene			
Das deutsche Bioökonomie-Monitoring entwickelt eine solidere Taxonomie von Fragen des vorsorgenden Umweltschutzes und diese Taxonomie mit den politischen Prioritäten der deutschen Regierung in Verbindung bringen.		BMEL, BMBF, BMUV	+
Das deutsche Bioökonomie-Monitoring sollte seine Indikatoren auf mehrere politische Rahmenwerke beziehen, darunter die EU-Bioökonomie-Strategie, Agenda 2030 und die verschiedenen Strategien der Bundesregierung (Bioökonomie-Strategie, Biomasse-Strategie, Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Kreislaufwirtschaftsstrategie usw.).		BMEL, BMBF, BMUV, BMWK	+

Handlungsfelder und -empfehlungen für die Ergänzung des Bioökonomie-Monitoringsystems der Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten	Gelegenheitsfenster	Adressaten	Nachhaltigkeitspotenzial (vorsorgender Umweltschutz) (+ /++)
<p>Vertreter*innen des deutschen Bioökonomie-Monitoringsystems sollten sich auf globaler Ebene, auf EU-Ebene und auf Ebene der EU-Mitgliedsstaaten über Fortschritte beim Monitoring im Sinne des vorsorgenden Umweltschutzes austauschen und sich gegenseitig in der Entwicklung des Monitoringsystems unterstützen.</p>		BMEL, BMBF, BMUV, BMWK	+
<p>7. Forschungslücken zum Thema "Auswirkungen bioökonomischer Produktion" in folgenden Bereichen adressieren</p> <p>Nachhaltige Biomassepotenziale - Für bestehende Fehlstellen siehe Abschnitt 4.2; für potenzielle Ansätze und Indikatoren, siehe insb. Abschnitt 5.2</p>			
<p>Nachhaltige Biomassepotenziale</p> <p>Leitfrage: Was sind die nachhaltige Biomassepotenziale in Deutschland, EU und global?</p>	<p>Horizon Europe Research and Innovation Programm Ressortforschungsplan</p>	EC, BMBF, UBA, BfN	+
<p>Biodiversität</p> <p>Leitfrage: Wie lässt sich der Biodiversitätsverlust im Zusammenhang mit bioökonomischen Aktivitäten messen?</p>	<p>Horizon Europe Research and Innovation Programm Ressortforschungsplan</p>	EC, BMBF, UBA, BfN	+
<p>Wasser</p> <p>Leitfrage: Wie kann die Wasserknappheit und Wasserverschmutzung, die mit Bioökonomie verbunden sind, überwacht werden?</p>	<p>Horizon Europe Research and Innovation Programme Ressortforschungsplan</p>	EC, BMBF, UBA, BfN	+
<p>Kreislaufwirtschaft</p> <p>Leitfrage: wie können Bioökonomie- und Kreislaufwirtschafts-Monitoring miteinander verküpft werden?</p>	<p>Horizon Europe Research and Innovation Programme Ressortforschungsplan</p>	EC, BMBF, UBA, BfN	+
<p>Koordination Deutschland/EU/International</p> <p>Beispiel: Austausch zwischen EU-Mitgliedstaaten (auch international) zum Thema Monitoring der Bioökonomie (zum Beispiel ein ERA-NET Bioeconomy ins Leben rufen), mit der Beteiligung von dem Knowledge Centre for Bioeconomy</p>	<p>Horizon Europe Research and Innovation Programme</p>	EC, BMBF	+

Hinweis: Der Aufbau der Tabelle lehnt sich an die Tabelle der Handlungsempfehlungen in der UBA-Studie von Möller et al. (2020) an.

7 Quellenverzeichnis

- Adhikari, N.P.; Adhikari, R.C. (2021): Geospatial mapping of biomass supply and demand for household management in Nepal. *Development Engineering*, 6, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2021.100070> (07.02.2024).
- Alejandrino, C.; Mercante, I.; Bovea, M. D. (2021): Life cycle sustainability assessment: Lessons learned from case studies. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106517. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106517> (27.09.2024).
- Allen, B.; Nanni, S.; Bowyer, C.; Kettunen, M.; Giadrossi, A. (2020): Assessing contribution towards the SDGs? Guidance for evaluating bio-based projects. <https://biconsortium.eu/sites/biconsortium.eu/files/downloads/Guidance%20for%20assessing%20bio-based%20projects%27%20contribution%20towards%20the%20SDGs.pdf> (30.05.2023).
- Arrow, K.J.; Fischer, A.C. (1974): Environmental preservation, uncertainty and irreversibility. *Quarterly Journal of Economics*, 88(2), S. 312–9. <https://doi.org/10.2307/1883074> (07.02.2024).
- Asada, R.; Cardellini, G.; Mair-Bauernfeind, C.; Wenger, J.; Haas, V.; Holzer, D.; Stern, T. (2020): Effective bioeconomy? A MRIO-based socioeconomic and environmental impact assessment of generic sectoral innovations. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119946. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119946> (27.09.2024).
- Asselin, A.; Rabaud, S.; Catalan, C.; Leveque, B.; L'Haridon, J.; Martz, P.; Neveux, G. (2020): Product Biodiversity Footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining Life Cycle Assessment and Ecology. *Journal of Cleaner Production*, 8, 119262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119262> (07.02.2024).
- Banse, M.; Brosowski, A.; Berkenhagen, J.; Döring, R.; Geng, N.; lost, S.; Jochem, D.; Labonte, N.; Schweinle, J.; Weber, S.; Weimar, H. (2018): Aufbau eines systematischen Monitorings der Bioökonomie – Dimension 1: Ressourcenbasis und Nachhaltigkeit / Erzeugung der Biomasse. Statuskonferenz Monitoring Bioökonomie, 20.03.2018, Berlin. https://www.thuenen.de/media/institute/ma/Downloads/Dimension_1_Statuskonferenz_20_03_2018_low_quality.pdf (07.02.2024).
- Banse, M.; Zander, K.; Babayan, T.; Bringezu, S.; Dammer, L.; Egenolf, V.; Göpel, J.; Haufe, H.; Hempel, C.; Hüffner, R.; Millinger, M.; Morland, C.; Musonda, F.; Paronen, A.; Piotrowski, S.; Schaldach, R.; Schier, F.; Schüngel, J.; Sturm, V.; Szarka, N.; Thrän, D.; Weimar, H.; Wilde, A.; Will, S. (2020): Eine biobasierte Zukunft in Deutschland – Szenarien und gesellschaftliche Herausforderungen. Thünen-Institut. <https://www.thuenen.de/media/institute/ma/Downloads/BEPASO-Broschuere.pdf> (06.07.2022).
- Banse, M.; Berkenhagen, J.; Brüning, S.; Döring, R.; Geng, N.; lost, S.; Jochem, D.; Machmüller, A.; Schweinle, J.; Weimar, H. (2021): Project rief: Systematisches Monitoring der Bioökonomie (MoBi). https://www.thuenen.de/media/institute/wf/5_Aktuell/Projectbrief_2021/Project_brief_2021_01.pdf (07.02.2024).
- Beck-O'Brien, M.; Egenolf, V.; Winter, S.; Zahnen, J.; Griesshammer, N. (2022): Alles aus Holz – Rohstoff der Zukunft oder kommende Krise. WWF Germany. <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Wald/WWF-Studie-Alles-aus-Holz.pdf> (23.01.2023).
- Beck-O'Brien, M.; Henke, J. (2023): Supply chain management and certification. Monitoring Bioeconomy. <https://www.monitoring-bioökonomie.de/en/tools/supply-chain-management-and-certification> (07.02.2024)
- Best, A.; Giljum, S.; Simmons, C.; Blobel, D.; Lewis, K.; Hammer, M.; Cavalieri, S.; Lutter, S.; Maguire, C. (2009): Potential of the Ecological Footprint for monitoring environmental impacts from natural resource use: Analysis of the potential of the Ecological Footprint and related assessment tools for use in the EU's Thematic Strategy

on the Sustainable Use of Natural Resources. Report to the European Commission, DG Environment.
<https://www.ecologic.eu/13149> (07.02.2024).

Bioökonomierat (2022): Bioökonomie zwischen Ernährungs- und Energiekrise.
<https://www.biooekonomierat.de/publikationen/stellungnahmen/2022/Biooekonomie-zwischen-Ernaehrungs-undEnergiekrise.php> (12.04.2023).

Bjørn, A.; Chandrakumar, C.; Boulay, A.-M.; Doka, G.; Fang, K.; Gondran, N.; Hauschild, M.Z.; Kerkhof, A.; King, H.; Margni, M.; McLaren, S.; Mueller, C.; Owsiania, M.; Peters, G.; Roos, S.; Sala, S.; Sandin, G.; Sim, S.; Vargas-Gonzalez, M.; Ryberg, M. (2020): Review of life-cycle based methods for absolute environmental sustainability assessment and their applications. *Environmental Research Letters*, 15(8), 083001.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab89d7> (07.02.2024).

Böttcher, H.; Hennenberg, K.; Wiegmann, K.; Scheffler, M.; Wolff, F.; Gsell, M.; Hansen, A.; Meyer-Aurich, A.; Grundmann, P.; Vedel, D. (2020): Nexus Ressourceneffizienz und Landnutzung – Ansätze zur mehrdimensionalen umweltpolitischen Bewertung der Ressourceneffizienz bei der Biomassebereitstellung. Abschlussbericht, Umweltbundesamt, TEXTE 45/2020.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-03-04_texte_45-2020_nexus-ressourceneffizienz-landnutzung.pdf (07.02.2024).

BMBF (2010): Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030: Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft. Bundesministerium für Bildung und Forschung. https://biooekonomie.de/sites/default/files/files/2016-09/nfsb_2030.pdf (07.02.2024).

BMBF und BMEL (2022): Bioökonomie in Deutschland: Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. Bundesministerium für Bildung und Forschung und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Juli 2022.
https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/7/30936_Biooekonomie_in_Deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=9 (07.02.2024).

BMEL (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie: Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie, 21.03.2014, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. <https://biooekonomie.de/sites/default/files/files/2016-09/npsb.pdf> (27.09.2024).

BMEL (2022): Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). (28.09.2022)
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (08.02.2024)

BMEL & BMBF (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. Kabinettversion, 15.01.2020.
https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/2020-01-10_nationale-biooekonomiestrategie-kabinettversion.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (07.02.2024)

BMUV (2023): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Stand: 14.06.2023.
<https://www.bmuv.de/themen/naturschutz/allgemeines-/-strategien/nationale-strategie> (07.02.2024)

Bracco, S.; Tani, A.; Çalıcıoğlu, Ö.; Gomez San Juan, M.; Bogdanski, A. (2019): Indicators to monitor and evaluate the sustainability of bioeconomy. Overview and a proposed way forward. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA6048EN/> (07.02.2024)

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.; Egenolf, V.; Flaute, M.; Geng, N.; Giesecking, L.; Graß, R.; Hennenberg, K.; Hering, T.; Iost, S.; Jochem, D.; Krause, T.; Lutz, C.; Machmüller, A.; Mahro, B.; Majer, S.; Mantau, U.; Meisel, K.; Moesenfechtel, U.; Noke, A.; Raussen, T.; Richter, F.; Schaldach, R.; Schweinle, J.; Thrän, D.; Uglik, M.; Weimar, H.; Wimmer, F.; Wydra, S.; Zeug, W. (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen

Bioökonomie. Hrsg. vom Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel, Kassel, doi:10.17170/kobra-202005131255. <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/11591> (07.02.2024)

Brinzezu, 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.; Egenolf, V.; Flaute, M.; Geng, N.; Gieseking, L.; Graß, R.; Hennenberg, K.; Hering, T.; lost, S.; Jochem, D.; Krause, T.; Lutz, C.; Machmüller, A.; Mahro, B.; Majer, S.; Mantau, U.; Meisel, K.; Moesenfechtel, U.; Noke, A.; Raussen, T.; Richter, F.; Schaldach, R.; Schweinle, J.; Thrän, D.; Uglík, M.; Weimar, H.; Wimmer, F.; Wydra, S.; Zeug, W. (2021): Pilot report on the monitoring the German bioeconomy. Published by the Center for Environmental Systems Research (CESR), University of Kassel, Kassel, doi:10.17170/kobra-202201115406. <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/13534> (07.02.2024).

Bruckner, M.; Giljum, S.; Fischer, G.; Tramberend, S.; Wunder, S.; Kaphengst, T. (2017): Entwicklung von konsumbasierten Landnutzungsindikatoren. Texte, 81/2017, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-konsumbasierten> (01.11.2023).

Buchhorn, M.; Smets, B.; Bertels, L.; Lesiv, M.; Tsendbazar, N.-E.; Masiliunas, D.; Linlin, L.; Herold, M.; Fritz, S. (2020). Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Collection 3: epoch 2019: Globe (Version V3.0.1). Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.3939050 <https://lcviewer.vito.be/2019> (07.02.2024).

Budzinski, M.; Bezama, A.; Thran, D. (2017): Monitoring the progress towards bioeconomy using multi-regional input-output analysis: The example of wood use in Germany. Journal of Cleaner Production, 161, S. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.090> (27.09.2024).

Bundesregierung (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Nationale-Bioökonomiestrategie-Zusammenfassung.pdf> (06.07.2022).

Bundesregierung (2022): Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Energieeffizienz/nabis_eckpunkte_bf.pdf (06.10.2022).

Bunsen, J.; Berger, M.; Finkbeiner, M. (2022): Konzeptionelle Weiterentwicklung des Wasserfußabdrucks: Zur Abbildung möglicher qualitativer und quantitativer Wasserbelastungen entlang eines Produktlebenszyklus. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konzeptionelle-weiterentwicklung-des> (07.02.2024)

Chandrakumar, C.; McLaren, S.J. (2018a): Exploring the Linkages Between the Environmental Sustainable Development Goals and Planetary Boundaries Using the DPSIR Impact Pathway Framework. In: Benetto, E.; Gericke, K.; Guiton, M. (Eds.): Designing Sustainable Technologies, Products and Policies, Springer International Publishing, Cham, S. 413-423. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66981-6_46 (27.09.2024).

Chandrakumar, C.; McLaren, S.J. (2018b): Towards a comprehensive absolute sustainability assessment method for effective Earth system governance: Defining key environmental indicators using an enhanced-DPSIR framework. Ecological Indicators, 90, S. 577-583. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.063> (27.09.2024).

Chandrakumar, C.; McLaren, S.J.; Jayamaha, N.P.; Ramilan, T. (2018): Absolute Sustainability-Based Life Cycle Assessment (ASLCA): A Benchmarking Approach to Operate Agri-food Systems within the 2°C Global Carbon Budget. Journal of Industrial Ecology, 23(4), S. 906-917. <https://doi.org/10.1111/jiec.12830> (27.09.2024).

Chaudhary, A.; Brooks, T.M. (2018): Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. Environmental Science & Technology, 52(9), S. 5094–5104. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05570> (27.09.2024).

- Chaudhary, A.; Verones, F.; de Baan, L.; Hellweg, S. (2015): Quantifying Land Use Impacts on Biodiversity: Combining Species–Area Models and Vulnerability Indicators. *Environmental Science & Technology*, 49(16), S. 9987–9995. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02507> (27.09.2024).
- Crawford, R. H.; Bontinck, P.-A.; Stephan, A.; Wiedmann, T.; Yu, M. (2018): Hybrid life cycle inventory methods – A review. *Journal of Cleaner Production*, 172, S. 1273-1288. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.176> (27.09.2024).
- Curtis, P. G.; Slay, C. M.; Harris, N. L.; Tyukavina, A.; Hansen, M. C. (2018): Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), S. 1108-1111. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aau3445> (07.02.2024)
- Dittrich, M.; Limberger, S.; Ewers, B.; Stalf; Knappe, F.; Vogt, R. (2021): Sekundärrohstoffe in Deutschland. https://muellundabfall.de/ce/sekundahttps://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Sekund%C3%A4rrohstoffein_Deutschland.pdfferrohstoffe-in-deutschland/detail.html (12.04.2023).
- DLR (2016): Neue DFD Landnutzungs- und Landbedeckungskarte für Deutschland. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (10.06.2016). https://www.dlr.de/eoc/de/desktopdefault.aspx/tabcid-11128/19488_read-46704/ (07.02.2024)
- EEA (2021): European Air Quality Index. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index/index> (07.02.2024)
- EEA (2022): Sources and emissions of air pollutants in Europe. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/sources-and-emissions-of-air> (07.02.2024)
- EEA (2023a): Europe's air quality status 2023. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/europees-air-quality-status-2023> (07.02.2024)
- EEA (2023b): Soil, land and climate change. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2019-content-list/articles/soil-land-and-climate-change> (07.02.2024)
- Egenolf, V.; Bringezu, S. (2019): Conceptualization of an Indicator System for Assessing the Sustainability of the Bioeconomy. Center for Environmental Systems Research (CESR), *Sustainability*, 11(2), 443. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/2/443> (07.02.2024)
- Egenolf, V.; Vita, G.; Distelkamp, M.; Schier, F.; Hufner, R.; Bringezu, S. (2021): The Timber Footprint of the German Bioeconomy-State of the Art and Past Development. *Sustainability*, 13(7), 3878. <https://doi.org/10.3390/su13073878> (27.09.2024).
- Eltrop, L.; Matiz, N.; Härdlein, M.; Rettenmaier, N. (2018): Ein Konzept für einen Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden Württemberg – BÖE-Index BW. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart; ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Forschungsbericht BWPLUS, Land Baden-Württemberg, Förderkennzeichen: BWBÖ17010. <https://pudi.lubw.de/projektdetailseite/-/project/125076> (27.09.2024).
- Erb, K.-H.; Haberl, H.; Le Noe, J.; Tappeiner, U.; Tasser, E.; Gingrich, S. (2022): Changes in perspective needed to forge “no-regret” forest-based climate change mitigation strategies. *GCB Bioenergy*, 14. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12921> (27.09.2024).
- Europäische Kommission (2018a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über einen Überwachungsrahmen für die Kreislaufwirtschaft. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0029&from=EN> (12.04.2023).

Europäische Kommission (2018b): Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=DE> (11.11.2021).

Europäische Kommission (2022): Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Nature Restoration. https://environment.ec.europa.eu/publications/nature-restoration-law_en (30.05.2023).

Europäische Kommission (2023a): Better Regulation Toolbox, July 2023 edition. Tool #43: Monitoring arrangements and indicators. https://commission.europa.eu/law/law-making-process/planning-and-proposing-law/better-regulation/better-regulation-guidelines-and-toolbox/better-regulation-toolbox_en (07.02.2024).

Europäische Kommission (2023b): Bioenergy: Voluntary schemes. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/voluntary-schemes_en (07.02.2024).

Europäische Kommission (2023c): EU Bioeconomy Monitoring System, Knowledge Centre for Bioeconomy (28.11.2023). https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/monitoring_en (07.02.2024).

Europäische Kommission (2023d): Nature restoration law. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_en (07.02.2024).

Europäische Kommission (2024): Environment action programme to 2030. https://ec.europa.eu/environment/strategy/environment-action-programme-2030_en (07.02.2024).

Eurostat (2023): Circular material use rate. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/settings_1/table?lang=en (16.06.2023).

Eversberg, D. (2020): Bioökonomie als Einsatz polarisierter sozialer Konflikte? Zur Verteilung sozial-ökologischer Mentalitäten in der deutschen Bevölkerung 2018 und möglichen Unterstützungs- und Widerstandspotentialen gegenüber bio-basierten Transformationen. Working Paper #1 der BMBF-Nachwuchsgruppe. https://www.flumen.uni-jena.de/wp-content/uploads/2020/11/Working-Paper-Nr.-1-flumen_Eversberg_Bio%C3%B6konomie-als-Einsatz-polarisierter-sozialer-Konflikte-1.pdf (07.02.2024).

Eversberg, D. (2021): The Social Specificity of Societal Nature Relations in a Flexible Capitalist Society. Environmental Values, 30(3), 319-343. <https://doi.org/10.3197/096327120x15916910310581> (07.02.2024).

Eversberg, D.; Fritz, M. (2022): Bioeconomy as a societal transformation: Mentalities, conflicts and social practices. Sustainable Production and Consumption, 30, 973-987. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.021> (07.02.2024).

Eversberg, D.; Holz, J. (2020): Empty Promises of Growth: The Bioeconomy and Its Multiple Reality Checks. Working Paper #2 of the BMBF Junior Research Group "Mentalities in Flux" (flumen): Friedrich-Schiller-Universität Jena. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30275.84007> (07.02.2024).

FAO (2011): The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/task-force-on-sustainability/gbep-report-on-sustainability-indicators-for-bioenergy/en/> (07.02.2024).

Fauzi, R. T.; Lavoie, P.; Sorelli, L.; Heidari, M. D.; Amor, B. (2019): "Exploring the Current Challenges and Opportunities of Life Cycle Sustainability Assessment." Sustainability, 11(3), 636. <https://doi.org/10.3390/su11030636> (27.09.2024).

Fehrenbach, H.; Bürck, S. (2022): CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen in Deutschland, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, erstellt im Auftrag der Deutschen Umwelthilfe. <https://www.ifeu.de/publikation/co2-opportunitaetskosten-von-biokraftstoffen-in-deutschland/> (07.02.2024)

Forest Europe (2020): State of Europe's Forests 2020. <https://foresteurope.org/publications/?search=&k=&y=2020> (16.05.2023).

FSC (2015): FSC International Standard FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship FSC-STD-01-001 V5-2 EN. Link zur aktuellen Version (V5-3): <https://open.fsc.org/bitstreams/0e2f50a2-bb15-4697-aa39-42d878506bbd/download> (27.09.2024).

FSC (2018): FSC International Standard - FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship Standard (STD) V(5-2). Forest Stewardship Council. <https://fsc.org/en/document-centre/documents/resource/392> (07.02.2024).

FSC (2021): Ecosystem Services Procedure: Impact Demonstration and Market Tools FSC-PRO-30-006 V1-2 EN. <https://open.fsc.org/entities/publication/d0b6a7a8-1584-435b-8f44-2d8127412a54> (27.09.2024).

Gawel, E.; Pannicke, N.; Hagemann, N. (2019): A Path Transition Towards a Bioeconomy—The Crucial Role of Sustainability. *Sustainability*, 11(11), 3005. <https://doi.org/10.3390/su11113005> (27.09.2024).

Gerhardt, P. (2018): Bioökonomie – die neue Nebelwand aus der PR-Abteilung. <https://denkhausbremen.de/biooekonomie-die-neue-nebelwand-aus-der-pr-abteilung/> (07.02.2024).

GFN (2019a): Ecological Deficit/Reserve. Global Footprint Network. <https://data.footprintnetwork.org> (05.09.2019).

GFN (2019b): Global Footprint Network Glossary. <https://www.footprintnetwork.org/resources/glossary/> (27.11.2019).

Goh, Chun Sheng (2017): Monitoring the Bio-Economy. Assessing local and global biomass flows, land-use change, carbon impacts and future resources. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/350036> (07.02.2024).

Görg, C. (1999): Gesellschaftliche Naturverhältnisse. Westfälisches Dampfboot, Münster. <https://www.budrich-journals.de/index.php/peripherie/article/viewFile/24938/21778> (27.09.2024).

Görg, C. (2015): Planetarische Grenzen. In: Bauriedl, S. (Ed.): *Wörterbuch Klimadebatte*. transcript Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783839432389-031> (27.09.2024).

Greenfield, P. (2023): Scotland considers annual laser scan to monitor health of forest and peatlands. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2023/may/12/scotland-annual-laser-scan-monitor-forest-health-aoe> (07.02.2024).

Guinée, J. (2016): Life Cycle Sustainability Assessment: What Is It and What Are Its Challenges? In: Clift, R.; Druckman, A. (Eds.): *Taking Stock of Industrial Ecology*. Springer International Publishing, Cham, S. 45-68. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7_3 (27.09.2024).

Guinée, J.B.; de Koning, A.; Heijungs, R. (2022): Life cycle assessment-based Absolute Environmental Sustainability Assessment is also relative. *Journal of Industrial Ecology* 26(3), S. 673-682. <https://doi.org/10.1111/jiec.13260> (27.09.2024).

Guinée, J.B.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Zamagni, A.; Masoni, P.; Buonamici, R.; Ekvall, T.; Rydberg, T. (2011): Life cycle assessment: past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, 45(1), S. 90-96. <https://doi.org/10.1021/es101316v> (27.09.2024).

Haberl, H.; Steinberger, J.K.; Plutzar, C.; Erb, K.-H.; Gaube, V.; Gingrich, S.; Krausmann, F. (2012): Natural and socioeconomic determinants of the embodied human appropriation of net primary production and its relation to other resource use indicators. *Ecological Indicators*, 23, S. 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.027> (27.09.2024).

Hargita, Y.; Gerber, K.; Oehmichen, K.; Dunger, K.; Rüter, S. (2016): Die Umweltauswirkungen der Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) in einem zukünftigen Klimaschutzabkommen. *Climate Change*, 32/2016, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-umweltauswirkungen-der-landnutzung> (12.05.2023).

- Harvey, D. (1996): Justice, nature and the geography of difference. Blackwell Oxford.
<https://www.wiley.com/en-gb/Justice%2C+Nature+and+the+Geography+of+Difference-p-9781557866813> (27.09.2024).
- Hausknot, D.; Schriefl, E.; Lauk, C.; Kalt, G. (2017): A Transition to Which Bioeconomy? An Exploration of Diverging Techno-Political Choices. *Sustainability*, 9(4), 669. <https://doi.org/10.3390/su9040669> (27.09.2024).
- Hayek, M.N.; Harwatt, H.; Ripple, W.J.; Mueller, N.D. (2021): The carbon opportunity cost of animal-sourced food production on land. *Nature Sustainability*, 4(1), S. 21–24. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00603-4> (27.09.2024).
- Hennenberg, K.; Bürck, S.; Fehrenbach, H.; Pfeiffer, M.; Köppen, S. (2023): Trägt die Energienutzung von Waldholz zum Klimaschutz bei? https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2023-3/holzenergie/031_traegt-die-energienutzung-von-waldholz-zum-klimaschutz-bei (01.06.2023).
- Huijbregts, M.A.J.; Steinmann, Z.J.N.; Elshout, P.M.F.; Stam, G.; Verones, F.; Vieira, M.; Zijp, M.; Hollander, A.; van Zelm, R. (2017): ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), S. 138-147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y> (07.02.2024)
- Hummel, D.; Jahn, T.; Kramm, J.; Stieß, I. (2023): Gesellschaftliche Naturverhältnisse – Grundbegriff und Denkraum für die Gestaltung von sozial-ökologischen Transformationen. In: Sonnberger, M.; Bleicher, A.; Groß, M. (Eds.): *Handbuch Umweltsoziologie*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 1-15. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-37218-7> (27.09.2024).
- lost, S.; Geng, N.; Schweinle, J.; Banse, M.; Brüning, S.; Jochem, D.; Machmüller, A.; Weimar, H. (2020): Setting up a bioeconomy monitoring: Resource base and sustainability.
https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_149.pdf (07.02.2024).
- Ingrao, C.; Bacenetti, J.; Bezama, A.; Blok, V.; Goglio, P.; Koukios, E.G.; Lindner, M.; Nemecek, T.; Siracusa, V.; Zabaniotou, A.; Huisingsh, D. (2018): The potential roles of bio-economy in the transition to equitable, sustainable, post fossil-carbon societies: Findings from this virtual special issue. *Journal of Cleaner Production*, 204, S. 471-488. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.068> (27.09.2024).
- IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://www.de-ipbes.de/de/Landdegradierung-und-Wiederherstellung-IPBES-Arbeitselement-3bi-1766.html> (30.05.2023).
- IQAir-Index (2023): Air quality in the world: Air quality index (AQI) and PM2.5 air pollution in the world.
<https://www.iqair.com/world-air-quality> (07.02.2024).
- Iriarte, L.; Fritsche, U. R.; Elbersen, B.; Dees, M.; Londo, M.; Fitzgerald, J.; Panoutsou, C.; Kavalov, B.; Torres de Matos, C.; Cristobal Garcia, J.; Aurambout, J.-P. (2015): Delivery of sustainable supply of non-food biomass to support a “resource-efficient” Bioeconomy in Europe, Deliverable 5.4 Consistent Cross-Sectoral Sustainability: Criteria & Indicators. https://www.s2biom.eu/images/Publications/D5.4_S2Biom_Cross-Sectoral_Sustainability_Indicators_Final.pdf (07.02.2024).
- Irslinger, R. (2023): Einschlagstopp ist kein Klimaschutz. https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2023-3/holzenergie/035_einschlagstopp-ist-kein-klimaschutz (01.06.2023).
- ISCC (2023): Beyond Certification: ISCC Landscape Approach. International Sustainability and Carbon Certification. <https://www.iscc-system.org/certification/independent-smallholder-certification/iscc-landscape-approach/> (07.02.2024).
- ISO (2015): ISO 13065:2015 Sustainability criteria for bioenergy. International Standards Organisation.
<https://www.iso.org/standard/52528.html> (07.02.2024)

- Jander, W.; Wydra, S.; Wackerbauer, J.; Grundmann, P.; Piotrowski, S. (2020): Monitoring Bioeconomy Transitions with Economic–Environmental and Innovation Indicators: Addressing Data Gaps in the Short Term. *Sustainability*, 12(11), 4683. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4683> (07.02.2024).
- Kardung, M.; Costenoble, O.; Dammer, L.; Delahaye, R.; Lovrić, M.; van Leeuwen, M.; M'Barek, R.; van Meijl, H.; Piotrowski, S.; Ronzon, T.; Verhoog, D.; Verkerk, H.; Vrachioli, M.; Wesseler, J.; Zhu, B.X. (2019): *Biomonitor*. D1.1: Framework for measuring the size and development of the bioeconomy. <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-1.1.pdf> (07.02.2024).
- Kardung, M.; Cingiz, K.; Costenoble, O.; Delahaye, R.; Heijman, W.; Lovrić, M.; van Leeuwen, M.; M'Barek, R.; van Meijl, H.; Piotrowski, S.; Ronzon, T.; Sauer, J.; Verhoog, D.; Verkerk, P. J.; Vrachioli, M.; Wesseler, J. H. H.; Zhu, B.X. (2021): Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. *Sustainability*, 13(1), 413. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/413> (07.02.2024).
- Karvonen, J.; Halder, P.; Kangas, J.; Leskinen, P. (2017): Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy. *Forest Ecosystems* 4(2). <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-017-0089-8> (07.02.2024).
- Kilsedar, C.; Girardi, J.; Gerlach, H.; Mubareka, S. (2021): Implementation of the EU Bioeconomy Monitoring System dashboards. Status and technical description as of December 2021. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-46204-0, doi:10.2760/691217, JRC127762. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC127762> (07.02.2024).
- Kilsedar, C.; Patani, S.; Olsson, M.; Girardi, J.; Mubareka, S. (2023): EU Bioeconomy Monitoring System dashboards: extended with trade-related indicators, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-61625-2, doi:10.2760/217911, JRC132356. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132356> (07.02.24).
- Kleinschmit, D.; Arts, B.; Giurca, A.; Mustalahti, I.; Sergent, A.; Pütlz, H. (2017): Environmental concerns in political bioeconomy discourses. *International Forestry Review*, 19, S. 41-55. <https://doi.org/10.1505/146554817822407420> (27.09.2024).
- Langenkämper, M. (2017): The UBA Open Data Download Portal for Air Quality Data. *Geospatial Sensor Webs* 2017, 29.08.2017. https://52north.org/files/sensorweb/GSW17/gswc17_uba-open-data-portal.pdf (07.02.2024)
- Lier, M.; Aarne, M.; Kärkkäinen, L.; Korhonen, K.T.; Yli-Viikari, A.; Packalen, T. (2018): Synthesis on bioeconomy monitoring systems in the EU Member States – indicators for monitoring the progress of bioeconomy. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-607-0> (07.02.2024).
- Lindqvist, A.N.; Broberg, S.; Tufvesson, L.; Khalil, S.; Prade, T. (2019): Bio-Based Production Systems: Why Environmental Assessment Needs to Include Supporting Systems. *Sustainability*, 11(17), 4678. <https://doi.org/10.3390/su11174678> (27.09.2024).
- Linser, S.; Lier, M. (2020): The Contribution of Sustainable Development Goals and Forest-Related Indicators to National Bioeconomy Progress Monitoring. *Sustainability*, 12(7), 2898. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/7/2898> (07.02.2024).
- Martin, D.; Anderson, W.; Saenz, E. (2023): How to Monitor A Land Restoration Project: A 4-Step Recipe. <https://www.wri.org/update/land-degradation-project-recipe-for-restoration> (30.05.2023).
- Meier, E.S.; Indermaur, A.; Ginzler, C.; Psomas, A. (2020): An Effective Way to Map Land-Use Intensity with a High Spatial Resolution Based on Habitat Type and Environmental Data. *Remote Sensing*, 12(6), 969. <https://doi.org/10.3390/rs12060969> (07.02.2024).
- Millenium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf> (07.02.2024).

Möller, M.; López, V.; Prieß, R.; Schleicher, T.; Hünecke, K.; Hennenberg, K.; Wolff, F.; Kiresiewa, Z.; Hasenheit, M.; Schröder, P.; Gesang, B. (2020): Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung, Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Oktober 2020. <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-biooekonomie> (07.02.2024).

Monbiot, G. (2019): We can't keep eating as we are – why isn't the IPCC shouting this from the rooftops? The Guardian. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/aug/08/ipcc-land-climate-report-carbon-cost-meat-dairy> (07.02.2024).

Monitoring Bioökonomie (2023): Agriculture, crops and livestock. Monitoring Bioökonomie Webseite. <https://www.monitoring-biooekonomie.de/en/topics/origins/agriculture-crops-and-livestock> (07.02.2024).

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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.132> (27.09.2024).

NASA Langley Research Center (o.J.): Sensing Our Earth from Above, How NASA Langley Research Center is Taking Lidar to New Heights to Better Understand Our Earth. National Aeronautics and Space Administration. <https://science.larc.nasa.gov/lidar/> (07.02.2024).

Norström, A.V. (2013): Social change vital to sustainability goals. *Nature*, 498(7454), 299. <https://doi.org/10.1038/498299c> (27.09.2024).

O'Neill, D.W.; Fanning, A.L.; Lamb, W.F.; Steinberger, J.K. (2018): A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 1(2), S. 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4> (27.09.2024).

O'Neill, D.; Fanning, A.; Steinberger, J.; Lamb, W.; Trebeck, K.; Raworth, K. (2019): A Good Life For All Within Planetary Boundaries. <https://goodlife.leeds.ac.uk/about/>. (27.11.2019).

Palahí, M. (2021): Is forest harvesting increasing in Europe? <https://efi.int/articles/nature> (15.06.2022).

Parrique T.; Barth, J.; Briens, F.; Kerschner, C.; Kraus-Polk, A.; Kuokkanen, A.; Spangenberg, J.H. (2019): Decoupling Debunked - Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. The European Environmental Bureau, Brussels. <https://eeb.org/wp-content/uploads/2019/07/Decoupling-Debunked.pdf> (07.02.2024).

Persson, L.; Carney Almroth, B.M.; Collins, C.D.; Cornell, S.; de Wit, C.A.; Diamond, M.L.; Fantke, P.; Hassellöv, M.; MacLeod, M.; Ryberg, M.W.; Jørgensen, P.S.; Villarrubia-Gómez, P.; Wang, Z.; Hauschild, M.Z. (2022): Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental Science & Technology*, 56(3), S. 1510–1521. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158> (27.09.2024).

Piñero, P.; Sevenster, M.; Lutter, S.; Giljum, S. (2021): Technical documentation of the Sustainable Consumption and Production Hotspots Analysis Tool (SCP-HAT) version 2.0. Commissioned by UN Life Cycle Initiative, One Planet Network, and UN International Resource Panel. Paris. <http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/methods> (07.02.2024), siehe auch http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/11/SCP-HAT-2.0_Technical-documentation_Oct2021_final02.pdf (07.02.2024).

Pomponi, F.; Lenzen, M. (2018): Hybrid life cycle assessment (LCA) will likely yield more accurate results than process-based LCA. *Journal of Cleaner Production*, 176, S. 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.119> (27.09.2024).

Raši, R.; Schwarz, M. (2019): Pilot Study: Forest Fragmentation Indicator. <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/Pilot-study-Fragmentation.pdf> (16.05.2023).

Reinhardt, G.; Scheurlen, K.; Gärtner, S. (2005): Nachhaltige Biomassepotenziale in Baden-Württemberg - Kurzgutachten. <https://www.ifeu.de/projekt/biomassepotenziale/> (31.05.2023).

Richardson, K.; Steffen, W.; Lucht, W.; Bendtsen, J.; Cornell, S. E.; Donges, J. F.; Fetzer, I.; Bala, G.; von Bloh, W.; Feulner, G.; Fiedler, S.; Gerten, D.; Gleeson, T.; Hofmann, M.; Huiskamp, W.; Kummu, M.; Mohan, C.; Nogués-Bravo, D.; Petri, S.; Porkka, M.; Rahmstorf, S.; Schaphoff, S.; Thonicke, K.; Tobian, A.; Virkki, V.; Wang-Erlandsson, L.; Weber, L. (2023): Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458> (17.02.2024)

Robert, N.; Giuntoli, J.; Araujo, R.; Avraamides, M.; Balzi, E.; Barredo, J.I.; Baruth, B.; Becker, W.; Borzacchiello, M.T.; Bulgheroni, C.; Camia, A.; Fiore, G.; Follador, M.; Gurria, P.; la Notte, A.; Lusser, M.; Marelli, L.; M'Barek, R.; Parisi, C.; Philippidis, G.; Ronzon, T.; Sala, S.; Sanchez Lopez, J.; Mubareka, S. (2020): Development of a bioeconomy monitoring framework for the European Union: An integrative and collaborative approach. *New Biotechnology*, 59, S. 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.06.001> (27.09.2024).

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin III, F.S.; Lambin, E.F.; Lenton, T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; Nykvist, B.; de Wit, C.A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P.K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R.W.; Fabry, V.J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J.A. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472. <https://doi.org/10.1038/461472a> (27.09.2024).

Ronzon, T.; Sanchez Lopez, J.; Follador, M.; Girardi, I.; Giuntoli, J.; Robert, N.; Barredo Cano, J.; Borzacchiello, M.; Sala, S.; M'barek, R.; La Notte, A.; Becker, W.; & Mubareka, S. (2020): Building a monitoring system for the EU bioeconomy. Progress Report 2019: Description of framework. <https://doi.org/10.2760/717782> (07.02.2024)

RSB (2016): RSB Principles & Criteria RSB-STD-01-001 (Version 3.0), 09.11.2016. Roundtable on Sustainable Biomaterials. https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-STD-01-001_Principles_and_Criteria-DIGITAL.pdf (11.04.2022)

RSB (2018): RSB Conservation impact Assessment Guidelines. Version 3.0, 01.01.2018. Roundtable on Sustainable Biomaterials. https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-GUI-01-007-01-RSB-Conservation-IA-Guidelines_3.0.pdf (07.02.2024).

Ryberg, M.W.; Owsianik, M.; Richardson, K.; Hauschild, M.Z. (2018): Development of a life-cycle impact assessment methodology linked to the Planetary Boundaries framework. *Ecological Indicators*, 88, S. 250-262. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.065> (27.09.2024).

Ryberg, M.W.; Andersen, M.M.; Owsianik, M.; Hauschild, M.Z. (2020): Downscaling the planetary boundaries in absolute environmental sustainability assessments – A review. *Journal of Cleaner Production*, 276: 123287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123287> (27.09.2024).

Sala, S.; Castellani, V. (2019). The consumer footprint: Monitoring Sustainable development Goal 12 with process-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118050. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118050> (27.09.2024).

Sala, S.; Crenna, E.; Secchi, M.; Sanyé-Mengual, E. (2020): Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries. *Journal of Environmental Management*, 269, 110686. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32560978> (07.02.2024).

Santoro, M.; Cartus, O.; Carvalhais, N.; Rozendaal, D.M.A.; Avitabile, V.; Araza, A.; de Bruin, S.; Herold, M.; Quegan, S.; Rodríguez-Veiga, P.; Balzter, H.; Carreiras, J.; Schepaschenko, D.; Korets, M.; Shimada, M.; Itoh, T.; Moreno Martínez, Á.; Cavlovic, J.; Cazzolla Gatti, R.; da Conceição Bispo, P.; Debnath, N.; Labrière, N.; Liang, J.; Lindsell, J.; Mitchard, E.T.A.; Morel, A.; Pacheco Pascagaza, A. M.; Ryan, C. M.; Slik, F.; Vaglio Laurin, G.; Verbeeck, H.; Wijaya, A.; Willcock, S. (2021): The global forest above-ground biomass pool for 2010 estimated

from high-resolution satellite observations. *Earth System Science Data*, 13(8).

<https://essd.copernicus.org/articles/13/3927/2021/essd-13-3927-2021.html> (07.02.2024).

Schaefer, F.; Luksch, U.; Steinbach, N.; Cabeça, J.; Hanauer, J. (2006): Ecological Footprint and Biocapacity - The world's ability to regenerate resources and absorb waste in a limited time period. European Commission, Luxembourg.

Schaldach, R.; Beck-O'Brien, M.; Schomberg, A.; Helander, H. (2023): National consumption footprints. <https://www.monitoring-bioökonomie.de/en/tools/national-consumption-footprints-and-benchmarks> (14.12.2023).

Searchinger, T.D.; Wirsén, S.; Beringer, T.; Dumas, P. (2018): Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature*, 564(7735), S. 249–253. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0757-z> (27.09.2024).

Šimunović, N.; Hesser, F.; Stern, T. (2018): Frame Analysis of ENGO Conceptualization of Sustainable Forest Management: Environmental Justice and Neoliberalism at the Core of Sustainability. *Sustainability*, 10(9), 3165. <https://doi.org/10.3390/su10093165> (27.09.2024).

Sinkko, T.; Sanyé-Mengual, E.; Corrado, S.; Giuntoli, J.; Sala, S. (2023): The EU Bioeconomy Footprint: Using life cycle assessment to monitor environmental impacts of the EU Bioeconomy. *Sustainable Production and Consumption*, 37, S. 169-79. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.015> (07.02.2024).

Spangenberg, J.; Kuhlmann, W. (2020): Bioökonomie im Lichte der planetaren Grenzen und des Schutzes der biologischen Vielfalt. Eine Studie für den BUND und das denkhaus Bremen. Open Access: 10.13140/RG.2.2.35149.26088. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/ressourcen_und_technik/ressourcen_technik_bioökonomie_projekt_studie_spangenberg.pdf (07.02.2024).

Staffas, L.; Gustavsson, M.; McCormick, K. (2013): Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches." *Sustainability*, 5(6), S. 2751-2769.

<https://doi.org/10.3390/su5062751> (27.09.2024).

Steffen, W.; Richardson, K.; Rockstrom, J.; Cornell, S.E.; Fetzer, I.; Bennett, E.M.; Biggs, R.; Carpenter, S.R.; de Vries, W.; de Wit, C.A.; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G.M.; Persson, L.M.; Ramanathan, V.; Reyers, B.; Sorlin, S. (2015): Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855> (27.09.2024).

Steffen, W.; Rockstrom, J.; Richardson, K.; Lenton, T.M.; Folke, C.; Liverman, D.; Summerhayes, C.P.; Barnosky, A.D.; Cornell, S.E.; Crucifix, M.; Donges, J.F.; Fetzer, I.; Lade, S.J.; Scheffer, M.; Winkelmann, R.; Schellnhuber, H.J. (2018): Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), S. 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115> (07.02.2024).

Stegemann, L.; Ossewaarde, M. (2018): A sustainable myth: A neo-Gramscian perspective on the populist and post-truth tendencies of the European green growth discourse. *Energy Research & Social Science*, 43: 25-32.

Stern, T.; Plöll, U.; Spies, R.; Schwarzbauer, P.; Hesser, F.; Ranacher, L. (2018): Understanding Perceptions of the Bioeconomy in Austria—An Explorative Case Study. *Sustainability*, 10(11), 4142. <https://doi.org/10.3390/su10114142> (27.09.2024).

SYMOBIO (2018) Systematic Monitoring and Modeling of the Bioeconomy. https://symobio.de/en/start_en (07.02.2024).

Teh, S.H.; Wiedmann, T.; Schinabeck, J.; Moore, S. (2017): Replacement Scenarios for Construction Materials Based on Economy-wide Hybrid LCA. *Procedia Engineering*, 180, S. 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.177> (27.09.2024).

UBA (2023): Luftdaten, Luftqualitätsindex. Umweltbundesamt.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftdaten/luftqualitaet/> (07.02.2024).

van der Esch, S.; Sewell, A.; Bakkenes, M.; Doelman, J.; Stehfest, E.; Langhans, C.; Bouwman, A.; ten Brink, B.; Berkhout, E.; Fleskens, L. (2022): The Global Potential for Land Restoration: Scenarios for the Global Land Outlook 2. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2022-the-global-potential-for-land-restoration-glo2-4816.pdf> (30.05.2023).

van der Ven, H.; Rothacker, C.; Cashore, B. (2018): Do eco-labels prevent deforestation? Lessons from non-state market driven governance in the soy, palm oil, and cocoa sectors, *Global Environmental Change*, 52: 141-151, September, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2018.07.002, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378017304545> (07.02.2024).

Vogt, P.; Riitters, K.; Caudullo, G.; Eckhardt, B.; Rasi, R. (2019): An approach for pan-European monitoring of forest fragmentation. Algorithm Technical Basis Document (ATBD). Publications Office, Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/991401> (16.05.2023).

vom Berg, C.; Carus, M.; Piltz, G.; Dammer, L.; Breitmayer, E.; Essel, R. (2022): The Biomass Utilisation Factor (BUF) - A new metric combining cascading use and production efficiency into one indicator for the circular bioeconomy. nova Institute. [https://renewable-carbon.eu/publications/product/biomass-utilisation-factor-buf/#:~:text=The%20Biomass%20Utilisation%20Factor%20\(BUF\)%20is%20a%20new%20metric%20combining,materials%20for%20the%20circular%20bioeconomy](https://renewable-carbon.eu/publications/product/biomass-utilisation-factor-buf/#:~:text=The%20Biomass%20Utilisation%20Factor%20(BUF)%20is%20a%20new%20metric%20combining,materials%20for%20the%20circular%20bioeconomy) (3.5.2024)

Wackerbauer, J.; Rave, T.; Dammer, L.; Piotrowski, S.; Jander, W.; Grundmann, P.; Wydra, S.; Schmoch, U. (2019): Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. <https://www.ifo.de/publikationen/2019/monographie-autorenschaft/ermittlung-wirtschaftlicher-kennzahlen-und-indikatoren> (07.02.2024).

Wang-Erlandsson, L.; Tobian, A.; van der Ent, R.J.; Fetzer, I.; te Wierik, S.; Porkka, M.; Staal, A.; Jaramillo, F.; Dahlmann, H.; Singh, C.; Greve, P.; Gerten, D.; Keys, P.W.; Gleeson, T.; Cornell, S.E.; Steffen, W.; Bai, X.; Rockström, J. (2022): A planetary boundary for green water. *Nature Reviews Earth and Environment*, 3, S. 380-392. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8> (07.02.2024).

Wasser, L.A. (2023): The Basics of LiDAR - Light Detection and Ranging - Remote Sensing. National Ecological Observatory Network (NEON), The National Science Foundation. <https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/lidar-basics> (07.02.2024).

Wirsénus, S.; Searchinger, T.; Zionts, J.; Peng, L.; Beringer, T.; Dumas, P. (2020): Comparing the life cycle greenhouse gas emissions of dairy and pork systems across countries using land-use carbon opportunity costs. Working Paper, World Resources Institute. https://files.wri.org/d8/s3fs-public/comparing-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-dairy-pork-systems_0.pdf (07.02.2024)

Wood, R.; Hertwich, E.G. (2012): Economic modelling and indicators in life cycle sustainability assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(9), S. 1710-1721. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0463-2> (27.09.2024).

World Air Quality Index (2023): World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index. <https://waqi.info/#/c/7.651/8.91/2.2z> (07.02.2024).

Wulf, C.; Werker, J.; Ball, C.; Zapp, P.; Kuckshinrichs, W. (2019): Review of Sustainability Assessment Approaches Based on Life Cycles. *Sustainability*, 11(20), 5717. <https://doi.org/10.3390/su11205717> (27.09.2024).

Zeug, W.; Bezama, A.; Moesenfechel, U.; Jähkel, A.; Thrän, D. (2019): Stakeholders' Interests and Perceptions of Bioeconomy Monitoring Using a Sustainable Development Goal Framework. *Sustainability*, 11(6), 1511. <https://doi.org/10.3390/su11061511> (27.09.2024).

Zeug, W.; Bezama, A.; Thrän, D. (2020): Towards a Holistic and Integrated Life Cycle Sustainability Assessment of the Bioeconomy – Background on Concepts, Visions and Measurements. *UFZ Discussion Papers*. Leipzig, Helmholtz-Centre for Environmental Research (UFZ). <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16912.02564> (27.09.2024).

Zeug, W.; Bezama, A.; Thrän, D. (2021): A framework for implementing holistic and integrated life cycle sustainability assessment of regional bioeconomy. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(10), S. 1998-2023. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-021-01983-1> (27.09.2024).

Zeug, W.; Bezama, A.; Thrän, D. (2022): Application of holistic and integrated LCSA: Case study on laminated veneer lumber production in Central Germany. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(12), S. 1352-1375. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02098-x> (27.09.2024).

Zeug, W.; Bezama, A.; Thrän, D. (2023a): Life Cycle Sustainability Assessment for Sustainable Bioeconomy, Societal-Ecological Transformation and Beyond. *Progress in Life Cycle Assessment 2021. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management*. Springer, S. 131-159. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29294-1_8 (27.09.2024).

Zeug, W., Yupanqui, K.R.G.; Bezama, A.; Thrän, D. (2023b): Holistic and integrated life cycle sustainability assessment of prospective biomass to liquid production in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 418. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138046> (27.09.2024).

Zhu, X.; Vrachiolli, M.; Sauer, J.; Smeets, E.; Verhoog, D.; Piotrowski, S.; Dammer, L.; Hassegawa, M.; Verkerk, H.; van Leeuwen, M. (2019): Data and data gaps for bioeconomy drivers and indicators and their implications. *Biomonitor project, Deliverable 2.1*, 30.08.2019. <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-2.1.pdf> (07.02.2024).

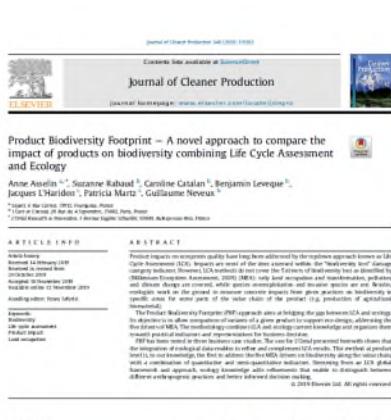
Zimek, M.; Schober, A.; Mair, C.; Baumgartner, R.J.; Stern, T.; Füllsack, M. (2019): The Third Wave of LCA as the 'Decade of Consolidation'. *Sustainability*, 11(12), 3283. <https://doi.org/10.3390/su11123283> (27.09.2024).

Zörb, C.; Lewandowski, I.; Kindervater, R.; Göttert, U.; Patzelt, D. (2018): Biobased Resources and Value Chains. Lewandowski, I. (Ed.) *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*. Springer International Publishing, Cham, S. 75-95. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8_5 (27.09.2024).

A Anhang: Analyse bestehender Monitoring- und Indikatorenensysteme

A.1 Asselin et al. (2020): Product biodiversity footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining life cycle assessment and ecology

A.1.1 Factsheet



- Anne Asselin, Suzanne Rabaud, Caroline Catalan, Benjamin Leveque, Jacques L'Haridon, Patricia Martz, Guillaume Neveux
- Product Biodiversity Footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining Life Cycle Assessment and Ecology
- URL:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619341320>

Bild:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619341320>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

Product impacts on ecosystem quality have long been addressed by the top-down approach known as Life Cycle Assessment (LCA). Impacts are most of the time assessed within the “biodiversity loss” damage category indicator. However, LCA methods do not cover the 5 drivers of biodiversity loss as identified by Millennium Ecosystem Assessment (2005) (MEA): only land occupation and transformation, pollution, and climate change are covered, while species overexploitation and invasive species are not. Besides, ecologists work on the ground to measure concrete impacts from given practices on biodiversity in specific areas for some parts of the value chain of the product (e.g. production of agricultural biomaterial). The Product Biodiversity Footprint (PBF) approach aims at bridging the gap between LCA and ecology. Its objective is to allow comparison of variants of a given product to support eco-design, addressing the five drivers of MEA. The methodology combines LCA and ecology current knowledge and organizes them towards practical indicators and representations for business decision. PBF has been tested in three business case studies. The one for L’Oreal presented herewith shows that the integration of ecological data enables to refine and complement LCA results. This method at product level is, to our knowledge, the first to address the five MEA drivers on biodiversity along the value chain, with a combination of quantitative and semi-quantitative indicators. Stemming from an LCA global framework and approach, ecology knowledge adds refinements that enable to distinguish between different anthropogenic practices and better informed decision making.

A.1.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Asselin et al. 2020
Autor*in (Jahr): Titel	Asselin et al. 2020: Product biodiversity footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining life cycle assessment and ecology
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619341320
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Der Ansatz unternimmt den Versuch, Auswirkungen auf Biodiversität auf Produktebene zu analysieren. Mit dem Product Biodiversity Footprint (PBF) wird der Ansatz des Life Cycle Assessments (LCA) ergänzt, um fünf drivers of biodiversity loss nach MEA (vgl. Abstract, S. 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> • “land occupation and transformation • pollution • climate change • species overexploitation • invasive species” <p>Indikatoren allgemein: Mit dem Konzept von „practical indicators and representations for business decision“ (S.1) werden Indikatoren für konkrete Fallbeispiele ausgewählt, um z. B. Produktdesignentscheidungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Biodiversität zu unterlegen.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Der Product Biodiversity Footprint (PBF) nimmt die Produkt- und Lieferkettenperspektive ein und kann (nur) indirekt zu generellem Biomassepotential Hinweise liefern.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Die verwendeten Driver (s. o.) befassen sich auf Produkt-/Lieferkettenebene mit den Grenzen der Biomassenutzung. Dieser Ansatz kann insofern indirekt dienen.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf</u> an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Der Ansatz setzt auf Produkt-/Prozessebene an und kann (nur) hierfür Abschätzungen treffen.</p> <p>Indikatoren: Es sind keine Indikatoren für zusätzliche Bedarfe vorgesehen.</p>
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	Mit dem PBF können (nur) konkrete Vergleiche z. B. auf Lieferkette oder Lebenszyklusebene erstellt werden. Veränderungen der gesamten Biomasse-Stoffströme z. B. auf regionaler Ebene sind nicht vorgesehen.
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	Umweltwirkungen, insbesondere zum Biodiversitätsverlust sind in diesem Ansatz auf Produkt-/Prozessebene prominent verortet. Mittels des Referenz- und Alternativszenarios können bspw. auf Produktebene Hinweise zu Auswirkungen von Nutzungsintensivierungen getroffen werden.
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der	Umweltvorteilhaftigkeit mit Schwerpunkt auf Biodiversität ist der Kern des Product Biodiversity Footprint (PBF). Hierbei werden Life Cycle Impact Assessments (LCIA) mit einem

Kurztitel:	Asselin et al. 2020
biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Referenz- und Alternativszenario durchgeführt. Alle fünf Drivers (s. o.) werden berücksichtigt und auch qualitative Daten hinzugezogen.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Biodiversität als hochgradig gefährdete Planetare Grenze ist Fokus dieses Ansatzes. Andere Grenzen werden z. B. im Rahmen des LCA indirekt behandelt.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Innerhalb der durchgeführten Berechnungen finden eine Auswahl und Priorisierung von Indikatoren statt.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Die selektierten Indikatoren werden gewichtet und sind mit dem untersuchten Referenzszenario vergleichbar, z. B. zwischen Produktdesigns. Die Ergebnisse werden als Webcharts dargestellt (S. 2).

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Product Biodiversity Footprint (PBF)
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	0
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	0-1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	0-1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	2
Planetare Grenzen und SDGs?	2
Hierarchisierung / Priorisierung?	1
Gewichtung?	2

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.1.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Asselin et al. (2020)	x		(x)	(x)	x		

Titel	Asselin et al. (2020)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Eine Bewertung der Potenziale ist mit den Indikatoren von Asselin et al. (2020) nicht möglich.
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Eine Bewertung der Verschiebung der Biomasseströme ist mit den Indikatoren von Asselin et al. (2020) nicht möglich.
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Eine Bewertung von Umweltwirkungen ist mit allen Indikatoren bzw. Wirkungskategorien von Asselin et al. (2020) möglich, dazu zählen <i>Climate Change Photochemical Ozone, Eutrophication, Acidification, Water stress, Land transformation, Land occupation, Invasive species, Species management</i> . Diese müssen jedoch noch ins Verhältnis zu neuen Nutzungen gesetzt werden. → z. B.: Climate change
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Eine Bewertung von Substitutionsaspekten ist mit den Indikatoren von Asselin et al. (2020) nicht möglich. Gegebenenfalls können indirekte Aussagen über die Wirkungskategorie <i>Climate Change</i> gemacht werden. → z. B.: Climate change
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Aufgrund der Tatsache, dass das Indikatorensystem dazu dient, die Umweltwirkungen von Produkten abzubilden, eignet sich dieses Indikatorensystem besonders gut, um die Umweltvorteilhaftigkeit zweier Produkte miteinander zu vergleichen. Hierfür können folgende Indikatoren/Wirkungskategorien verwendet werden: <i>Climate Change Photochemical Ozone, Eutrophication, Acidification, Water stress, Land transformation, Land occupation, Invasive species, Species management</i> . → z. B.: Eutrophication

Titel	Asselin et al. (2020)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Bezüge zum Konzept der planetaren Grenzen können beispielsweise über die Indikatoren mit Fokus auf Klimawandel, d. h. <i>Climate change</i> hergestellt werden.</p> <p>Zu den SDGs sind im Rahmen des Berichts keine Verbindungen hergestellt worden. Allerdings können mehrfach Bezüge hergestellt werden. Beispielsweise können Verknüpfungen zu SDG6 „Clean Water“ (<i>Indikator Water stress, Eutrophication</i>), SDG13 „Climate Action“ (<i>Indikator Climate Change, Photochemical Ozone</i>) und SDG15 „Life on land“ (<i>Acidification, Land transformation, Land occupation, Invasive species</i>) hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Climate change</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Die Bewertung von Biodiversitätsaspekten ist in zweierlei Hinsicht möglich.</p> <p>Auf der einen Seite können Biodiversitätsaspekte direkt mit den Indikatoren <i>Invasive species und Species management</i> bewertet werden. Darüber hinaus ermöglicht die Methodik von Asselin et al. (2020) es die Treiber des Biodiversitätsverlustes entlang der Produktionskette zu identifizieren.</p> <p>→ z. B.: Invasive species</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, allerdings muss das Indikatorenset um weitere Indikatoren ergänzt werden.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Das Indikatorenset adressiert die Themenbereiche Biodiversität und Umweltwirkungen auf Produktbene und ermöglicht es dadurch unterschiedliche Produkte miteinander zu vergleichen.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Das Indikatorenset von Asselin et al. (2020) fokussiert stark auf Biodiversität und die Wirkungskategorien klassischer Ökobilanzen, weitere Aspekte (Biomassepotenziale, Substitution, Verschiebungen etc.) können damit jedoch nicht abgebildet werden.</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>ja</p>

A.1.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Impact categories:

- Climate Change
- Photochemical Ozone
- Eutrophication
- Acidification
- Water stress
- Land transformation
- Land occupation
- Invasive species
- Species management

Liste der Indikatoren

Species Management indicator

- Sub-indicator: potential destruction of or competition with identified threatened species
- Sub-indicator: potential destruction of species of socio-cultural value or domestic biodiversity
- Sub-indicator: potential destruction of species of ecological interest
- Sub-indicator: potential over exploitation of species

Invasive Alien Species indicator

- Sub-indicator: potential diffusion of invasive alien species
- Sub-indicator: potential production of invasive alien species

A.2 Kardung et a. (2020): BioMonitor Projekt

A.2.1 Factsheet



biomonitor

D1.1: Framework for measuring the size and development of the bioeconomy

Date of document – 09/2019 (10/1)

D1.1:

Authors: Maximilian Kardung (WU), Ortwin Costenoble (NEN), Lara Dammer Roel Delahaye, Marko Lovrić, Myrna van Leeuwen, Robert M'Barek, Hans van Meijl Stephan Piotrowski, Tévécia Ronzon, David Verhoog, Hans Verkerk, Maria Vrachioli, Justus Wesseler, Benz Xinqi Zhu: (2019)

Biomonitor. D1.1: Framework for measuring the size and development of the bioeconomy.

URL: <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-1.1.pdf>

Monitoring the Bioeconomy

 This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 733267.

Bild: <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-1.1.pdf>

- ▶ Maximilian Kardung, Ortwin Costenoble, Lara Dammer Roel Delahaye, Marko Lovrić, Myrna van Leeuwen, Robert M'Barek, Hans van Meijl Stephan Piotrowski, Tévécia Ronzon, David Verhoog, Hans Verkerk, Maria Vrachioli, Justus Wesseler, Benz Xinqi Zhu: (2019)
- ▶ Biomonitor. D1.1: Framework for measuring the size and development of the bioeconomy.
- ▶ URL: <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-1.1.pdf>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"This deliverable develops a conceptual analysis framework for quantifying and analysing the development of the EU bioeconomy in the BioMonitor project. This includes defining the scope of the bioeconomy to be considered within the BioMonitor project in terms of sectors and products involved, geographical coverage, time period, as well as focus topics. The EC's 2018 Bioeconomy Strategy Update recently confirmed that the bioeconomy is high on the political agenda and includes three main action areas, namely 1. Strengthening and scaling-up the bio-based sectors, unlocking investments and markets; 2. Deploying local bioeconomies rapidly across Europe; 3. Understanding the ecological boundaries of the bioeconomy. These action areas constitute important guidance for how the scope or contents of the monitoring and measuring framework of BioMonitor must look like.

The 'bioeconomy' has several related terms, such as 'bio-based economy', 'green economy' and 'circular economy'. There are clear synergies between especially the bioeconomy and circular economy concepts, such as cascading use of biomass. Factors have been determined to understand what the development of the bioeconomy drives. Knowing these driving forces provides important information for monitoring activities. The sectors covering the bioeconomy have been identified as well as a set of indicators that are going to be quantified and monitored. In our framework measuring developments will in particular focus on the bio-based sectors, because the traditional part of the bioeconomy can already be monitored. The selected indicators commit to the EU Bioeconomy Strategy objectives and are conform with findings from previous studies and stakeholder consultations. Additionally, several new indicators have been

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

suggested. They are related to measuring the impact of changes in supply, demand drivers, resource availability and policies on sustainability goals" (Quelle: Kardung et al. 2019, p. 3).

A.2.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	BioMonitor Projekt
Autor*in (Jahr): Titel Link	Biomonitor n.d., http://biomonitor.eu/biomonitor_leaflet-web_eng/ Kardung et al. (2019): http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-1.1.pdf Zhu et al. (2019): http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-2.1.pdf
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: Der Monitoringsrahmen ist breit angelegt und umfasst fünf Kategorien: food and nutrition security; <i>sustainable natural-resource management</i> ; <i>dependence on non-renewable resources</i> ; <i>mitigating and adapting to climate change</i> ; employment and economic competitiveness. Indikatoren allgemein: Es gibt 25 Indikatoren und 57 Unterindikatoren (Zhu et al. 2019; pp. 15-21). Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Das Monitoringsystem umfasst: 10 Indikatoren zur Biodiversität; 3 Landnutzungsindikatoren; 3 Indikatoren zur Biomasseproduktion; 7 Indikatoren zu nachhaltigen Rohstoffen. Das Monitoringsystem umfasst 4 Indikatoren zur Bewertung des Autarkiegrades von Biomasse (Quantifizierung der potenziell verfügbaren Menge an Biomasse). Es umfasst 2 Indikatoren für die Anpassung an den Klimawandel (<i>diversity of tree species</i> ; <i>climate-resistant crops</i>). Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Einer der Indikatoren für nachhaltige Forstwirtschaft – <i>Ratio of fellings and estimated maximum sustainable level of cuttings in forests (%)</i> bewertet die Einschlagsraten im Vergleich zum nachhaltigen Niveau; für diesen Indikator liegen jedoch keine Daten vor, lt. Zhu et al. (2019, S. 18). Zwei Indikatoren sind unmittelbar relevant für die Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale, aber jeweils fehlende hierfür erforderliche Datenquellen, lt. Zhu et al. (2019, S. 17). Die nachfolgenden Indikatoren sind in monetären Größen angegeben und messen <i>sustainability threshold levels for bioeconomy technologies</i> : <ul style="list-style-type: none">• <i>Maximum Incremental Social Tolerable Irreversible Costs (MISTICS) as a measure for resilience</i>• <i>Reversible and Irreversible Benefits and Costs</i>

Kurztitel:	BioMonitor Projekt
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf an Biomassen</u> durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Ansätze: Um die zu erwartenden Auswirkungen auf die Biomassenachfrage zu beurteilen, wird folgender Indikator genutzt: <i>value added of the bioeconomy sectors per unit of biomass</i>.</p> <p>Indikatoren: Die nachstehend aufgeführten Indikatoren verbinden den Ausbau der Bioökonomie mit den erwarteten Auswirkungen auf die Nachfrage nach Biomasse (Zhu et al. 2019, S. 21):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Turnover of the bioeconomy sub-sectors (at NACE levels), Total and per unit of biomass and subsector</i> • <i>Value-added of the bioeconomy sub-sectors (at NACE levels), Total and per unit of biomass and bioeconomy sub-sector</i> <p>Ein Indikator – <i>cascaded use of biomass</i> – zielt darauf ab, die Effizienz der Materialnutzung über Stoffströme zu erfassen.</p>
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Ansätze: Um den Ausbau der Bioökonomie mit Veränderungen der Biomasseströme zu verknüpfen, verwendet der Monitoringrahmen den Indikator <i>value added of the bioeconomy sectors per unit of biomass</i>.</p> <p>Indikatoren: Die folgenden Indikatoren verbinden den Ausbau der Bioökonomie mit Veränderungen der Biomasseströme (Zhu et al. 2019, S. 21):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Turnover of the bioeconomy sub-sectors (at NACE levels), Total and per unit of biomass and subsector</i> • <i>Value-added of the bioeconomy sub-sectors (at NACE levels), Total and per unit of biomass and bioeconomy sub-sector</i>
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Das Monitoringsystem erfasst die Gesamteffekte der Bioökonomie und umfasst einige Umweltindikatoren. Er enthält auch Indikatoren, die die Gesamtgröße einiger Bioökonomiesektoren abbilden. Allerdings ist er nicht so aufgebaut, dass einzelne Nutzungen (und die Veränderung bzw. das Wachstum der bioökonomischen Nutzungen) mit konkreten Umwelteffekten verknüpft werden.</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Im Monitoringsystem werden die Auswirkungen auf die Umwelt nicht ausdrücklich verglichen. Gleichwohl messen die Indikatoren im Bereich <i>Dependence on non-renewable resources</i> die relativen Anteile von biobasierten gegenüber nicht erneuerbaren Ressourcen (gemessen in Energie- oder Gewichtseinheiten).</p>
<p>Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030</p>	<p>In Kardung (2019) werden die SDGs kurz erwähnt. Das Konzept der planetaren Grenzen wird nicht erwähnt.</p>

Kurztitel:	BioMonitor Projekt
(Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Die Indikatoren sind nach Kategorien eingeteilt. Sie werden als "Indikatoren" und "Unterindikatoren" bezeichnet, aber es gibt keine Hierarchisierung oder Priorisierung der Indikatoren.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine Gewichtung der Indikatoren statt.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Food and nutrition security	Thema 2: Sustainable natural resource management	Thema 3: Dependence on non-renewable resources	Thema 4: Mitigating and adapting to climate change	Thema 5: Employment and economic competitiveness
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0	2	0	2	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	0	0	0	0	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	0	0	0	1	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	0	2	0	2	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	0	0	1	1	1
Planetare Grenzen und SDGs?	0	0	0	0	0
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0	0	0	0
Gewichtung?	0	0	0	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.2.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
BioMonitor		x	x		x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	BioMonitor
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Zur Bewertung des Biomassepotenzials enthält das Indikatorenset von BioMonitor geeignete Indikatoren, darunter insbesondere der Indikator <i>Sustainable resource use</i>.</p> <p>Dieser Indikator beschreibt den Umfang nachhaltiger Land- und Forstwirtschaft. Weitergehend kann auch der Indikator <i>Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies, Biomass self-sufficiency rate</i> oder der Indikator <i>Primary Biomass production</i> verwendet werden. Letzterer gibt zwar keine Informationen darüber ob das Biomasseaufkommen als umweltgerecht bezeichnet werden kann. Allerdings gibt er einen Überblick über das Biomasseaufkommen aus Land-/Forstwirtschaft und der Fischerei.</p> <p>➔ z. B.: Sustainable resource use</p>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	<p>Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann mit den ökonomischen Indikatoren der Kategorie Employment and economic competitiveness erfolgen.</p> <p>Der Indikator <i>Investments</i> erscheint als besonders geeignet, da er die Investitionen pro Sub-Sektor abbildet. Sofern diese Sub-Sektoren die unterschiedlichen Bioökonomiesektoren umfassen, kann der Indikator die Verschiebung der Biomassenutzung innerhalb der Bioökonomie abbilden. Damit geht die Annahme einher, dass eine Investition einen Biomassestrom zur Folge hat. Weitergehend können die Indikatoren <i>Innovation, Value Added of the bioeconomy sectors oder Employment</i> Anwendung zur Bewertung der Verschiebung finden.</p> <p>➔ z. B.: Investments</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	<p>Neue Nutzungen können grundsätzlich durch die Indikatoren mit Bezug zur Beschäftigtenzahl oder Investitionen, wie <i>Investments, Innovation, Employment</i> bewertet werden.</p> <p>Wie auch bei anderen Indikatorensystemen, können damit jedoch noch nicht Aussagen zu deren Umweltwirkungen gemacht werden. Das heißt die Indikatoren müssen in Verbindung mit weiteren Indikatoren, wie beispielsweise den ökologischen Indikatoren gebracht werden. Hierfür sind die Indikatoren <i>Biodiversity, Land cover, Greenhouse gas emissions</i> und <i>Climate footprint</i> von besonderem Interesse.</p> <p>➔ z. B.: Greenhouse Gas Emissions</p>

Titel	BioMonitor
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Die Indikatoren der Kategorie Dependence on non-renewable resources sind geeignet, um die Substitution von fossilen Produkten zu bewerten. Dazu zählen die Indikatoren <i>Bio-energy replacing non-renewable energy, Bio-material replacing non-renewable resources, Biomass self-sufficiency rate, Material use efficiency</i>. → z. B.: Material use efficiency</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>In diesem Kontext kann der Indikator <i>Certified bio-based products</i> direkt verwendet werden, um die Umweltvorteilhaftigkeit des biobasierten Produktes darzustellen. Darüber hinaus können die ökologischen Indikatoren, darunter <i>Greenhouse gas emissions, Climate footprint, Climate change adaptation, Biodiversity und Landcover</i> verwendet werden, sofern diese Informationen auf Ebene der Produkte vorliegen. Im Vergleich zu einem herkömmlichen Produkt, können diese Indikatoren dann die Umweltvorteilhaftigkeit eines bio-basierten Produktes verdeutlichen. → z. B.: Climate footprint</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über Indikatoren der Kategorie Mitigating and adapting to climate change erfolgen. Dazu zählen die Indikatoren <i>Greenhouse gas emissions, Climate footprint und Climate change adaptation</i>. Zu den Zielen der Agenda 2030, können Verbindungen mit vielen Indikatoren des Indikatorensets hergestellt werden. Beispielsweise kann der Indikator <i>Employment</i> in direkter Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen können beispielsweise zu SDG12 "responsible consumption and production" und SDG13 "climate action" hergestellt werden. → z. B.: Employment</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Es liegen mehrere Sub-Indikatoren mit direktem Bezug zu Biodiversitätsaspekten vor. Der Indikator <i>Biodiversity</i> umfasst die Sub-Indikatoren Forest biodiversity, Agrobiodiversity und Aquatic biodiversity. Diese Indikatoren sind geeignet, um Biodiversitätsaspekte der Biomassenutzung zu bewerten. → z. B.: Biodiversity</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus dem Projekt BioMonitor lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Das Indikatorenset deckt die relevanten Bereiche (AP2.2) ab und es besteht bereits eine Datenanalyse, d. h. Informationen über vorhandene Daten und Datenlücken liegen vor.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Lediglich zu Landnutzungsänderungen liegen keine Indikatoren vor (AP2.1).</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>Die Indikatoren sind direkt nutzbar, es muss jedoch sichergestellt sein, dass die Daten für die Indikatoren auf erforderlicher Ebene (Ebene der Bioökonomie bzw. Ebene der Produkte) vorliegen.</p>

A.2.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Die vollständige Auflistung der BioMonitor-Indikatoren inklusive der Sub-Indikatoren findet sich in Kardung et al. (2019, S. 44-47) sowie in Zhu et al. (2019, S. 16-22). Das Papier von Zhu et al. enthält auch Überlegungen zur Datenverfügbarkeit.

25 Hauptindikatoren:

1. Food and nutrition security

- Availability of food
- Access to food
- Utilization
- Stability

2. Sustainable natural resource management

- Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies
- Biodiversity
- Land cover
- Primary Biomass production
- Sustainable resource use

3. Dependence on non-renewable resources

- Bio-energy replacing non-renewable energy
- Bio-material replacing non-renewable resources
- Biomass self-sufficiency rate
- Material use efficiency
- Certified bio-based products

4. Mitigating and adapting to climate change

- Greenhouse gas emissions
- Climate footprint
- Climate change adaptation

5. Employment and economic competitiveness

- Innovation
- Investments
- Value Added of the bioeconomy sectors
- Comparative advantage
- Production and consumption of non-food and feed bio-based products
- Import and export of bioeconomy raw materials and products
- Employment
- Policies

A.3 Böttcher et al. (2020): Nexus Ressourceneffizienz und Landnutzung – Ansätze zur mehrdimensionalen umweltpolitischen Bewertung der Ressourceneffizienz bei der Biomassebereitstellung

A.3.1 Factsheet

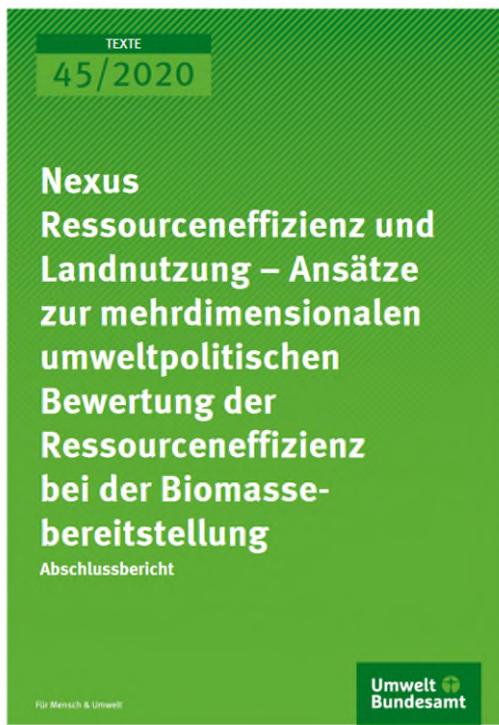


Bild:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-03-04_texte_45-2020_nexus-ressourceneffizienz-landnutzung.pdf

- ▶ Hannes Böttcher, Klaus Hennenberg, Kirsten Wiegmann, Margarethe Scheffler, Franziska Wolff, Martin Gsell, Anja Hansen, Andreas Meyer-Aurich, Philipp Grundmann, Dimitri Vedel (2020)
- ▶ Nexus Ressourceneffizienz und Landnutzung – Ansätze zur mehrdimensionalen umweltpolitischen Bewertung der Ressourceneffizienz bei der Biomassebereitstellung
- ▶ URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-03-04_texte_45-2020_nexus-ressourceneffizienz-landnutzung.pdf

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

„Natürliche Ressourcen und Ökosystemleistungen sind unsere Lebensgrundlagen. Ihre Nutzung kann durch Erhöhung der Ressourceneffizienz optimiert werden. Zahlreiche Indikatoren zur Beschreibung der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen weisen allerdings darauf hin, dass trotz erhöhter Effizienz, Nachhaltigkeitsgrenzen überschritten werden. Dieser Bericht präsentiert einen methodischen Ansatz der mehrdimensionalen Bewertung der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen bei der Biomassebereitstellung.“

Dazu wurden zunächst Ansätze zur Effizienzbewertung der Biomassebereitstellung und Landnutzung sowie bestehende Konzepte zur Bewertung von Ökosystemleistungen erfasst und analysiert. Der Bericht stellt einen im Vorhaben entwickelten methodischen Ansatz zur Bewertung der Ressourceneffizienz der Biomassebereitstellung anhand von Beispielen aus der Land- und Forstwirtschaft vor, die nachhaltige Ressourcenleistung.

Diese ergibt sich aus der in einem gemeinsamen Bezugssystem skalierten Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen und dem normalisierten Nutzen von Ökosystemleistungen. Zur Anwendung und zum Test des Ansatzes wurden für die Umweltdimensionen Luft, Wasser, Boden und Biodiversität verschiedene Indikatoren ausgewählt. Mit Hilfe von Modellen wurden beispielhaft verschiedene Produktionssysteme

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

aus der Land- und Forstwirtschaft simuliert und alternative Szenarien anhand des Ansatzes bewertet. Szenarien des Pflanzenbaus und der Tierhaltung beschreiben einen Intensitätsgradienten von der konventionellen Marktfrucht- und Milchproduktion zu extensiveren Varianten und die Auswirkungen auf Humusbilanz, Stickstoffsaldo und anderen Umweltindikatoren. Beispiele aus der Forstwirtschaft betrachten den möglichen Waldumbau von Nadelbaumbeständen und Naturschutzszenarien in Buchenwäldern und Änderungen in Produktivität, Totholzvorräten, Bestandesstrukturen und weiteren Indikatoren.

Die nachhaltige Ressourcenleistung erlaubt eine Differenzierung und Bewertung der vorgestellten Szenarien. Dabei kommt der Skalierung der Indikatoren eine wichtige Rolle zu. Annahmen zu Grenz- und Schwellenwerten bei der Skalierung müssen transparent und der Bewertungsmaßstab einheitlich sein, sollen Produktionssysteme und Szenarien untereinander und über die Zeit bezüglich ihrer nachhaltigen Ressourcenleistung miteinander verglichen werden.“ (Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-03-04_texte_45-2020_nexus-ressourceneffizienz-landnutzung.pdf)

A.3.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Böttcher et al. 2020
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Dieser Ansatz setzt die Ressourcennutzung und deren monetären Nutzen (Deckungsbeitrag) ins Verhältnis (Nachhaltige Ressourcenleistung). Dafür werden Modellberechnungen für die Produktionssysteme Pflanzenbau, Tierhaltung und Forstwirtschaft durchgeführt. Die berechneten Nutzungsszenarien und Umweltindikatoren werden als Spinnennetz dargestellt (S. 150).</p> <p>Indikatoren: Neben dem Deckungsbeitrag werden Indikatoren aus den Bereichen Wasser, Boden, Biodiversität und Luft genutzt und diese nach Produktionssystemen bewertet. (Ergänzender Indikator: Futter aus Importen)</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Böttcher et al. 2020 betrachten die genutzten (ggf. übernutzten) Ressourcen (Wasser, Boden, Luft plus Biodiversität) und setzen diese ins Verhältnis zum ökonomischen Nutzen. Dieses Verhältnis wird als „Nachhaltige Ressourcenleistung“ gefasst. Die Auswirkungen (und Grenzen) von Intensivierungen oder Extensivierungen der Produktionssysteme können mit den Indikatoren nachvollzogen werden, bspw. mit dem Bodenindikator:</p> <ul style="list-style-type: none">• Flächenbedarf * Deckungsbeitrag (S. 67). <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Umweltgerecht verfügbare Potentiale können unter dem Aspekt „Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen“ mit einzelnen Indikatoren direkt (bspw. N-Bilanz, Holzvorrat) oder indirekt (Treibhausgase) bewertet werden. Die Indikatoren betrachten die Produktionssysteme (s. o.) nach Ressourcennutzung und deren -leistung. Böttcher et al. 2020 untersuchen, wie sich Intensivierung und Extensivierung auswirken.</p>

Kurztitel:	Böttcher et al. 2020
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf an Biomassen</u> durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Mit diesem Ansatz können Auswirkungen von Nutzungsintensivierungen gut abgebildet werden. Prognosen zu zukünftigen Bedarfen könnten ggf. indirekt über Zeitreihen und/oder mit einem ausdifferenzierten Blick auf die einzelnen Produktionsbereiche abgeleitet werden.</p> <p>Indikatoren: Der Deckungsbeitrag nach Produktionssystem und die Indikatoren der Nachhaltigen Ressourcenleistung geben zumindest indirekte Hinweise auf zusätzliche Bedarfe, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl an Feldfrüchten, Fläche Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil.
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Der Ansatz betrachtet nicht direkt die Veränderungen der Ströme innerhalb der Biomasse. Es werden keine Biomassenutzungsveränderungen auf Produktebene analysiert. Auf der Ebene von Produktionssystemen können Verschiebungen indirekt nachvollzogen werden. Zusätzlich können die Auswirkungen von intensivierten Nutzungen erkannt werden, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bodenkohlenstoff (als Humus)
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Es gibt keine Indikatoren, die neue oder zusätzliche Nutzungen direkt ausweisen. Böttcher et al. 2020 setzen den monetären Nutzen ins Verhältnis zur Ressourcennutzung. Mit einigen Indikatoren können die Folgen von Intensivierungen bewertet. Insbesondere wie ökonomisch und wie ökologisch der Ressourceneinsatz war.</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Ein Vergleich zu konventionellen Prozessen und Produkten ist nicht vorgesehen. Indirekt können einzelne Indikatoren dafür angepasst werden, bspw. zu Treibhausgasen.</p>
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>Bezüge zu planetaren Grenzen und zur Agenda 2030 können mit einzelnen Indikatoren (überwiegend) indirekt hergestellt werden, bspw. N-Bilanz und den Indikatoren zur Biodiversität (s. o.). Der Schwerpunkt ist die „Ressourceneffizienz der Biomassebereitstellung“ – diese trägt zur Erreichung einiger der SDG-Ziele bei.</p>
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	<p>Die Indikatoren sind gruppiert nach ökonomischem Nutzen (Deckungsbeitrag), Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen und der ins Verhältnis setzen dieser Aspekte als nachhaltige Ressourcenleistung. Damit kommt dem Nutzen (neben der Ressourcennutzung) eine zentrale Rolle zu.</p>
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	<p>Die Umweltindikatoren zur Ressourcennutzung werden mit dem Nutzen ins Verhältnis gesetzt und berechnet als „Nachhaltige Ressourcenleistung“.</p>

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Nutzen (Deckungsbeitrag)	Thema 2: Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen	Thema 3: Nachhaltige Ressourcenleistung
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0	1-2	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1	1	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	1	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	0	2	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	0	0-1	0-1
Planetare Grenzen und SDGs?	0	1	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	1	1	1
Gewichtung?	1	1	2

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.3.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Böttcher et al. (2020)		x	x		x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Böttcher et al. (2020)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Das Indikatorensystem von Böttcher et al. (2020) beinhaltet hierzu keine passenden Indikatoren. Auf Seiten der Waldbiomasse kann gegebenenfalls auf den Indikator <i>Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser *DB</i> zurückgegriffen werden. Dieser beschreibt die nachhaltige Ressourcenleistung im Sinne des Vorrats in Relation zum monetären Deckungsbeitrag. → z. B.: Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser *DB
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Das Indikatorensystem von Böttcher et al. (2020) fokussiert mehr auf die Umweltwirkungen und weniger auf die Stoffströme, somit sind keine Indikatoren vorhanden, die die Bewertung der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie abbilden.
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Das Indikatorensystem beinhaltet fast ausschließlich Indikatoren zur Bewertung von Umweltwirkungen. Dazu zählen die Indikatoren <i>Nährstoffeintrag, N-Bilanz, Bodenkohlenstoff (als Humus), Flächenbedarf, Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil, Totholzvorrat, Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser und Treibhausgase</i> . Mit diesen Indikatoren können Umweltwirkungen abgebildet werden. Zusätzlich dazu ermöglicht das Indikatorensystem durch die Bereitstellung der Indikatoren der nachhaltigen Ressourcenleistung die Bewertung der Umweltwirkung von neuen oder zusätzlichen Biomassenutzungen. Die folgenden Indikatoren werden ins Verhältnis zum Deckungsbeitrag (DB) gesetzt. Dessen Zunahme im Zuge neuer Nutzungen spiegelt sich direkt im Indikator wider. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Nährstoffeintrag *DB</i> • <i>N-Bilanz *DB</i> • <i>Bodenkohlenstoff (als Humus) *DB</i> • <i>Flächenbedarf *DB</i> • <i>(Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil) *DB</i> • <i>Totholzvorrat * DB</i> • <i>Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser * DB</i> → z. B.: N-Bilanz *DB

Titel	Böttcher et al. (2020)
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Das Indikatorenset beinhaltet keine Indikatoren zur Bewertung von Substitutionsaspekten.</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Aufgrund der Tatsache, dass sich der Deckungsbeitrag auf die Produkteinheit bezieht, ermöglicht das Indikatorenset von Böttcher et al. (2020) es den Vergleich zwischen einem biobasierten und einem herkömmlichen Produkt zu ziehen.</p> <p>Hierbei können alle <i>Indikatoren</i> (<i>Nährstoffeintrag *DB, N-Bilanz *DB, Bodenkohlenstoff (als Humus) *DB, Flächenbedarf *DB, (Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil) *DB, Totholzvorrat * DB, Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser * DB</i>) verwendet werden, da sie alle entsprechende Umweltwirkungen adressieren.</p> <p>→ z. B.: (Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil) *DB</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Bezüge zum Konzept der planetaren Grenzen können beispielsweise über die Indikatoren mit Fokus auf Klimawandel, d. h. die Indikatoren <i>Treibhausgase oder Treibhausgase * DB</i> hergestellt werden.</p> <p>Zu den SDGs sind im Rahmen des Berichts keine Bezüge hergestellt worden. Allerdings können mehrfach Bezüge hergestellt werden. Beispielsweise können Verbindungen zu SDG6 „Clean Water“ (<i>Indikator Nährstoffeintrag Wasser</i>), SDG13 „Climate Action“ (<i>Indikator Treibhausgase</i>) und SDG14 „Life below water“ und SDG15 „Life on land“ (<i>Indikatoren der Kategorie Biodiversität, Wasser, Boden</i>) hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Treibhausgase</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Biodiversitätsaspekte können mit den Indikatoren der Kategorie Biodiversität bewertet werden.</p> <p>Dazu zählen die Indikatoren <i>i) Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil und ii) Totholzvorrat, Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser</i>. Sofern diese Indikatoren ins Verhältnis zu ökonomischen Aspekten gesetzt werden sollen, können auch die <i>Indikatoren i) (Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil) *DB, ii) Totholzvorrat * DB, iii) Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser * DB</i> verwendet werden.</p> <p>→ z. B.: Totholzvorrat *DB</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren, müssen jedoch um weitere Indikatoren ergänzt werden.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken liegen insbesondere in dem methodischen Ansatz der Indikatoren, demzufolge die Umweltwirkungen ins Verhältnis zum Deckungsbeitrag gesetzt werden.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Schwächen liegen auf Seiten der Lücken des Indikatorensets (Substitution, Biomassepotenziale und –ströme).</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>ja</p>

A.3.4 Zusammenstellung der Indikatoren

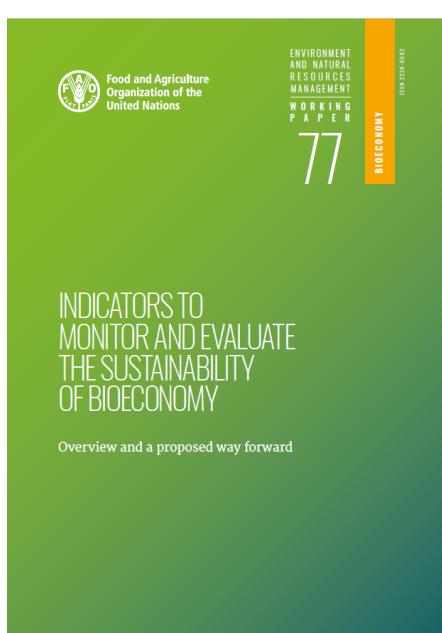
Liste der Indikatoren

Deckungsbeitrag (DB)
Nährstoffeintrag
N-Bilanz
Bodenkohlenstoff (als Humus)
Flächenbedarf
Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil
Totholzvorrat, Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser,
Treibhausgase

Nährstoffeintrag *DB
N-Bilanz *DB
Bodenkohlenstoff (als Humus) *DB
Flächenbedarf *DB
(Anzahl an Feldfrüchten, Fläche, Brache, Blühstreifen, Grünlandanteil) *DB
Totholzvorrat * DB
Vorrat in Bäumen >80cm Durchmesser * DB
Futter Eigenbau

A.4 Bracco et al. (2019): Indicators to monitor and evaluate the sustainability of bioeconomy. Overview and a proposed way forward

A.4.1 Factsheet



- ▶ Stefania Bracco, Almona Tani, Özgül Çalıcıoğlu, Marta Gomez San Juan and Anne Bogdanski
- ▶ INDICATORS TO MONITOR AND EVALUATE THE SUSTAINABILITY OF BIOECONOMY. Overview and a proposed way forward
- ▶ URL: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA6048EN/>

Bild:

<http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA6048EN/>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"FAO has been working for many years on non-food biomass products (including sustainable bioenergy) and biotechnology, and it received a mandate to coordinate international work on 'food first' sustainable bioeconomy by 62 Ministers present at the Global Forum for Food and Agriculture (GFFA) 2015. Moreover, FAO has received support from the Government of Germany to develop guidelines on sustainable bioeconomy development (Phase 1: 2016; Phase 2: 2017-mid 2020). This involves work on the bioeconomy monitoring, including the selection and use of indicators. The ultimate aim of FAO's work on sustainability indicators is to provide technical assistance to countries and stakeholders in developing and monitoring sustainable bioeconomy, more particularly on identifying suitable indicators in line with the Sustainable Bioeconomy Aspirational Principles and related Criteria, agreed upon in 2016 by the International Sustainable Bioeconomy Working Group created in the context of FAO's project on Sustainable Bioeconomy Guidelines. These indicators shall help both policy makers and producers/manufacturers in monitoring and evaluating the sustainability of their bioeconomy strategies and interventions. In order to cover all the relevant aspects and issues for a sustainable bioeconomy, our approach identifies impact categories from the sustainable bioeconomy principles and criteria. The monitoring approach suggested is balanced, since it considers the three sustainability dimensions (social, economic and environmental); at the same time, it proposes to use a limited set of core indicators, to keep the monitoring feasible and cost-effective. The suggested methodology starts with a review of existing monitoring approaches to identify already available indicators, from which the authors compiled two comprehensive lists:

- ▶ indicators at the territorial level, which includes bioeconomy-relevant SDG indicators;
- ▶ indicators at the product/value chain level, including indicators used for standards, certificates, and labels (SCL).

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

One of the objectives of this review is to avoid replication and build on indicators and data that are already available and countries/stakeholders may already report on. Important gaps and weaknesses emerge in the reviewed literature with regard to social, economic and environmental impact categories of the bioeconomy, and associated data availability. First, the indicators identified in the literature review, although quantitatively relevant, are unequally distributed among the various principles and criteria. For instance, environmental sustainability criteria are addressed the most, followed by social and economic sustainability criteria. Secondly, this study introduces links between the territorial and the product/value chain levels. One key issue is how to clearly attribute the measurement of the indicators to the production and use of biomass. This methodological challenge is referred to as the “attribution issue” and it is connected to both the attribution of statistical data to the bioeconomy and the attribution of general effects to the bioeconomy. Another key issue identified by this study is the availability and quality of data for the indicators. In fact, data for many indicators are often not collected on a regular basis and data quality is a key problem for the estimation of some indicators. The study suggests the use of proxy indicators as a complement to detailed measurement. Good practices are introduced as potential complementary indicators. Monitoring the adoption of good practices and the quality of their implementation can be useful to acknowledge and measure progress. This report also discusses trade-offs and synergies between the different sustainability issues. For instance, economic development x could happen at the expense of inclusiveness (including the type of jobs created and the fair treatment of employees and working conditions) and climate change mitigation. Finally, the study identifies solutions and a possible way forward to help countries and practitioners in their monitoring and evaluation efforts: a stepwise approach to monitoring the bioeconomy sustainability, including the selection of relevant indicators, both at territorial and product levels (Figure ES1). The recommended methodology is based on a participatory approach: the choice of relevant hotspots, priorities and indicators must occur through stakeholder and expert engagement. The methodology also allows for some flexibility to reflect circumstances and specific needs of the stakeholders. It also facilitates the inclusion of new indicators in order to improve the monitoring approach over time, and to adapt indicators as the sector and/or policy needs evolve over time” (Quelle: Bracco et al. (2019), p. ix).

A.4.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Bracco et al. (2019)
Autor*in (Jahr): Titel	Bracco et al. 2019: Indicators to monitor and evaluate the sustainability of bioeconomy. Overview and a proposed way forward
Link	https://www.fao.org/publications/card/en/c/CA6048EN/
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: Bracco et al (2019) schlagen umfassende und tiefgehende Indikatoren vor, zum einen auf geografischer (z. B. national oder regional) und zum anderen auf Produktbene inkl. Wertschöpfungskette. Dieser Ansatz verfolgt das Ziel Ländern und Stakeholder der Bioökonomie umfangreiche technische Hilfestellung bei der Auswahl und Zusammenstellung von Indikatoren für das Monitoring der Bioökonomie zu bieten (S. 3), konkret werden genannt: <ul style="list-style-type: none">• Passung zu vorhandenen Rahmen, insb. den SDGs• Monitoring soll einfach, international anschlussfähig und wissenschaftlich robust sein• Nationale und internationale Ebene und Ziele verbinden• Einbindung aller Stakeholder bei der Entwicklung von Monitorings & Evaluierung (vgl. S. 3).

Kurztitel:	Bracco et al. (2019)
	<p>Diese Themenfelder (unterteilt als Prinzipien) sind: food security (1), natural resources (2), economic growth (3), communities (4), efficiency (5), governance (6), research and innovation (7), trade and market practices (8), consumption (9), collaboration (10). Jedes dieser Prinzipien ist in Kriterien mit meist mehreren Impact-Kategorien untergliedert. Jeder Impact Kategorie sind konkrete Indikatoren zugeordnet.</p> <p>Indikatoren allgemein:</p> <p>Dieser Ansatz empfiehlt aus diesem umfassenden Indikatoren-Fundus eine für die eigenen Anforderungen sinnvolle Auswahl zu treffen. Mit der Zuordnung dieser Indikatoren nach Impact-Kategorien ist dies gut möglich. (Die Indikatoren auf geographischer Ebene sind in Tabelle 6, (S. 28-37) gelistet. Die ebenfalls zahlreichen und vielfältigen Indikatoren auf Produktebene sind in Tabelle 9 (S. 48-79) enthalten.)</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials:</p> <p>Dieser Ansatz betrachtet sowohl die Grenzen der Ausweitung der Biomassenutzung (Wasser, Klima, Biodiversität, etc.) als auch die Grundlagen und Potentiale der Biomasse. Dafür sind die folgenden Themenfelder (Prinzipien) besonders hervorzuheben:</p> <p>Nahrungsmittelsicherheit (1 „Sustainable bioeconomy development should support food security and nutrition at all levels“) und das Themenfeld Natürliche Ressourcen (2 „Sustainable bioeconomy should ensure that natural resources are conserved, protected and enhanced“).</p> <p>Da Bracco et al. (2019) auf diverse vorhandene Monitoringkonzepte zurückgreift und diese integriert, ergibt sich ein umfassendes Set an Indikatoren, das in die Tiefe geht. Nachfolgend sind die aus den geografischen Indikatoren zur Forstwirtschaft genannt.</p> <p>Verfügbare Potentiale können bspw. aus der Impact-Kategorie (2.3.d) Qualität der Forstwirtschaft genannt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Change in forest carbon content • SDG 15.2.1 Progress towards sustainable forest management <p>Und die Impact-Kategorie (2.3.e) Quantität der Forstwirtschaft stellt folgende Indikatoren bereit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forest area density (% of total land) • Change in forest area • SDG 15.1.1 Forest area as a proportion of total land area • Growing stock on forests available for wood supply (1000m³) • Ratio of annual increment and fellings in forest (%) • Ratio of fellings and estimated maximum sustainable level of cuttings in forests (%) • Annual harvest of wood resources by volume (m³/ha/year) <p>Unter Nahrungsmittelsicherheit werden, um ein weiteres Feld zu nennen auch Indikatoren zu Flächenanteilen von „bioeconomy feedstock production“ (S. 28), Schadstoffbelastung von Fischen oder Ökologischer Fußabdruck (S. 28) geführt.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale:</p> <p>Eine umweltgerechte Bewertung ist mit den vorgeschlagenen Indikatoren über viele Themenbereiche hinweg und detailliert möglich. Der Anteil sozialer Indikatoren im Vergleich zu anderen Monitoringkonzepten groß.</p> <p>Das Prinzip 3 Nachhaltige Bioökonomie beinhaltet bspw. Impact-Kategorien zu Arbeitsbedingungen, Grundversorgung oder Gleichheit.</p>

Kurztitel:	Bracco et al. (2019)
	<p>Das Prinzip 1 Ernährungssicherung enthält Gesundheitsindikatoren zu Healthy life expectancy und Mortality rates (SDG 3.9.2-3). Prinzip 4 „Sustainable bioeconomy should make communities healthier, more sustainable, and harness social and ecosystem resilience“ berührt Gerechtigkeit in Bezug auf die Erzeugung, bspw. mit dem Indikator:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Involvement of smallholders or small suppliers (% feedstock that originates from associated smallholders and outgrowers)
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf</u> an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Ansätze: Die Indikatoren zur Sicherstellung natürlicher Ressourcen (Prinzip 2) befassen sich neben der Food Security (Prinzip 1) mit den ökologischen Grenzen. Diese werden um Indikatoren für eine wettbewerbsfähige nachhaltige Bioökonomie (Prinzip 3) ergänzt. Für den zusätzlichen Bedarf ist zudem Prinzip 8 Nachhaltiger Handel und Market Practices interessant</p> <p>Indikatoren: Neben den Indikatoren der Prinzipien 1-3 können weitere, aus anderen Bereichen genutzt werden, um zusätzliche Bedarfe zu adressieren, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Change in cropland-based biomass net trade (Impact-Kategorie 8.1.a) • Export and import of biomass related technologies (8.1.d)
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Neben der geographischen Perspektive liegt der zweite Schwerpunkt auf den Wertschöpfungsketten. Es können Veränderungen der Nutzung in den einzelnen Teilbereichen der Bioökonomie abgebildet werden. Ströme können allerdings nur indirekt über Veränderungen in den jeweiligen Untersektoren oder auf Produktebene erschlossen werden. Bracco et al. (2019, S. 40ff) empfehlen u.a. Standard, Certification and Label (SCL) zu monitoren (Prinzipien 8 zu nachhaltigem Handel und Praktiken mit Biobasierten Produkten) Mit den Prinzip 9 Nachhaltiger Konsum kann auf die Auswirkungen von Veränderungen eingegangen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • z. B. Indikatoren zu Fisch- und Holzbeständen (Impact-Kategorie Nachhaltiger Konsum 9.1.a, S. 36) • z. B. durch Biobasiertes Materialien/Produkte ersetzte Nicht-Erneuerbare Materialien/Produkte (S. 36) <p>Zudem gibt es vielfältige Indikatoren auf Produkt- und Wertschöpfungskettenebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • z. B. Change in wood/wood fibre demand for forest products (9.1.a, S. 76) oder: • Change of biomass demand for energy use (9.1.a, S. 77)
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Der Ansatz gliedert sich nach Prinzipien, die sich jeweils neben der ökonomischen und sozialen um die ökologischen Wirkungen der Biomassenutzung beschäftigen. Besonders hervorzuheben ist hierbei der Wirkungskettenansatz. Umweltwirkungen können nach Bereichen der Bioökonomie gegliedert, mittels diverser Indikatoren aufgefächert, bewertet werden.</p>

Kurztitel:	Bracco et al. (2019)
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Auch auf territorialer Ebene können mit diesem Ansatz Umweltwirkungen sehr gut gemonitort werden, bspw. werden Indikatoren zu Landnutzung, Bodenqualität, -quantität und Erosion aufgeführt und ergänzt um Stickstoff-, Phosphat- und weitere aufgeführt.</p>
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>Eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit gegenüber vormals nicht-biobasierter Produkten/Wirkungsketten ist sehr gut abbildungbar. Der Wirkungskettenansatz bietet sich hierfür besonders an. Zudem sind Indikatoren enthalten, die speziell die Effizienz / Nutzung von fossilen Rohstoffen als auch die Wertschöpfung von biogenen Erzeugnissen in Bezug setzen. Insbesondere ein Prinzip setzt sich dies zum Ziel: "Sustainable bioeconomy should rely on improved efficiency in the use of resources and biomass", bspw. mit folgenden Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SDG 8.4.1/12.2.1 Material footprint, material footprint per capita, and material footprint per GDP • Secondary resource efficiency (Raw material consumption of used biotic and abiotic materials (tons/person)) <p>Die Verbindung zu den SDGs ist zentral in diesem Ansatz verankert. Zu planetaren Grenzen können Indikatoren dieses Ansatzes vielseitige Beiträge liefern, bspw. hinsichtlich Biodiversität, Landnutzung, Stickstoffkreislauf, etc.</p> <p>Unter Prinzip 2 sind planetare Grenzen zentral angesprochen: „Sustainable bioeconomy should ensure that natural resources are conserved, protected and enhanced“.</p> <p>In Tabelle 7 (S. 28ff) werden die Indikatoren auf territorialer Ebene zu den jeweils dazugehörigen Unterzielen der SDGs aufgeführt. Es ist zudem erwähnenswert, dass dieser Ansatz – im Gegensatz zu anderen einige Indikatoren zur Gesundheit enthält, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SDG 3.9.1 Mortality rate attributed to household and ambient air pollution • Human toxicity – cancer & non cancer effects (Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)).
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	<p>Es gibt keine Hierarchisierung oder Priorisierung. Die Gliederung nach Prinzipien, Kriterien und Impact-Kriterien bietet eine Orientierungsmöglichkeit für eine Auswahl von Indikatoren.</p>
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	<p>Die Indikatoren werden nicht gewichtet.</p>

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Indicators at territorial level	Thema 2: Indicators at product level
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1-2*	1-2*
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1-2*	1-2*
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	1-2*

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Indicators at territorial level	Thema 2: Indicators at product level
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1-2*	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	2	2
Planetare Grenzen und SDGs?	2	2
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0
Gewichtung?	0	0

*vielfältige und nützliche Indikatoren. Direkter Bezug zur Fragestellung nicht immer gegeben

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.4.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Bracco et al. (2019)	x	x	x	x	x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Bracco et al. (2019)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Bracco et al. (2019) differenzieren in Indikatoren auf territorialer Ebene und auf Produktebene. Innerhalb der Indikatoren auf territorialer Ebene erlauben die Indikatoren der Wirkungskategorie <i>1.2.c Land for biomass production</i> Aussagen zu verfügbaren Biomassepotenzialen zu treffen. Diese Sammlung an Indikatoren umfasst beispielsweise die Flächenbelegung der Biomasse, die Landbedeckung- und Landnutzung. Mit diesen Angaben können Aussagen über Biomassepotenziale gemacht werden. Allerdings ist hiermit noch nicht ermittelt, ob diese Potenziale als umweltgerecht bewertet werden können. Innerhalb der Wirkungskategorie <i>1.2.b Yield/agricultural productivity</i> ist insbesondere der Indikator <i>2.4.1 Proportion of agricultural area under productive and sustainable agriculture</i> [5] besonders geeignet, um den Anteil umweltgerechter Potenziale (sustainable agriculture) abzubilden. Innerhalb der Indikatoren auf Produktebene eignet sich besonders der Indikator <i>Biotic production potential (BPP; Capacity of ecosystems to produce biomass) (kg)</i> [18] innerhalb der Wirkungskategorie <i>1.2.b Yield/agricultural productivity</i> und der Indikator <i>Ha of land for agriculture occupied for biomass production (ha/biomass production unit)</i> [10; 18] der Wirkungskategorie <i>1.2.c Land for biomass production</i>. Darüber hinaus ist mit den Indikatoren der Kategorie <i>2.4.d Forest quality</i> eine Bewertung umweltgerecht verfügbarer Holzpotenziale möglich.</p> <p>→ z. B.: Biotic production potential (BPP; Capacity of ecosystems to produce biomass) (kg) [18]</p>

Titel	Bracco et al. (2019)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?</p>	<p>Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann insbesondere mit den Indikatoren auf Produktalebene, va. der Wirkungskategorie 3.1.a <i>Economic development</i> abgebildet werden. Hierbei können die Indikatoren <i>Contribution of the product/service/organization to economic progress (revenue, gain, paid wages, R+D costs in relation to revenue, etc.) (\$/product unit)</i> [20] und <i>Potential market share of the product</i> [18] besonders gut verwendet werden, um die Verschiebung der Biomassenutzungen zu erkennen und bewerten. Weitergehend können auf Seiten der Nachfrage die Indikatoren der Wirkungskategorie 9.1.a <i>Sustainable consumption</i>, darunter z. B.: der Indikator <i>Change in wood/wood fibre demand for forest products</i>, verwendet werden.</p> <p>→ z. B.: <i>Contribution of the product/service/organization to economic progress (revenue, gain, paid wages, R+D costs in relation to revenue, etc.) (\$/product unit)</i> [20]</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Mit Hilfe der Indikatoren der Wirkungskategorie 7.2.b <i>Research and innovation</i> können auf territorialer Ebene neue Nutzungen im Bereich Bioökonomie bewertet werden. Insbesondere der Indikator <i>As a measure of green technology innovation, patent publication in environmental technology by filing</i> kann geeignet sein, um Neuerungen im Umwelttechnologiebereich identifizieren zu können. Auch mit den Indikatoren der Wirkungskategorie 8.1.b <i>Value added of processed biomass</i> kann eine Verschiebung hin zu neuer Biomassenutzung erkannt werden. Allerdings ermöglicht diese Art der Betrachtung keine Differenzierung innerhalb der Bioökonomie. Die aufgeführten Indikatoren sind jedoch nicht direkt mit Umweltwirkungen in Verbindung zu bringen. Um Bezüge zu Umweltwirkungen herstellen zu können, können die Indikatoren der Bewertung von Umweltvorteilhaftigkeit (siehe weiter unten) verwendet werden.</p> <p>→ z. B.: <i>Research and innovation</i></p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Die Indikatoren der Wirkungskategorie 9.1.b <i>Reducing dependence on non-renewable resources</i> der territorialen Ebene ermöglichen die Bewertung einer Substitution. Beispielsweise kann mit dem Indikator <i>Material replacing non-renewable resources (bio-materials) (m3, tonnes, toe)</i> [13] direkt der Substitutionseffekt dargestellt werden. In ähnlicher Art und Weise kann auf die Indikatoren der Wirkungskategorie 9.1.b, z. B.: <i>% of biological content/product</i> [5] des Indikatorensets der Produktalebene zurückgegriffen werden.</p> <p>→ z. B.: <i>Material replacing non-renewable resources (bio-materials) (m3, tonnes, toe)</i> [13]</p>

Titel	Bracco et al. (2019)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Das Indikatorenset von Bracco et al. (2019) enthält eine Vielzahl von Indikatoren, die eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit ermöglichen. Hierbei kann insbesondere auf die Indikatoren des Indikatorensets der Produktebene zurückgegriffen werden. Besonders geeignet erscheinen die Indikatoren der Kriterien <i>2.1. Biodiversity conservation is ensured bis 2.4 The degradation of land, soil, forests and marine environments is prevented, stopped or reversed.</i></p> <p>→ z. B.: Life cycle GHG emissions (gr eq. CO₂/product unit) [5; 9; 14; 15; 16; 17; 19]</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die Indikatoren mit Klimawandelbezug, d. h. die Indikatoren des Kriteriums <i>2.2 Climate change mitigation and adaptation are pursued</i> hergestellt werden (z. B.: <i>Greenhouse gas (GHG) emissions</i> [16; 17]). Sowohl die Indikatoren des Indikatorensets der territorialen Ebene, als auch die der Produktebene können hierzu verwendet werden.</p> <p>Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, erscheint das Indikatorenset von Bracco et al. (2019) äußerst passend, da das Indikatorenset in die drei Nachhaltigkeitsdimension sozial-ökonomisch-ökologisch gegliedert ist, was wiederum der Gliederung der SDGs entspricht. Somit stehen alle Indikatoren in Bezug zu den SDGs.</p> <p>→ z. B.: Number of workers provided access to health care and basic education [13]</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Auch in Hinblick auf Biodiversitätsaspekte beinhalten beide Indikatorensets von Bracco et al. (2019) zahlreiche Indikatoren. Das Kriterium <i>2.1 Biodiversity conservation is ensured</i> des Indikatorensets auf territorialer Ebene enthält eine Vielzahl an geeigneten Indikatoren, z. B.: <i>Rate of biodiversity loss</i> [3; 7; 10; 15]. Auch die Indikatoren der Wirkungskategorie <i>4.2.c Resilience of ecosystems</i>, darunter <i>Environmental protection: 1. Protected forest areas (1 000 ha); 2. Standing and lying dead wood in forests (m3/ha); 3. Agricultural areas under Natura 2 000 (ha); 4. Area under agri-environmental commitments (ha); 5. Number of threatened species</i> [13] enthält direkt Biodiversitätsaspekte. In ähnlicher Art und Weise enthalten die Indikatoren des Sets der Produktebene unter <i>2.1.a</i> und <i>4.2.c</i> sehr geeignete Indikatoren.</p> <p>→ z. B.: Biodiversity damage potential (BDP; m²*year*PAS (potentially affected species) [18]</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus Bracco et al. (2019) lassen sich sehr gut in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensets von Bracco et al. (2019) liegen in der Zweiteilung des Indikatorensets, das sowohl Indikatoren auf territorialer Ebene als auch Indikatoren auf Produktebene beinhaltet. Somit sind die Indikatoren sowohl produkt- wie auch politikbezogen. Weitergehend überzeugt das Indikatorensets durch seine innere Struktur, die an die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit angelehnt ist. Dies ermöglicht es direkt Bezüge zu den SDGs herzustellen.</p>

Titel	Bracco et al. (2019)
Schwächen	Die Vielzahl an Indikatoren erschwert die Identifikation geeigneter Indikatoren.
Nutzbarkeit	Die Indikatoren sind nutzbar, entsprechende Datenquelle, die auch in Bracco et al. (2019) aufgeführt werden, gilt es zu prüfen.

A.4.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

zu umfangreich

A.5 Eltrop et al. (2018): Ein Konzept für einen Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden-Württemberg

A.5.1 Factsheet

Forschungsbericht BWPLUS

Ein Konzept für einen Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden-Württemberg - BÖE-Index BW -

von

Ludger Eltrop, Natalia Matiz, Marlies Härdlein,
Universität Stuttgart
IER – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
Nils Rettenmaier
ifeu
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Förderkennzeichen: BWBÖ17010

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

November 2018

Bild: https://pudi.lubw.de/detailseite-/publication/95767-B%C3%96E-Index_BW.pdf

- ▶ Ludger Eltrop, Natalia Matiz, Marlies Härdlein, Nils Rettenmaier
- ▶ Ein Konzept für einen Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden Württemberg - BÖE-Index BW -
- ▶ URL: <https://pudi.lubw.de/detailseite-/publication/95767>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

„In der vorgelegten Studie wurde ein Konzept für einen Entwicklungsindex für die Bioökonomie in Baden-Württemberg entwickelt.

Hierzu wurde zunächst der Rahmen abgeleitet und die Bedingungen für eine Erstellung eines solchen Konzeptes für das Land BW analysiert. Aus bestehender Literatur wurden eine tabellarische Darstellung und Übersicht von über 400 Indikatoren, die einen Bezug zur Bioökonomie haben, erstellt. Des Weiteren wurde ein enger Bezug zu den SDG der UN aufgezeigt und inhaltlich begründet.

Vor dem Hintergrund einer vielstimmigen und laufenden Veränderung der Definition von Bioökonomie, die aber für ein Monitoring als essenziell erachtet wird, wurde ein Vorschlag für eine präzise und für ein Monitoring geeignete BÖ-Definition entwickelt. Hierzu wird eine BÖ-Definition im "engen Sinn" gefordert, die auf der Verwendung von Biomasse als Ressource beruht. Dies soll ein Monitoring mit einem konsistenten Indikatorenset erleichtern. Im Rahmen einer "weiten" Definition können auch Verfahren unter Rückgriff auf biologische Substanzen und Organismen berücksichtigt werden, ohne dass auf Biomasse zurückgegriffen wird. Es wurde aufgezeigt, dass für viele (auch biotechnologische) Verfahren auch der Begriff der "Green Economy" genutzt werden kann.

Für den Index, der die vielfältigen Dimensionen der BÖ berücksichtigen soll, wurden 18 Kernindikatoren in 9 Dimensionen identifiziert. Die Dimensionen wurden aus den Zielen der "Nationalen Politikstrategie Bioökonomie" (BMEL 2014) abgeleitet und eine zusätzliche Dimension "Wasser" aufgrund der allgemeinen Bedeutung für die BÖ (Eltrop et al. 2018: Konzept Bioökonomie Entwicklungsindex BW -

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

Forschungsberichtsblatt 2) hinzugefügt. Unter den Kernindikatoren befinden sich produktions- und verbrauchsorientierte Indikatoren, so dass sowohl Auswirkungen der Herstellung von BÖ-Produkten in BW als auch die gesamtgesellschaftliche Verantwortung der Menschen in BW für den Verbrauch von BÖ-Importgütern berücksichtigt sind. Für die Analyse und Bewertung der BÖ-Kernindikatoren wird die Nutzung eines "BÖ-Produktkorbes" - analog der Erstellung des Verbraucherpreisindexes vorgeschlagen. Ein erster Vorschlag für einen solchen BÖ-Produktkorb mit 22 Produkten in 9 Dimensionen wurde entwickelt und vorgestellt.

Weiterhin wurden Empfehlungen für die Beurteilung des Zustandes der Indikatoren erarbeitet. U.a. wurde gezeigt, dass eine Normierung vorgenommen werden sollte, die die Darstellung der Entwicklung aller Indikatoren mit der Einheit [% Veränderung/Jahr] bzw. [% Annäherung an den Zielwert/Jahr] erlaubt. Weiterhin sollte die Beurteilung der Indikatoren mit den Kriterien 1) "kurzfristiger Entwicklungstrend" und 2) "langfristiger Entwicklungstrend bzw. Richtungssicherheit" versehen werden, um eine bessere Einordnung der Entwicklung zum angestrebten Ziel zu ermöglichen.

Es wird vorgeschlagen, die Kernindikatoren bevorzugt disaggregiert in Form eines "Dashboard" (engl. für Armaturen- / Instrumententafel) darzustellen, und parallel eine aggregierte "Indexzahl" zu verwenden. Beide Darstellungen sollten jährlich ermittelt und publiziert werden. Das vorliegende Konzept des BÖ-Entwicklungsindex muss in weiteren Forschungsvorhaben konkretisiert und ausgefüllt werden.

Der Konzeptentwurf wurde mit verschiedenen Stakeholdern aus BW, im Rahmen des Dialogprozesses "Plan B" und bei einer Veranstaltung des UM [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg] vorgestellt und diskutiert. Er ist als "Discussion paper" verfügbar und wurde der Wissenschaftscommunity zur weiteren Diskussion und Verfeinerung zur Verfügung gestellt" (Quelle: <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/95767>).

A.5.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	El trop et al. 2018
Autor*in (Jahr): Titel	El trop et al. 2018: Ein Konzept für einen Bioökonomie-Entwicklungsindex für Baden-Württemberg
Link	https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/95767B Hinweis: Link funktioniert nicht mehr (17.02.2024 geprüft)
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: El trop et al. 2018 liefern einen ganzheitlichen Ansatz und beziehen technische, umweltseitige, ökonomische und gesellschaftliche Perspektiven ein (S. 5). Der Index basiert auf je zwei Indikatoren aus neun Dimensionen und soll die Entwicklung des „Systems der Bioökonomie“ abbilden. Diese Dimensionen wurden von der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie abgeleitet und um Wasserressourcen-Schutz ergänzt. Ein „Bioökonomie-Produktkorb“ (S. 29ff) stellt typische Erzeugnisse der Bioökonomie zusammenstellt, ähnlich einem Warenkorb zur Preisentwicklung. Repräsentative Lebensmittel, Futtermittel, und biobasierte Stoffe und Energieträger werden ausgewählt. Dieser Produktkorb in Indikatoren genutzt. Indikatoren allgemein: Der Index soll Entwicklungen aufzeigen. Für jede der neun Dimensionen wurden zwei Kernindikatoren benannt (insg. 18). Neben

Kurztitel:	Eltrup et al. 2018
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>der Indexzahl können die Indikatoren der Dimensionen aggregiert und als Dashboard dienen. (S. 38)</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials:</p> <p>Mit der Systemperspektive Bioökonomie, wird die Potentialbetrachtung erweitert und geht über eine nur rohstoffbasierte Betrachtung hinaus.</p> <p>Der Innovationsstandort bildet eine eigene Dimension. Es wird vorgeschlagen, den Bioökonomie-Produktkorb zu ergänzen, um biotechnologische Produkte und Verfahren (S. 31).</p> <p>Begrenzende Faktoren, wie Land-, Wasser-, Boden- und anderen Nutzungen werden einbezogen.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale:</p> <p>Dieser Ansatz bezieht eine umweltgerechte Sichtweise auch auf die Potentiale ein.</p> <p>Direkt der erste Kernindikator setzt Nutzung und verfügbare Fläche ins Verhältnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pro-Kopf-Flächenbedarf für den Lebensmittelkonsum in BW im Verhältnis zur global pro Kopf verfügbaren Fläche (ha/cap x a)
	<p>Ansätze:</p> <p>Dimensionen des Entwicklungsindexes geben Hinweise auf steigende Bedarfe und systembedingte (ökologische) Grenzen.</p> <p>Hervorgehoben sind die Dimension 2 zum Rohstoffwandel und 3 zur stofflichen und energetischen Biomassenutzung.</p> <p>Indikatoren:</p> <p>Die je zwei Kernindikatoren der Dimensionen 2 & 3, können Entwicklungen zusätzlicher Bedarfe gut abbilden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verhältnis Biomasse-Rohstoff zur Gesamtnutzung im allg. Produkt-Warenkorb 'Verbraucherpreisindex' (DESTATIS 2018) für BW (%) (2.1: Rohstoffwandel) • Nutzung an Biomasse-Kohlenstoff aus BW für die energetische und stoffliche Nutzung im Verhältnis zur nachhaltig verfügbaren Menge in BW (t/t) (2.2) • Anteil des stofflichen Nutzungspfades in der ersten Nutzungsphase an der ges. Biomassenutzung (%) (3.1 Stoffliche und energetische Biomassenutzung) • C-Umwandlungseffizienz für den Konsum des BÖ-Produktkorbes in BW (%) (3.2)
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Veränderungen und Verschiebungen der Biomassenutzungen sind Bestandteil dieses Ansatzes.</p> <p>Der Kernindikator 3.1 (s. o.) setzt die angestrebte stärkere stoffliche Nutzung ins Verhältnis zur nur energetischen Verwertung.</p> <p>Auf den aggregierten Ebenen der neun Dimensionen (Dashboard) und des Indexes sind konzeptbedingt keine Ströme zu einzelnen Produktgruppen oder Wertschöpfungsketten ablesbar. Der Bioökonomie-Produktkorb und andere Kernindikatoren können allerdings Signale zu Veränderungen geben, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veränderungen in der Wertschöpfung im Produktkorb (7.1, Dimension Beschäftigung und Wertschöpfung)
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen</p>	<p>Das Dashboard und die Kernindikatoren können Entwicklungen veränderter Nutzung und Umweltwirkungen auf einer Überblicksebene nachzeichnen.</p>

Kurztitel:	Eltrup et al. 2018
Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	Als Indikatoren dienen zusätzlich zu denen der Dimensionen 1 bis 3 (s. o.), bspw.: <ul style="list-style-type: none"> Wasser-Fußabdruck des BÖ-Produktkorbes (l/EW x Tag) (9.2: Wasserressourcen-Schutz) Marktanteile von Produkten mit anspruchsvollen Umweltzeichen und Fairtrade-Zeichen (Markttrend) (Anzahl/a) (8.2: Nachhaltiger Konsum)
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Überblicksartig sind mit einzelnen Kernindikatoren allgemeine Entwicklungen zur Umweltvorteilhaftigkeit möglich, bspw. mit dem Wasser-Fußabdruck des BÖ-Produktkorbes (s. o.) Tiefegehende oder detaillierte Analysen auf Produkt-/Produktgruppen- oder Prozessebene bedürfen weiterer Daten.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Dieses Monitoringkonzept nutzt SDGs als Orientierungsgrundlage und ordnet neun Dimensionen den Zielen der Agenda 2030 zu. Aus der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie wurden zudem 8 der 9 Dimensionen dieses Konzepts abgeleitet. Auch zu manchen der planetaren Grenzen liefern einzelne Kernindikatoren Entwicklungen, bspw.: <ul style="list-style-type: none"> Nitratgehalt des Grundwassers (Wasserressourcenschutz 9.1)
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Ja. Der aggregierte Index soll Entwicklungen aufzeigen und integriert hierfür gezielt nur zwei Kernindikatoren pro Dimension. Für das Dashboard werden die je zwei Kernindikatoren je Dimension aggregieren decken damit Entwicklungen des Systems Bioökonomie widerspiegeln.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Ja. Die Kernindikatoren werden in ihrer prozentualen Veränderung berechnet. Auf Dimensionsebene werden für das Dashboard die je zwei Kernindikatoren gleichwertig aggregiert und diese 9 Dimensionen werden gleichrangig für den Entwicklungsindex zusammengeführt.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Bioökonomie- Entwicklungsindex für Baden-Württemberg (BÖE-Index BW)
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	2
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	2
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Bioökonomie- Entwicklungsindex für Baden-Württemberg (BÖE-Index BW)
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1
Planetare Grenzen und SDGs?	2
Hierarchisierung / Priorisierung?	2
Gewichtung?	2

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.5.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbe zogen	Strategieb ezogen bzw. politikbez ogen	Landnutzu ng	Landnutzu ngsänderu ng	Biodiversi tät & Ökosyste me	Aspekte der Wertschö pfungsket te	Ressource nschonun g
Eltrop et al. (2018)	x	x	x		x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Eltrop et al. (2018)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Der Indikator 2.2 <i>Nutzung an Biomassekohlenstoff aus BW für energetische und stoffliche Nutzung im Verhältnis zur nachhaltig verfügbaren Menge in BW</i> ist geeignet, um das Biomassepotenzial und die -nutzung darzustellen, die nachhaltig verfügbar ist.</p> <p>→ z. B.: Nutzung an Biomassekohlenstoff aus BW für energetische und stoffliche Nutzung im Verhältnis zur nachhaltig verfügbaren Menge in BW</p>

Titel	Eltrop et al. (2018)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?</p>	<p>Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann mit dem Indikator <i>6.2 Marktanteil der 10 in BW tätigen BÖ-Unternehmen mit dem größten BÖ-Umsatzwachstum</i> bewertet werden. Dies ist möglich, sofern die einzelnen Marktanteile der Unternehmen vorliegen. Durch die Veränderungen dieser Marktanteile können Verschiebungen erkannt und bewertet werden.</p> <p>→ z. B.: Marktanteil der 10 in BW tätigen BÖ-Unternehmen mit dem größten BÖ-Umsatzwachstum</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Neue bzw. zusätzliche Nutzungen können mit den Indikatoren <i>6.1 Anzahl der Patente pro 1 Mio. EUR Forschungsmittel für die BÖ in BW</i> erkannt werden. Dies beinhaltet jedoch noch nicht die Betrachtung deren Umweltwirkungen. Hierzu kann auf die Indikatoren mit direktem Bezug zu den Wirkungskategorien Klima, Boden, Biodiversität etc. zurückgegriffen werden. Beispielsweise können mit Hilfe der <i>Indikatoren 5.1 THG-Emissionen aus der Landwirtschaft, 4.1 Artenvielfalt der Vögel in BW, 4.2 Humusgehalt im Oberboden in BW oder 9.1 Nitratgehalt des Grundwassers</i> direkte Umweltwirkungen erkannt werden, die dann wiederum mit den zusätzlichen Nutzungen in Verbindung gebracht werden müssen.</p> <p>→ z. B.: Anzahl der Patente pro 1 Mio. EUR Forschungsmittel für die BÖ in BW</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Eine Substitution kann nur indirekt über die Indikatoren mit THG-Bezug wie beispielsweise <i>5.1 THG-Emissionen des BÖ-Produktkorbes für BW</i> bewertet werden. Geringere Emissionen können gegebenenfalls mit einer Substitution in Verbindung gebracht werden.</p> <p>→ z. B.: THG-Emissionen des BÖ-Produktkorbes für BW</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Der Indikator <i>8.2 Marktanteile von Produkten mit anspruchsvollen Umweltzeichen und Fairtradezeichen</i> erlaubt grundsätzlich die Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Produkte gegenüber herkömmlichen Produkten. Weitergehend kann mit entsprechender Ausprägung der <i>Indikatoren 5.1 THG-Emissionen aus der Landwirtschaft, 4.1 Artenvielfalt der Vögel in BW, 4.2 Humusgehalt im Oberboden in BW oder 9.1 Nitratgehalt des Grundwassers</i> ebenso auf die Umweltvorteilhaftigkeit geschlossen werden. Hierbei kann eine produktspezifische Differenzierung jedoch schwer umsetzbar sein.</p> <p>→ z. B.: Marktanteile von Produkten mit anspruchsvollen Umweltzeichen und Fairtradezeichen</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die Indikatoren mit Klimawandelbezug, d. h. die Indikatoren <i>5.1 THG-Emissionen des BÖ-Produktkorbes für BW und 5. THG-Emissionen aus der Landnutzung in BW</i> erfolgen. Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, erscheint das Indikatorenset von Eltrop et al. (2018) äußerst passend, da das Indikatorenset direkt mit den SDGs in Verbindung steht und die Relevanz der Indikatoren für die SDGs aufgeführt wird.</p> <p>→ z. B.: THG-Emissionen des BÖ-Produktkorbes für BW</p>

Titel	Eltrop et al. (2018)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?	Biodiversitätsaspekte werden insbesondere mit dem Indikator 4.1 <i>Artenvielfalt der Vögel in BW und 4.2 Humusgehalt im Oberboden in BW</i> aufgegriffen. → z. B.: Artenvielfalt der Vögel in BW
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	Ja, die Indikatoren aus Eltrop et al. (2018) lassen sich theoretisch in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren. Allerdings ist es erforderlich vorab zu prüfen, ob die Indikatoren auch auf Bundesebene gültig und verfügbar sind.
Stärken	Stärken des Indikatorensets von Eltrop et al. (2018) liegen in der inneren Struktur des Indikatorensets (angelehnt an die SDGs) und der Darstellung verfügbarer Datenquellen.
Schwächen	Das Indikatorenset ist auf BW fokussiert und einige relevante Themenfelder (Landnutzungsänderung) werden nicht oder unzureichend (Substitution) adressiert.
Nutzbarkeit	Die Indikatoren sind grundsätzlich nutzbar, eine bundesweite Anwendungsmöglichkeit muss jedoch vorab geprüft werden und das Indikatorenset muss um zusätzliche Indikatoren erweitert werden.

A.5.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren
<ol style="list-style-type: none"> 1.1 Pro-Kopf Flächenbedarf für den Lebensmittelkonsum in BW im Verhältnis zur global pro Kopf verfügbaren Fläche 1.2 Einhaltung der gesetzlichen (LFGB) vorgeschriebenen Nahrungsmittelqualität in BW 2.1 Verhältnis Biomasse-Rohstoff zur Gesamtnutzung im allg. Produkt-warenkorb „Verbraucherpreisindex für BW 2.2 Nutzung an Biomassekohlenstoff aus BW für energetische und stoffliche Nutzung im Verhältnis zur nachhaltig verfügbaren Menge in BW 3.1 Anteil des stofflichen Nutzungspfades in der ersten Nutzungsphase an der ges. Biomassenutzung 3.2 C-Umwandlungs-effizienz für den Konsum des BÖ-Produktkorbes in BW 4.1 Artenvielfalt der Vögel in BW 4.2 Humusgehalt im Oberboden in BW 5.1 THG-Emissionen des BÖ-Produktkorbes für BW 5.2 THG-Emissionen aus der Landnutzung in BW 6.1 Anzahl der Patente pro 1 Mio. EUR Forschungsmittel für die BÖ in BW 6.2 Marktanteil der 10 in BW tätigen BÖ-Unternehmen mit dem größten BÖ-Umsatzwachstum 7.1 Wertschöpfung im BÖ-Produktkorb für BW 7.2 Anzahl von Arbeitnehmern in den 10 größten BÖ-Unternehmen in 8.1 Anteil an prod. Lebensmitteln, die nicht verzehrt werden 8.2 Marktanteile von Produkten mit anspruchsvollen Umweltzeichen und Fairtradezeichen 9.1 Nitratgehalt des Grundwassers 9.2 Wasserfußabdruck des BÖ-Produktkorbes

A.6 FAO (2011): The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy

A.6.1 Factsheet

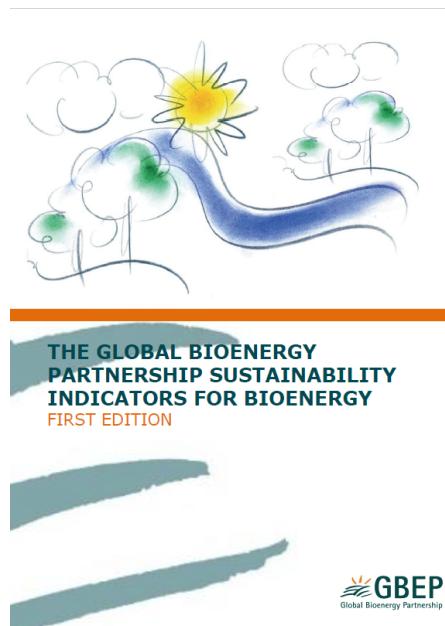


Bild:

<http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/task-force-on-sustainability/gbep-report-onsustainability-indicators-for-bioenergy/en/>

- ▶ FAO (2011)
- ▶ THE GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP SUSTAINABILITY INDICATORS FOR BIOENERGY
- ▶ URL:
<http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/task-force-on-sustainability/gbep-report-onsustainability-indicators-for-bioenergy/en/>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"The Global Bioenergy Partnership (GBEP) has a clearly defined mission: to promote the wider production and use of modern bioenergy, particularly in the developing world where traditional use of biomass is prevalent. Exactly how modern bioenergy is developed, deployed, and used is a decision that individual countries will make according to their domestic needs and circumstances. The Partnership established the Task Force on Sustainability to promote the sustainable production and use of bioenergy. The Task Force has developed a science-based, technically sound, and highly relevant set of measurements and indicators that can inform policy-makers and other stakeholders in countries seeking to develop their bioenergy sector to help meet national goals of sustainable development.

This report presents 24 indicators of sustainability regarding the production and use of modern bioenergy, broadly defined. These indicators were developed to provide policy-makers and other stakeholders a set of analytical tools that can inform the development of national bioenergy policies and programmes and monitor the impact of these policies and programmes. The indicators were developed by the Partners and Observers of GBEP and provide a framework for assessing the relationship between production and use of modern bioenergy and sustainable development. The indicators were intentionally crafted to report on the environmental, social and economic aspects of sustainable development.

The GBEP indicators are unique in that they are a product of the only multilateral initiative that has built consensus on the sustainable production and use of bioenergy among a wide range of national governments and international organizations. The indicators are meant to guide analysis at the domestic level and to inform decision-making that encourages the sustainable production and use of bioenergy as a means towards meeting national goals of sustainable development. Measured over time, the indicators will show progress towards or away from a nationally defined sustainable development path. The indicators are value-neutral, do not feature directions, thresholds or limits and do not constitute a standard, nor are they legally binding. The indicators are intended to inform policy-making and facilitate the sustainable development of

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

bioenergy, and shall not be applied so as to limit trade in bioenergy in a manner inconsistent with multilateral trade obligations" (Quelle: FAO, 2011, p. 1).

A.6.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	FAO (2011)
Autor*in (Jahr): Titel	FAO (2011): GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy
Links	<p>Webpage: http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/task-force-on-sustainability/gbep-report-on-sustainability-indicators-for-bioenergy/en/</p> <p>Report: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/Report_HYPERLINK_updated_CM_25-05-2017.pdf</p>
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenzi ale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzi ale?	<p>Ansätze allgemein: Die Globale Bioenergie-Partnerschaft (GBEP) ist eine Kooperation von Staaten, internationalen Organisationen und der Privatwirtschaft. Das GBEP-Sekretariat ist am Hauptsitz der FAO in Rom angesiedelt. Im Jahr 2011 wurden die GBEP-Nachhaltigkeitsindikatoren für Bioenergie veröffentlicht.</p> <p>Das Monitoringsystem ist auf Bioenergie ausgerichtet. Es ist auf folgende Themen ausgerichtet, die in drei Säulen gegliedert sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Environmental – „Greenhouse gas emissions, Productive capacity of the land and ecosystems, Air quality, Water availability, use efficiency and quality, Biological diversity, Land-use change, including indirect effects. • Social - Price and supply of a national food basket, Access to land, water and other natural resources, Labour conditions, Rural and social development, Access to energy, Human health and safety. • Economic - Resource availability and use efficiencies in bioenergy production, conversion, distribution and end-use, Economic development, Economic viability and competitiveness of bioenergy, Access to technology and technological capabilities, Energy security/Diversification of sources and supply, Energy security/Infrastructure and logistics for distribution and use. <p>Indikatoren allgemein: Es gibt insgesamt 24 GBEP-Nachhaltigkeitsindikatoren für die Bioenergie, von denen acht explizit Umweltaspekte betrachten.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: In der Systematik wird die Biomasseproduktion nicht ausdrücklich mit dem Biomassepotenzial verglichen. Zu den Indikatoren, die für die ökologische Säule relevant sind, gehören folgende (GBEP-Nummerierung): 2) soil quality; 3) harvest levels of wood resources; 5) water use and efficiency; 7) biological diversity in the landscape; 8) land use and land-use change related to bioenergy feedstock production (S. 22).</p>

Kurztitel:	FAO (2011)
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Die Methodik bewertet nicht die Auswirkungen der Bionnergie auf indirekte Landnutzungsänderungen (S.22).</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Es erfolgt keine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale.</p> <p>Ansätze: Die Monitoringmethode ermöglicht keine Vorhersage des Bedarfs an Biomasse für Bioenergie. Auf der Grundlage der gesammelten Ex-Post-Daten wäre es jedoch möglich, die Entwicklung der Nachfrage nach Biomasse für Bioenergie anhand von Indikatoren aus der wirtschaftlichen Säule zu bewerten.</p> <p>Indikatoren: Zu den Indikatoren, die für diese Überlegungen in der wirtschaftlichen Säule relevant sind, gehören die folgenden (GBEP-Nummerierung): 17) <i>Productivity</i>; 18) <i>Net energy balances</i>; 20) <i>Change in the consumption of fossil fuels and traditional use of biomass</i> (S. 24). Indikatorbeschreibung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Productivity</i> - <i>Productivity of bioenergy feedstocks by feedstock or by farm/plantation; Processing efficiencies by technology and feedstock; Amount of bioenergy end product by mass, volume or energy content per hectare per year; Production cost per unit of bioenergy.</i> • <i>Net energy balances</i> - <i>Energy ratio of the bioenergy value chain with comparison with other energy sources, including energy ratios of feedstock production, processing of feedstock into bioenergy, bioenergy use; and/or lifecycle analysis.</i> • <i>Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass</i> - <i>Substitution of fossil fuels with domestic bioenergy measured by energy content and in annual savings of convertible currency from reduced purchases of fossil fuels; Substitution of traditional use of biomass with modern domestic bioenergy measured by energy content.</i>
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Relevante ökologische Indikatoren für diese Fragestellung (GBEP-Nummerierung): 8) <i>land use and land-use change related to bioenergy feedstock production</i> (S. 22). Relevante ökonomische Indikatoren für diese Fragestellung (GBEP-Nummerierung): 20) <i>Change in the consumption of fossil fuels and traditional use of biomass</i> (S. 24). Indikatorbeschreibung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 8) Land use and land-use change related to bioenergy feedstock production <ul style="list-style-type: none"> - <i>Total area of land for bioenergy feedstock production, and as compared to total national surface and agricultural and managed forest land area; Percentages of bioenergy from yield increases, residues, wastes and degraded or contaminated land; Net annual rates of conversion between land-use types caused directly by bioenergy feedstock production, including the following (amongst others):</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>o arable land and permanent crops, permanent meadows and pastures, and managed forests;</i> <i>o natural forests and grasslands (including savannah, excluding natural permanent meadows and pastures), peatlands, and wetlands</i>

Kurztitel:	FAO (2011)
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<ul style="list-style-type: none"> • 20) Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass - Substitution of traditional use of biomass with modern domestic bioenergy measured by energy content. <p>Das Monitoringsystem richtet sich auf die Auswirkungen der Bioenergieproduktion und -nutzung. Der zentrale Zugang zum Monitoring der Umweltfolgen erfolgt über die Indikatoren der Umweltsäule, die diese Themen erfassen: <i>greenhouse gas emissions; productive capacity of the land and ecosystems; air quality; water availability, use efficiency and quality; biological diversity, and land-use change.</i></p> <p>Zur Analyse der Umwelteffekte des Ausbaus der Bioökonomie können Indikatoren aus der ökonomischen Säule in die Betrachtung einbezogen werden, insbesondere solche, die dieses Thema überwachen: <i>resource availability and use efficiencies in bioenergy production, conversion, distribution and end-use.</i></p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/Produkten?	<p>Das Monitoringsystem enthält fast ausschließlich Indikatoren zur Bioenergie. Ergänzt werden diese durch einige wenige Indikatoren, bei denen die Nutzung von Biomasse für Bioenergie mit der verfügbaren Gesamtfläche oder der Gesamtmenge der Biomasseproduktion verglichen wird (z. B. <i>sustained yield in forestry</i>).</p> <p>Drei Indikatoren ermöglichen den Vergleich mit konventionellen Verfahren und Produkten hinsichtlich einiger Umweltaspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 17) Productivity <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Productivity of bioenergy feedstocks by feedstock or by farm/plantation; Processing efficiencies by technology and feedstock; Amount of bioenergy end product by mass, volume or energy content per hectare per year; Production cost per unit of bioenergy</i> • 18) Net energy balance - Energy ratio of the bioenergy value chain with comparison with other energy sources, including energy ratios of feedstock production, processing of feedstock into bioenergy, bioenergy use; and/or lifecycle analysis • Change in the consumption of fossil fuels and traditional use of biomass <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Substitution of fossil fuels with domestic bioenergy measured by energy content and in annual savings of convertible currency from reduced purchases of fossil fuels</i> ○ <i>Substitution of traditional use of biomass with modern domestic bioenergy measured by energy content</i>
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und	Nein.

Kurztitel:	FAO (2011)
wenn ja, auf welche Weise?	
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Nein.
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Nein.

Bewertung Monitoringssystem:	Thema 1: Umweltindikatoren	Thema 2: Soziale Indikatoren	Thema 3: Ökonomische Indikatoren
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	2	0	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2	0	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	0	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1	0	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1	0	1
Planetare Grenzen und SDGs?	0	0	0
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0	0
Gewichtung?	0	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.6.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
FAO (2011)	x	x	x	x	x	x	x

Titel	FAO 2011
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Der Indikator 3. <i>Harvest levels of woody resources</i> kann ggfs. für die Bewertung des Biomassepotenzials verwendet werden, da er die Menge geernteter forstlicher Biomasse umfasst.</p> <p>Darüber hinaus kann der Indikator 7. <i>Land use and land use change related to bioenergy</i> verwendet werden, um über die Fläche das Biomassepotenzial zu ermitteln.</p> <p>➔ z. B.: Harvest levels of woody resources</p>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	<p>Eine Veränderung der Biomasseströme kann einerseits auf Ebene der Fläche erfolgen.</p> <p>Hierbei kann der Indikator 7. <i>Land use and land use change related to bioenergy</i> verwendet werden, sofern diese Daten in differenzierter Form vorliegen. Beispielsweise können veränderte Flächenbelegungen der Agrarfläche auf veränderte Biomasseströme deuten.</p> <p>Weitergehend können ökonomische und soziale Indikatoren verwendet werden, um die Verschiebung innerhalb der Bioökonomie darzustellen. Auch hierfür müssen die Informationen differenziert nach Bioökonomiesektoren vorliegen. Beispielsweise kann mit Indikator 12. <i>Jobs in the bioenergy sector</i>, bei einer entsprechenden Zu- oder Abnahme auf eine Verschiebung der Biomassenutzung gedeutet werden. Dasselbe Prinzip gilt für ökonomische Indikatoren, wie beispielsweise 19. <i>Gross value added</i>. Eine entsprechende Zunahme kann mit veränderten Biomasseströmen einhergehen.</p> <p>➔ z. B.: Jobs in the bioenergy sector</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	<p>Neue Nutzungen können mit dem Indikator 9. <i>Allocation and tenure of land for new bioenergy production</i> bewertet werden.</p> <p>Zusätzlich dazu kann der Indikator 12. <i>Jobs in the bioenergy sector</i> zur Bewertung neuer Nutzungen verwendet werden.</p> <p>Jedoch ist es mit diesen Indikatoren nicht möglich, damit verbundene Umweltwirkungen zu bewerten. Für die Darstellung von Auswirkungen auf die Umwelt können die Indikatoren 1.-8. d.h. <i>Lifecycle GHG emissions – Land use and land-use change related to bioenergy feedstock production</i> verwendet werden.</p> <p>➔ z. B.: Water quality</p>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	<p>Die Wirkung einer Substitution kann mit dem Indikator 20. <i>Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass</i> bewertet werden.</p> <p>➔ z. B.: Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass</p>

Titel	FAO 2011
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Die Umweltvorteilhaftigkeit der bio-basierten Produkte kann grundsätzlich mit den ökologischen Indikatoren, d. h. 1.-8. <i>Lifecycle GHG emissions – Land use and land-use change related to bioenergy feedstock production</i> bewertet werden. Um hierbei biobasierte Produkte herkömmlichen gegenüberstellen zu können, müssen diese Informationen auf Ebene der Produkte vorliegen. Beispielsweise ist es erforderlich, dass Daten zu Lifecycle GHG emissions eines biobasierten Produktes/Prozesses vorliegen, um diese dann mit den Emissionen eines herkömmlichen Produktes vergleichen zu können.</p> <p>→ z. B.: Soil quality</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die ökologischen Indikatoren mit THG-Bezug, d. h. 1. <i>Lifecycle GHG emissions</i> und 4. <i>Emissions of non-GHG air pollutants, including toxics</i> erfolgen. Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können vor allem zwischen den ökologischen und sozialen Indikatoren und den SDGs Verbindungen hergestellt werden. Beispielsweise kann der Indikator 12. <i>Jobs in the bioenergy sector</i> in Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen, beispielsweise zu SDG6 "Clean water", SDG7 "Clean energy", SDG13 "climate action" und SDG15 "Life on land" können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Emissions of non-GHG air pollutants, including toxics</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Biodiversitätsaspekte können mit Indikator 7. <i>Biological diversity in the landscape</i> bewertet werden.</p> <p>→ z. B.: Biological diversity in the landscape</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus FAO 2011 lassen sich teilweise in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren. Allerdings müssen hierbei weitere Indikatoren, die die Bereiche außerhalb der Bioenergie abdecken, hinzugezogen werden. Darüber hinaus muss geprüft werden, ob die erforderlichen Daten vorhanden sind.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensatzes liegen darin, dass für alle drei Säulen der Nachhaltigkeit umfangreich Indikatoren vorhanden sind. Somit können direkt Bezüge zu Nachhaltigkeitsstrategien, wie zur Agenda 2030, hergestellt werden.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Das Indikatorensatz ist für den Bereich Bioenergie entwickelt worden, folglich beinhaltet es nicht weitere Aspekte der Bioökonomie, z. B. bio-basierte Kunststoffe.</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>Ja, partiell.</p>

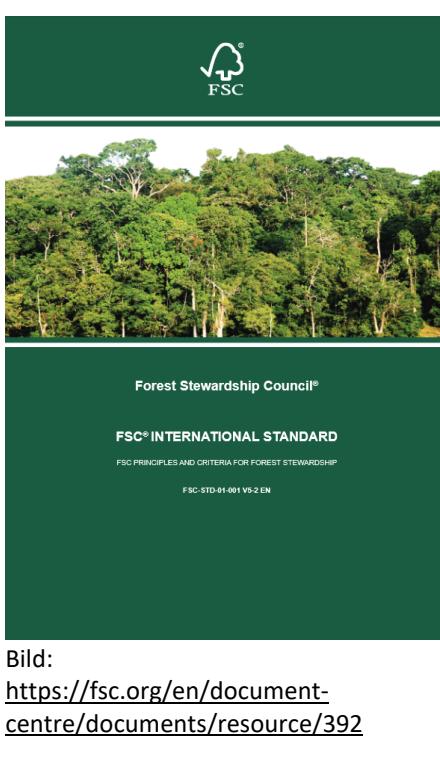
A.6.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

PILLARS		
GBEP's work on sustainability indicators was developed under the following three pillars, noting interlinkages between them:		
Environmental	Social	Economic
THEMES		
GBEP considers the following themes relevant, and these guided the development of indicators under these pillars:		
Greenhouse gas emissions, Productive capacity of the land and ecosystems, Air quality, Water availability, use efficiency and quality, Biological diversity, Land-use change, including indirect effects.	Price and supply of a national food basket, Access to land, water and other natural resources, Labour conditions, Rural and social development, Access to energy, Human health and safety.	Resource availability and use efficiencies in bioenergy production, conversion, distribution and end use, Economic development, Economic viability and competitiveness of bioenergy, Access to technology and technological capabilities, Energy security/Diversification of sources and supply, Energy security/Infrastructure and logistics for distribution and use.
INDICATORS		
1. Lifecycle GHG emissions	9. Allocation and tenure of land for new bioenergy production	17. Productivity
2. Soil quality	10. Price and supply of a national food basket	18. Net energy balance
3. Harvest levels of wood resources	11. Change in income	19. Gross value added
4. Emissions of non-GHG air pollutants, including air toxics	12. Jobs in the bioenergy sector	20. Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass
5. Water use and efficiency	13. Change in unpaid time spent by women and children collecting biomass	21. Training and requalification of the workforce
6. Water quality	14. Bioenergy used to expand access to modern energy services	22. Energy diversity
7. Biological diversity in the landscape	15. Change in mortality and burden of disease attributable to indoor smoke	23. Infrastructure and logistics for distribution of bioenergy
8. Land use and land-use change related to bioenergy feedstock production	16. Incidence of occupational injury, illness and fatalities	24. Capacity and flexibility of use of bioenergy

A.7 FSC (2018): FSC International Standard FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship

A.7.1 Factsheet



- ▶ Forest Stewardship Council
- ▶ FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship Standard (STD) V(5-2)
- ▶ URL: <https://fsc.org/en/document-centre/documents/resource/392>

Bild:

<https://fsc.org/en/document-centre/documents/resource/392>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"This document contains the FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship, and is a key document in the FSC certification system. The Principles and Criteria consist of the Preamble, ten Principles and their associated Criteria, and a Glossary of Terms. All of these (the Preamble, Principles, Criteria and Glossary of Terms) are considered normative.

The Preamble contains essential information for everyone interested in FSC certification, in that it is normative and answers the following questions:

- ▶ What is eligible for FSC certification?
- ▶ Who is responsible for compliance with the Principles and Criteria?
- ▶ Who is responsible for interpreting the Principles and Criteria?
- ▶ How do the Principles and Criteria relate to laws and regulations?
- ▶ What is the basis for certification decisions?
- ▶ How can the Principles and Criteria be applied in the field?

The Preamble contains the following sections:

1. The Forest Stewardship Council (FSC)
2. The Principles and Criteria
3. Scope
4. Scale, Intensity and Risk
5. Responsibility for Compliance
6. Basis for Certification
7. Interpretations and Disputes" (pp. 5-6).

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

The FSC Principles and Criteria

"FSC first published the FSC Principles and Criteria in November 1994 as a performance-based, outcome-orientated, worldwide standard. The Principles and Criteria focus on field performance of forest management rather than on the management systems for delivering that field performance.

The FSC Principles are the essential rules or elements of environmentally appropriate, socially beneficial and economically viable forest management, and the Criteria provide the means of judging whether or not a Principle has been fulfilled. They are the foundation of the FSC certification scheme and, together with the Preamble and Glossary of Terms, constitute the core of a comprehensive standards package. There is no hierarchy between the Principles or between Criteria. They share equal status, validity and authority, and apply jointly and severally at the level of the individual Management Unit.

The FSC Principles and Criteria sit at the centre of the FSC standards framework and need to be applied together with other interlinked FSC documents including the following.

- ▶ Guidance, directives and other documents issued or approved by FSC.
- ▶ FSC Forest Stewardship Standards.
- ▶ Standards for particular vegetation types, products and services.
- ▶ Standards for particular types of management units, such as small and low intensity managed forests or large scale high intensity plantations and conservation zones and protection areas, as approved by FSC.

This standards framework constitutes the comprehensive FSC system for voluntary, independent, third-party certification of the quality of forest management. Through adherence to the robust social, economic and environmental standards within the FSC Principles and Criteria, certified forest management enhances the wellbeing of local people, economic viability of the certificate holder (The Organization) and environmental appropriateness of forest management" (p. 7)

"This standard shall not be used for the evaluation and certification of responsible forest stewardship without the additional use of an approved set of indicators adapted to national, regional or local conditions" (p. 3).

A.7.2 Analyse der Monitoringsysteme

Kurztitel:	FSC (2015); FSC (2018); FSC (2021)
Autor*in (Jahr): Titel	FSC (2015): FSC International Standard FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship FSC-STD-01-001 V5-2 EN FSC (2018): International Generic Indicators FSC-STD-60-004 V2-0 EN FSC (2021): Ecosystem Services Procedure: Impact Demonstration and Market Tools FSC-PRO-30-006 V1-2 EN
Links	https://fsc.org/en/document-centre/documents/resource/392 https://fsc.org/en/document-centre/documents/resource/262 https://fsc.org/en/document-centre/documents/resource/262
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der	Ansätze allgemein: Das Monitoring und die Indikatoren des FSC konzentrieren sich auf die nachhaltige Forstwirtschaft, einschließlich ihrer sozialen, ökologischen und

Kurztitel:	FSC (2015); FSC (2018); FSC (2021)
<p>verfügbarer Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?</p>	<p>wirtschaftlichen Dimensionen. Das FSC betreibt ein Zertifizierungssystem, mit dem sichergestellt wird, dass die Betreiber ihre Wälder auf der Basis eines Systems von Prinzipien, Kriterien und Indikatoren auf nachhaltige Weise bewirtschaften.</p> <p>Drei FSC-Prinzipien (und die dazugehörigen Kriterien und Indikatoren) befassen sich in erster Linie mit Umweltaspekten: <i>Principle 5: Benefits from the Forest; Principle 6: Environmental Values and Impacts; Principle 9: High Conservation Values.</i></p> <p>Indikatoren allgemein: Ein System von <i>international generic indicators</i> wird verwendet, wobei jeder Indikator an Kriterien und diese an ein Prinzip geknüpft sind. Darüber hinaus verlangt das FSC-Zertifizierungsverfahren „the additional use of an approved set of indicators adapted to national, regional or local conditions“ (FSC 2015, S. 3).</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Kriterium 5.2 lautet wie folgt „<i>The Organization shall normally harvest products and services from the Management Unit at or below a level which can be permanently sustained</i>“ (FSC 2018, S. 31). Die Einhaltung dieses Grundsatzes wird mit vier Indikatoren unterstützt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „<i>Timber harvesting levels are based on an analysis of current Best Available Information on growth and yield; inventory of the forest; mortality rates; and maintenance of ecosystem functions.</i> • <i>5.2.2 Based on the timber harvesting level analysis, a maximum allowable annual cut for timber is determined that does not exceed the harvest level that can be permanently sustained including by ensuring that harvest rates do not exceed growth.</i> • <i>5.2.3 Actual annual harvest levels for timber are recorded and the harvest over a defined period does not exceed the allowable cut determined in 5.2.2 for the same defined period.</i> • <i>5.2.4 For extraction of commercially harvested services and non-timber forest products under The Organization's control a sustainable harvest level is calculated and adhered to. Sustainable harvest levels are based on Best Available Information.</i>“ <p>Ein ergänzender Anhang zu Prinzip 5 enthält zusätzliche Anforderungen zum Schutz und zur Förderung von Ökosystemleistungen (siehe FSC 2021).</p> <p>Das Prinzip 6 und die damit verbundenen Kriterien und Indikatoren zielen darauf ab, sicherzustellen, dass die Ökosystemleistungen und die umweltbezogenen Werte in Forstbetrieben erhalten, bewahrt und/oder wiederhergestellt werden und dass negative Umweltauswirkungen innerhalb der betreffenden Wälder vermieden, repariert oder gemildert werden. Eine umfangreiche Sammlung von Kriterien und Indikatoren überwacht die verschiedenen Dimensionen dieses Grundsatzes (FSC 2018, S. 34-40).</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Die FSC-Kriterien und die dazugehörigen Indikatoren zielen darauf ab, sicherzustellen, dass die Gewinnung von Holz und anderen forstwirtschaftlichen Erzeugnissen die Grenzen der nachhaltigen Nutzung nicht überschreitet und dass die ökologischen Werte und Folgen im Einklang mit</p>

Kurztitel:	FSC (2015); FSC (2018); FSC (2021)
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche</u> Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>dem Schutz der biologischen Vielfalt und dem natürlichen Gleichgewicht der Waldökosysteme verwaltet werden.</p> <p>Ansätze: Prinzip 5: <i>Benefits from the Forest</i> besagt, dass „<i>The Organization shall efficiently manage the range of multiple products and services of the Management Unit to maintain or enhance long term economic viability and the range of environmental and social benefits</i>“ (FSC 2015, S. 14) Die mit dem Prinzip 5 verknüpften Kriterien fördern die langfristige Nutzung der vielfältigen Leistungen und Produkte der Wälder und die Erzeugung lokaler wirtschaftlicher Wertschöpfung auf einem dauerhaften Niveau.</p> <p>Indikatoren: Eine Reihe von Indikatoren wird auf die Gesamtheit der forstbasierten Produkte und Dienstleistungen angewandt, um sicherzustellen, dass die jeweilige Verwendung von Biomasse den Anforderungen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung entspricht.</p>
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Das FSC-Zertifizierungsverfahren soll sicherstellen, dass jede zertifizierte Waldbewirtschaftungseinheit die Kriterien der nachhaltigen Waldbewirtschaftung erfüllt. Das Monitoringsystem des FSC überwacht nicht die gesamte Waldbioökonomie auf regionaler, nationaler oder internationaler Ebene.</p>
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Das FSC-Zertifizierungsverfahren gewährleistet, dass sämtliche forstbasierten Produkte und Dienstleistungen in den einzelnen zertifizierten Waldbewirtschaftungseinheiten den Kriterien der nachhaltigen Forstwirtschaft entsprechen.</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Nein.</p>
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>Nein.</p>

Kurztitel:	FSC (2015); FSC (2018); FSC (2021)
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Nein.
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Nein.

Bewertung Monitoringsystem:	
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	2
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	0
Planetare Grenzen und SDGs?	0
Hierarchisierung / Priorisierung?	0
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.7.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
FSC (2018)	x		x	x	x	(x)	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	FSC (2018)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Mit <i>Principle 5 Benefits from the Forest</i> kann auf nachhaltig produzierte Holzbiomasse geschlossen werden, da das Prinzip unter anderem auf die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Holzbiomasse unter Wahrung ökologischer und sozialer Aspekte abzielt. Der Indikator <i>Based on the timber harvesting level* analysis, a maximum allowable annual cut for timber is determined that does not exceed the harvest level that can be permanently sustained including by ensuring that harvest rates do not exceed growth</i> dieses Principles beschreibt die umweltgerecht verfügbare Holzbiomasse. → z. B.: Principle 5 Benefits from the Forest
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Es liegen keine Indikatoren vor.
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Im Rahmen von <i>Principle 6 Environmental Values and Impacts</i> werden Umweltwirkungen adressiert. Diese beziehen sich auch auf zukünftige Nutzungen. So ist der Indikator <i>An environmental impact assessment* identifies potential present and future impacts of management activities on environmental values*, from the stand level to the landscape level</i> besonders geeignet, um die Umweltwirkung neuer Nutzungen der Holzbiomasse abzubilden. → z. B.: Principle 6 Environmental Values and Impacts
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Es liegen keine Indikatoren vor.
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Mit <i>Principle 6 Environmental Values and Impacts</i> kann auf Umweltvorteile von zertifizierten Produkten geschlossen werden, da das Prinzip den Erhalt, Schutz oder die Wiederherstellung von Ökosystemleistungen und der Umwelt adressiert. Der Indikator <i>Management activities are planned and implemented to prevent negative impacts and to protect environmental values*</i> verdeutlicht beispielsweise, dass negative Auswirkungen auf die Umwelt verhindert werden sollen.

Titel	FSC (2018)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>→ z. B.: Principle 6 Environmental Values and Impacts</p> <p>Aufgrund der Tatsache, dass die Principles 5, 6 und 9 auf den Erhalt und Schutz der Umwelt abzielen, kann mit diesen Principles ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere dem Bereich „Unversehrtheit der Biosphäre“, hergestellt werden. Weitergehend ist es möglich mehrere Verbindungen zu den SDGs herzustellen. Beispielsweise kann das <i>Principle 2 Workers Rights and Employment Conditions</i> (z. B.: Indikator <i>Systems are implemented that promote gender equality* and prevent gender discrimination in employment practices, training opportunities, awarding of contracts, processes of engagement* and management activities</i>) direkt mit SDG10 „Reduces Inequalities“ in Verbindung gebracht werden.</p> <p>→ z. B.: Principle 2 Workers Rights and Employment Conditions</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Das <i>Principle 6 Environmental Values and Impacts</i> ist geeignet, um Biodiversitätsaspekte abzubilden. Dieses Principle fokussiert auf den Erhalt, Schutz und die Wiederherstellung von Ökosystemleistungen und ökologischen Aspekten. Unter Berücksichtigung der Indikatoren dieses Principles kann das Principle durchaus geeignet sein, um Biodiversitätsaspekte abzubilden. Zu den geeigneten Indikatoren gehören beispielsweise <i>The rare and threatened species* and their habitats* are protected, including through the provision of conservation zones*, protection areas*, connectivity*, and other direct means for their survival and viability, such as species' recovery programs</i> oder <i>Best Available Information* is used to identify rare and threatened species*, and their habitats*, including CITES species (where applicable) and those listed on national, regional and local lists of rare and threatened species* that are present or likely to be present within and adjacent to the Management Unit*</i>. In ähnlicher Art und Weise kann das <i>Principle 9 High Conservation Values</i> verwendet werden, welches stärker auf den Schutz von Arten, Habitaten und Ökosystemen abzielt (Indikator <i>The strategies and actions prevent damage and avoid risks to High Conservation Values*, even when the scientific information is incomplete or inconclusive, and when the vulnerability and sensitivity of High Conservation Values* are uncertain</i>).</p> <p>→ z. B.: Principle 6 Environmental Values and Impacts</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integriert werden.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Umfassende Kriterien im Bereich Ökosysteme (Principle 5, 6, 9).</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Aufgrund der Tatsache, dass sich das Zertifizierungssystem ausschließlich auf forstliche Biomasse bezieht, können lediglich Aussagen zu Holzprodukten der Bioökonomie getroffen werden. Darüber hinaus ist das gesamte Indikatorenset aus FSC (2018) sehr umfangreich, wodurch sich die Bewertung im Rahmen von AP2.2 größtenteils auf die Principles stützt. Lücken bestehen einerseits auf Seiten der Substitution, andererseits auf Seiten der Verschiebungen innerhalb der Bioökonomie.</p>

Titel	FSC (2018)
Nutzbarkeit	teilweise

A.7.4 Zusammenstellung der Indikatoren aus FSC (2018)

Liste der Indikatoren

Das Indikatorenset in FSC (2018) S. 11-68 ist zu umfangreich, daher wird hier ausschließlich auf die Principles aus FSC (2018) Bezug genommen.

Principle 1: Compliance with Laws

The Organization* shall comply with all applicable laws*, regulations and nationally- ratified* international treaties, conventions and agreements.

Principle 2: Workers Rights and Employment Conditions

The Organization* shall maintain or enhance the social and economic wellbeing of workers*.

Principle 3: Indigenous Peoples' Rights

The Organization* shall identify and uphold* Indigenous Peoples'* legal and customary rights* of ownership, use and management of land, territories and resources affected by management activities

Principle 4: Community Relations

The Organization* shall contribute to maintaining or enhancing the social and economic wellbeing of local communities*.

Principle 5: Benefits from the Forest

The Organization* shall efficiently manage the range of multiple products and services of the Management Unit* to maintain or enhance long-term economic viability* and the range of environmental and social benefits.

Principle 6: Environmental Values and Impacts

The Organization* shall maintain, conserve and/or restore ecosystem services* and environmental values* of the Management Unit*, and shall avoid, repair or mitigate negative environmental impacts.

Principle 7: Management Planning

The Organization* shall have a management plan* consistent with its policies and objectives* and proportionate to scale, intensity and risks* of its management activities. The management plan shall be implemented and kept up to date based on monitoring information in order to promote adaptive management*. The associated planning and procedural documentation shall be sufficient to guide staff, inform affected stakeholders* and interested stakeholders* and to justify management decisions.

Principle 8: Monitoring and Assessment

The Organization* shall demonstrate that, progress towards achieving the management objectives*, the impacts of management activities and the condition of the Management Unit*, are monitored and evaluated proportionate to the scale, intensity and risk* of management activities, in order to implement adaptive management*.

Principle 9: High Conservation Values

The Organization* shall maintain and/or enhance the High Conservation Values* in the Management Unit* through applying the precautionary approach*.

Principle 10: Implementation of Management Activities

Liste der Indikatoren

Management activities conducted by or for The Organization* for the Management Unit* shall be selected and implemented consistent with The Organization's economic, environmental and social policies and objectives* and in compliance with the Principles* and Criteria* collectively.

A.8 Goh (2017): Monitoring the Bio-Economy. Assessing local and global biomass flows, land-use change, carbon impacts and future resources

A.8.1 Factsheet

Monitoring the Bio-Economy
Assessing Local and Global Biomass Flows, Land-Use Change, Carbon Impacts and Future Land Resources

Chun Sheng Goh

Bild:
<https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/350036>

- ▶ Chun Sheng Goh (2017)
- ▶ Monitoring the Bio-Economy. Assessing local and global biomass flows, land-use change, carbon impacts and future resources
- ▶ URL: <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/350036>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"As one of the common goals of developing the 'bio-economy (BE)' is to reduce GHG emissions from fossil feedstocks, it is crucial to monitor the associated carbon stock change from land-use change (CSC-LUC). This thesis addressed the key knowledge gaps related to (i) tracking the biomass flows for the BE, (ii) measuring the impacts of additional demand on CSC-LUC, and (iii) assessing land availability for future biomass production. Firstly, taking the Netherlands as an example, the thesis showed that existing monitoring efforts can be combined to draw a more complete picture of the biomass flows for the BE,

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

despite the need to overcome several methodological challenges e.g. inconsistency in data definitions. This clarified the consumption patterns in different end-markets in conjunction with the trends in cross-border trade. As the flows are complex, linking the additional demand from the expanding BE to global CSC-LUC can be complicated. By analysing 12 existing studies, the thesis found that using quantitative results from a single study for accounting purposes in policymaking can be misleading since the context can be very different. Instead, the relative roles of different drivers (e.g. logging vs oil palm) in local, regional and global perspectives, should be further examined. The thesis then demonstrated how a small change in the methodological setting will affect the quantitative results by developing a method to allocate historical CSC-LUC to agricultural expansions. Three key trends were found for 1995-2010: (i) agricultural land degradation and abandonment was found to be a major (albeit indirect) driver for CSC-LUC, (ii) CSC-LUC was spurred by the growth of cross-border trade, (iii) non-food use (excluding liquid biofuels) has emerged as a significant contributor of CSC-LUC in the 2000's. These results show that improving land management and productivity with efficient use of under-utilised low carbon (ULC) land offers opportunities to close the demand gap while reducing the CSC-LUC impacts. Taking regencies in Kalimantan (Indonesia) as case studies, the thesis explored ULC land resources by analysing information from different monitoring domains such as land cover and land occupancy. It was found that to avoid over- or under-estimation, all information from these domains should be analysed together, supported with relevant literature and evidence from interviews. However, physical estimates cannot provide a complete picture of 'real' land availability without considering a broader range of socio-economic factors (e.g. labour availability). The thesis thus further studied the cases by addressing the factors from the different perspectives of various actors. It was concluded that mobilisation of ULC land, instead of focusing only on one crop or end-market, has to depart from analysing the specific conditions within individual regencies, especially considering the views of multiple land-use actors on different land-use options and business models. Conclusively, measuring the impacts of the expanding BE on both the consumption and production side is important, especially considering the different local context, to understand how the development of the BE can be done in a sustainable way. Questions on 'how' and 'why' are equally important to 'what' and 'when' for tailoring strategies to improve productivity for meeting additional demand from BE without compromising the environmental and socio-economic sustainability." (Quelle: <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/350036>)

A.8.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Goh (2017)
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Goh (2017) fokussiert auf die Auswirkung von Landnutzungsänderungen. Einige durch erhöhte Biomassenutzung ausgelöste Landnutzungsänderungen (Land-use change - LUC) haben eine Veränderung des Kohlenstoffbestandes (Carbon stock change - CSC) zur Folge. Der Ansatz betrachtet noch nicht ausgeschöpftes Landnutzungspotential am Beispiel von Borneo (S. 133ff). Ziele von Goh (2017) sind:</p> <ul style="list-style-type: none">• „Tracking der Stoffströme der Bioökonomie.• Verknüpfung Nachfrageerhöhung und Senkung des Kohlenstoffbestandes (CSC-LUC)• Potentiale und effektive Erschließungsoptionen zusätzlicher Landflächen als ein Beitrag für eine nachhaltige Biomasseerzeugung ohne Kohlenstoffbestandsminderungen.“ (S. 23, übersetzt) <p>Indikatoren allgemein:</p>

Kurztitel:	Goh (2017)
	<p>Goh (2017) benennt Indikatoren zu den Bereichen Landnutzung und Landnutzungsänderungen und deren Umweltwirkungen, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • % Land suitable for oil palm excluding existing plantation per total land area of the regency (S. 146ff). <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Unerschlossene Biomassepotentiale können indirekt mit diesem Ansatz bewertet werden. Der Fokus liegt auf Flächenpotentialen für die Biomassenutzung am Beispiel in Borneo.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Umweltgerechte Biomassepotentiale können mit diesem Ansatz (nur) indirekt betrachtet werden. Es werden einige Indikatoren zur Umweltwirkung von Landnutzung und -änderung benannt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumulative emission 2010 - 2050 expected to be caused by oil palm expansion - Business as usual (BAU), Moratorium on peat (MRT), Restoration of peat (RET) (S. 69)
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Zusätzliche Bedarfe werden nicht direkt adressiert und können durch Veränderung innerhalb der Land- und Forstwirtschaft nachvollzogen werden. Der Fokus liegt auf Grenzen und Auswirkungen von Nutzungsintensivierungen auf die CSC-LUC. Hierfür werden zudem lokale Landnutzungsänderungsdynamiken mit einbezogen (S. 24).</p> <p>Indikatoren: Zusätzliche Bedarf nach Branchen werden nicht adressiert. Stoffströme und vor allem die Folgen zusätzlicher Bedarfe durch Nutzungsintensivierung innerhalb der Bioökonomie werden in Kapitel 2 (S. 27ff) angesprochen. Der Fokus liegt auf Agrarprodukten wie Palmöl und Biodiesel. Die Wirkung von Biomasse-Exporten wird thematisiert.</p>
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Eingeschränkt auf die Land- und Forstwirtschaft werden Verschiebungen der Biomasseströme, ausgelöst durch Landnutzungsänderungen indirekt adressiert. Biomasseströme werden als Ausgangspunkte in Kapitel 2 mit angesprochen.</p>
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Insbesondere Treibhausgasemissionen durch Intensivierung und Ausweitung der Landnutzung werden bewertet, bspw. mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Land-use emission including ILUC (50%) on degraded land associated with 1 MJ of palmbased biofuel • Carbon emissions embodied in exports of palm oil from Indonesia in 2010 (amortised to 10 years)
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den	<p>Einzelne Aspekte der Umweltvorteilhaftigkeit von Produkten der Land- und Forstwirtschaft werden mit diesem Ansatz betrachtet – insb. durch CSC-LUC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ILUC (indirect land-use change) factor associated with 1 MJ of palmbased biofuel (scenario with the highest value) (amortised to 30 years) <p>Weitreichendere Umweltbetrachtungen zu Prozessen und weiterverarbeiteten Produkten werden nicht vorgenommen.</p>

Kurztitel:	Goh (2017)
herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Die Grenzen der Landnutzung, bzw. -übernutzung ist Hauptperspektive dieses Ansatzes. Zusätzlich sind Treibhausgasemissionen zentral. Weitere planetare Grenzen und SDGs sind weniger relevant.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Es findet keine Hierarchisierung statt.
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es wird nicht gewichtet.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Ansatz von Goh 2017
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	0-1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1-2
Planetare Grenzen und SDGs?	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	0
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

Legende zu den Markierungsoptionen

2: Schwerpunkt

A.8.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschönung
Goh et al. (2017)	x			x	x		

Auswertung der Indikatoren

Titel	Goh et al. (2017)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Es liegen keine Indikatoren mit Bezug zu umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen vor.
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Eine Verschiebung innerhalb der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie kann mit den Indikatoren nicht abgebildet werden, da die Indikatoren primär auf die Flächenbelegung und Flächennutzungsänderung abzielen und weniger auf die Entwicklung der einzelnen Bioökonomiesektoren.
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Umweltwirkungen neuer Nutzungen können beispielsweise mit den Indikatoren zu Flächennutzungsänderungen, darunter beispielsweise <i>Net annual LUC and peat soils emissions associated with oil palm expansion (2006-2010)</i> abgebildet werden. Eine Zunahme dieser Emissionen kann auf eine Zunahme palmölbasierter Produkte zurückzuführen sein. → z. B.: <i>Net annual LUC and peat soils emissions associated with oil palm expansion (2006-2010)</i>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Es liegen keine Indikatoren mit Bezug zu Substitutionsaspekten vor.

Titel	Goh et al. (2017)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Die Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit von biobasierten Produkten gegenüber herkömmlichen Produkten kann mit den Indikatoren zu Land use und Land use change erfolgen. Da das Indikatorenset direkt auf die Ebene einzelner Produkte gerichtet ist, können die folgenden Indikatoren verwendet werden um ein biobasiertes Produkt, in diesem Fall Palmöl, mit anderen Produkten (z. B.: Kraftstoffen) zu vergleichen. (Hinweis, CPO steht für Certified Palm Oil).</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Land-use emission allocated to a ton of CPO in 2007</i> • <i>LUC carbon footprints allocated to a ton of CPO in 2010 (amortised to 10 years)</i> • <i>LUC emission associated with 1 MJ of palmbased biofuel (amortised to 20 years)</i> • <i>ILUC factor associated with 1 MJ of palmbased biofuel (scenario with the lowest value) (amortised to 30 years)</i> • <i>ILUC factor associated with 1 MJ of palmbased biofuel (scenario with the highest value) (amortised to 30 years)</i> • <i>Land-use emission including ILUC (50%) on grassland associated with 1 MJ of palm-based biofuel</i> • <i>Land-use emission including ILUC (50%) on degraded land associated with 1 MJ of palmbased biofuel</i> • <i>Land-use emission including ILUC (50%) on forest associated with 1 MJ of palm-based biofuel</i> • <i>Deforestation allocated to additional 1 TJ of CPO consumed</i> <p>➔ z. B.: LUC carbon footprints allocated to a ton of CPO in 2010 (amortised to 10 years)</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Bezüge zum Konzept der planetaren Grenzen können beispielsweise über die Indikatoren mit Fokus auf Emissionen, d. h. die Indikatoren <i>Land-use emission allocated to a ton of CPO in 2007</i> oder <i>Average carbon emissions embodied in exports of palm oil from Indonesia in 2000-2011 (amortised to 10 years)</i> hergestellt werden. Zu den SDGs sind im Rahmen des Berichts keine Bezüge hergestellt worden. Allerdings können mehrfach Verknüpfungen erkannt werden. Beispielsweise können Bezüge zu SDG13 „Climate Action“ (Indikatoren mit Treibhausgasbezug) und SDG15 „Life on land“ (Indikatoren mit Flächenbezug) hergestellt werden.</p> <p>➔ z. B.: Land-use emission allocated to a ton of CPO in 2007</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Es liegen keine Indikatoren mit Bezug zu Biodiversitätsaspekten vor.</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Schwierig, die Indikatoren beziehen sich auf spezielle Produkte und Regionen (außerhalb Deutschlands).</p>
<p>Stärken</p>	<p>Das Indikatorenset gibt einen guten Überblick über Indikatoren im Kontext Land use /Land use change.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Das Indikatorenset ist zu spezifisch und deckt relevante Aspekte im Rahmen der Untersuchung von AP2.2. nicht ab (Substitution, Biodiversität, Potenziale, Verschiebungen etc.).</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>Nur bedingt</p>

A.8.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Land-use emission allocated to a ton of CPO in 2007
LUC carbon footprints allocated to a ton of CPO in 2010 (amortised to 10 years)
Carbon emissions embodied in exports of palm oil from Indonesia in 2010 (amortised to 10 years)
Average carbon emissions embodied in exports of palm oil from Indonesia in 2000-2011 (amortised to 10 years)
Net annual LUC and peat soils emissions associated with oil palm expansion (1990-2000)
Net annual LUC and peat soils emissions associated with oil palm expansion (2001-2005)
Net annual LUC and peat soils emissions associated with oil palm expansion (2006-2010)
Gross carbon dioxide emission from forest loss within industrial concessions in 2000-2010 (low)
Gross carbon dioxide emission from forest loss 2016) within industrial concessions in 2000-2010 (high)
Gross carbon dioxide emissions from deforestation in Sumatra within oil palm sectorial boundary of private enterprises in 2000–2010 with burning for land clearance
Gross carbon dioxide emissions from deforestation in Sumatra within oil palm sectorial boundary of private enterprises in 2000–2010 without burning for land clearance
Gross carbon dioxide emissions from deforestation in Sumatra within oil palm sectorial boundary of smallholdings in 2000–2010 with burning for land clearance
Gross carbon dioxide emissions from deforestation in Sumatra within oil palm sectorial boundary of smallholdings in 2000–2010 without burning for land clearance
LUC emission associated with 1 MJ of palmbased biofuel (amortised to 20 years)
ILUC factor associated with 1 MJ of palmbased biofuel (scenario with the lowest value) (amortised to 30 years)
ILUC factor associated with 1 MJ of palmbased biofuel (scenario with the highest value) (amortised to 30 years)
Cumulative emission 2010 - 2050 expected to be caused by oil palm expansion (BAU)*
Cumulative emission 2010 - 2050 expected to be caused by oil palm expansion (MRT)*
Cumulative emission 2010 - 2050 expected to be caused by oil palm expansion (RET)*

Land-use emission including ILUC (50%) on grassland associated with 1 MJ of palm-based biofuel
Land-use emission including ILUC (50%) on degraded land associated with 1 MJ of palmbased biofuel
Land-use emission including ILUC (50%) on forest associated with 1 MJ of palm-based biofuel
Best-estimate ILUC emissions over 20 years by RED method (emission factor from IMAGE)
Best-estimate ILUC emissions over 20 years by RED method (emission factor from CSAM)
Deforestation allocated to additional 1 TJ of CPO consumed

Dry-field agriculture (excluding plantation)
Dry-field agriculture mixed with grass
Grass / Shrub
Open land
Low carbon land
% Low carbon land per total land area of the regency
Paddy*
Oil palm plantation (large-scale)*
Dry-field forests*
Swamp and mangrove forest*
Non-forested wetlands*
Others*
Land suitable for oil palm excluding existing plantation
Low carbon land that is not suitable
% Land suitable for oil palm excluding existing plantation per total land area of the regency

Liste der Indikatoren

Land occupied by small farmers for paddy
Land occupied by small farmers for non-paddy agriculture
Total land occupied by small farmers for agriculture
% Land occupied by small farmers for agriculture per total land area of the regency
Land occupied by small farmers for oil palm
Land occupied by small farmers for rubber
Land occupied by small farmers for other non-paddy agriculture
Total area of oil palm smallholdings reported by DG Estate Crops (2014a)
Total area of rubber smallholdings reported by DG Estate Crops (2014b)
Extra area of oil palm smallholdings reported by DG Estate Crops (2014a)
Extra area of rubber smallholdings reported by DG Estate Crops (2014b)
Average land area occupied for agriculture per household
Average agricultural income (from own land) per ha of land occupied for agriculture in 2013 (USD/ha) ****
Average agricultural income (as labourer) per ha of land occupied for agriculture in 2013 (USD/ha) ***
Average non-agricultural income per ha of land occupied for agriculture in 2013 (USD/ha) ***
Temporarily unused agricultural land ***
Shifting cultivation
Irrigated paddy field
Non-irrigated paddy field
Permanent crops (non-industrial)
Total agricultural land
% Land-use intensity
Low carbon land inside timber concessions
Low carbon land inside oil palm concessions
Low carbon land outside the 'forest zone' and concessions
% Low carbon land inside the 'forest zone' and concessions per total low carbon land
% Low carbon land inside oil palm concession per total low carbon land
Critical non-forested land
Critical forested land*
% Critical non-forested land per total land area of the regency
% Forest in critical status per total forested land

Total area (MoF 2015)
Forested land (MoF 2015)
Non-forested land (MoF 2015)
Low carbon land in 2011 (MoF 2015)
Low carbon land in 2010 (Gunarso et al. 2013)
Land suitable for oil palm excluding existing plantation (WRI 2012)
Land suitable for oil palm including existing plantation (WRI 2012)
Land excluding EU-RED zone ** (Hadian et al. 2014)
Dry-field suitable for crops and livestock (BBSLDP* 2014)
Total land occupied by small farmers for agriculture (BPS 2013b)
Total area of oil palm and rubber smallholdings in 2013 (DG Estate Crops 2014a, b)
Temporarily unused agricultural land (BPS 2013a)
Low carbon land within the 'forest zone', oil palm and timber concessions (WRI 2012, MoF 2015)
Low carbon land within oil palm concessions
Dry-field suitable for crops and livestock within the 'forest zone' (BBSLDP* 2014)
Critical non-forested land (MoF 2015)
Critical forested land (MoF 2015)

*BBSLDP: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

A.9 ISO (2015): ISO 13065:2015 Sustainability criteria for bioenergy

A.9.1 Factsheet



Bild:
<https://www.iso.org/standard/52528.html>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

“ISO 13065:2015 specifies principles, criteria and indicators for the bioenergy supply chain to facilitate assessment of environmental, social and economic aspects of sustainability.

ISO 13065:2015 is applicable to the whole supply chain, parts of a supply chain or a single process in the supply chain. ISO 13065:2015 applies to all forms of bioenergy, irrespective of raw material, geographical location, technology or end use.

ISO 13065:2015 does not establish thresholds or limits and does not describe specific bioenergy processes and production methods. Compliance with ISO 13065:2015 does not determine the sustainability of processes or products.

ISO 13065:2015 is intended to facilitate comparability of various bioenergy processes or products. It can also be used to facilitate comparability of bioenergy and other energy options” (Quelle: ISO 2015).

A.9.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	ISO (2015)
Autor*in (Jahr): Titel	ISO (2015): ISO 13065:2015 Sustainability criteria for bioenergy
Link	https://www.iso.org/standard/52528.html
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: ISO (2015) fokussiert auf die Wertschöpfungsketten der Bioenergie und soll den Vergleich verschiedener Bioenergieprozesse und -produkte hinsichtlich der Nachhaltigkeitskriterien (ökologisch, sozial und wirtschaftlich) ermöglichen.</p> <p>Indikatoren allgemein: In der Norm wird die Angabe von Informationen zu einer Reihe von Indikatoren gefordert, es werden jedoch keine Schwellenwerte festgelegt, anhand derer entschieden werden kann, was als nachhaltig oder nicht nachhaltig gilt.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Das Monitoringsystem und seine Indikatoren beziehen sich nicht auf das verfügbare Biomassepotenzial.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Das Monitoringsystem und die Indikatoren berücksichtigen nicht das umweltgerechte Biomassepotenzial.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	Das Monitoringsystem geht auf diese Frage nicht ein.
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	Das Monitoringsystem geht auf diese Frage nicht ein.
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Das Monitoringsystem ist so konzipiert, dass es vergleichende Informationen über eine Reihe von Prozessen und Produkten in der Bioenergie-Lieferkette liefert. Allerdings enthält es nur zwei Themenbereiche, die ausdrücklich Analysen zur Umweltwirkungen pro Wirtschaftseinheit fordern: 5.2.1.1 Lifecycle GHG emissions/removals und 5.2.6.1 Energy resources. Theoretisch könnten alle nachfolgenden Kriterien mit Produktionsdaten verknüpft werden, was eine vergleichende Analyse der Umweltauswirkungen verschiedener Bioenergie-Lieferketten ermöglichen würde:</p> <p>5.2.1.1 Lifecycle GHG emissions and GHG removals Criterion: The economic operator provides information regarding life cycle GHG emissions and GHG removals.</p>

Kurztitel:	ISO (2015)
	<p>5.2.2.1 Water quantity and quality <i>Criterion: The economic operator provides information on how water quantity and quality resulting from water withdrawals and releases are addressed.</i></p> <p>5.2.3.1 Soil quality and productivity <i>Criterion: The economic operator provides information on how soil quality and productivity are addressed.</i></p> <p>5.2.4.1 Air quality <i>Criterion: The economic operator provides information on how air emissions are addressed.</i></p> <p>5.2.5.1 Biodiversity within the area of operation <i>Criterion: The economic operator provides information on how biodiversity values are addressed within the area of operation for the process being assessed and the environment directly influenced by the economic operator.</i></p> <p>5.2.5.2 Biodiversity-protected areas <i>Criterion: The economic operator provides information on how biomass removal is addressed from areas designated as biodiversity-protected areas under applicable national laws and regulations within International Union for Conservation of Nature (IUCN) categories I – III.</i></p> <p>5.2.6.1 Energy resources <i>Criterion: The economic operator provides information on how energy use and efficiency are addressed.</i></p> <p>5.2.7.1 Waste management <i>Criterion: The economic operator provides information on how wastes are addressed.</i></p> <p>5.3.3 Land use rights and land use change <p>5.3.3.1 Land use rights and land use change <i>Criterion: The economic operator provides information on how land use rights are addressed.</i></p> <p>5.3.4.1 Water availability in water-scarce countries <i>Criterion: The economic operator in water-scarce countries provides information on how water availability for human consumption and food production are addressed.</i></p> </p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Das Monitoringsystem befasst sich ausschließlich mit Bioenergie; es werden keine Vergleiche zur Substitution von nicht-biobasierter Energie durchgeführt. Wenn allerdings die vom Monitoringsystem generierten Informationen mit einer Metrik des Energieverbrauchs (z. B. available end-use energy) in Verbindung gebracht werden und entsprechende Informationen über nicht-biobasierte Energiesysteme verfügbar sind, können Vergleiche zur Substitution durchgeführt werden. Nur zwei Themen innerhalb dieser Systematik – 5.2.1.1 Lifecycle GHG emissions/removals und 5.2.6.1 Energy resources – monitoren die Umweltwirkungen pro Produktionseinheit.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals)	Nein.

Kurztitel:	ISO (2015)
hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Nein.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Nein.

Bewertung Monitoringsystem:	
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	0
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	0
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1
Planetare Grenzen und SDGs?	0
Hierarchisierung / Priorisierung?	0
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.9.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
ISO 13605 (2015)	x		x	x	x		

Auswertung der Indikatoren

Titel	ISO 13605 (2015)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Es liegen keine Indikatoren vor.
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomassenströme innerhalb der Bioökonomie?	Es liegen keine Indikatoren vor.
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	<p>Um Umweltwirkungen abzubilden, kann auf folgende Principles zurückgegriffen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5.2.1 GHG - Principle: Reduce anthropogenic GHG emissions. • 5.2.2 Water - Principle: Conserve and protect water resources. • 5.2.3 Soil - Principle: Protect soil quality and productivity. • 5.2.4 Air - Principle: Promote good air quality. • 5.2.5 Biodiversity - Principle: Promote positive and reduce negative impacts on biodiversity. • 5.2.6 Energy efficiency - Principle: Promote efficient use of energy resources. • 5.2.7 Waste - Principle: Promote responsible management of waste. <p>Diese Principles und dazugehörige Indikatoren (z. B.: 5.2.3.1.2 List impacts on soil quality and productivity that were identified by applying the procedures under 5.2.3.1.1) stehen jedoch noch nicht in direkter Verbindung zu neuen Nutzungen.</p> <p>➔ z. B.: 5.2.3 Soil</p>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	<p>Im Kontext 5.2.1 GHG - Principle: Reduce anthropogenic GHG emissions kann durch geringe Treibhausgase gegebenenfalls auf die Substitution fossiler Energieträger geschlossen werden. Somit kann damit eventuell eine Substitution bewertet werden. Indikator 5.2.1.1 Indicator: Provide, in accordance with Clause 6:</p> <p>a) Sufficient data to allow the calculation of GHG emissions and GHG removals of a life cycle stage; or</p>

Titel	ISO 13605 (2015)
	<p><i>b) Partial carbon footprint of the bioenergy product calculated as the sum of GHG emissions and removals of one or more processes expressed in g CO₂ equivalents per delivered unit; or</i></p> <p><i>c) Life cycle carbon footprint calculated as the sum of GHG emissions and GHG removals expressed in g CO₂ equivalents per MJ energy delivered and functional unit</i></p> <p>ermöglicht es gegebenenfalls im Rahmen eines life cycle carbon footprints Substitutionsaspekte zu betrachten.</p> <p>z. B.: 5.2.1 GHG</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Sofern Informationen zu den einzelnen Umweltvorteilen auf Ebene der Produkte vorliegen, können die Indikatoren folgender Principles verwendet werden, um die Umweltvorteilhaftigkeit zweier Produkte miteinander zu vergleichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5.2.1 GHG - Principle: Reduce anthropogenic GHG emissions. • 5.2.2 Water - Principle: Conserve and protect water resources. • 5.2.3 Soil - Principle: Protect soil quality and productivity. • 5.2.4 Air - Principle: Promote good air quality. • 5.2.5 Biodiversity - Principle: Promote positive and reduce negative impacts on biodiversity. • 5.2.6 Energy efficiency - Principle: Promote efficient use of energy resources. • 5.2.7 Waste - Principle: Promote responsible management of waste. <p>Insbesondere der Indikator 5.2.1.1.2 <i>When a comparison is done, the life cycle GHG emissions and GHG removals of the energy that the bioenergy replaces expressed in g CO₂ equivalents per functional unit shall be calculated and documented in accordance with Clause 6</i> erscheint geeignet um die Umweltvorteilhaftigkeit von Produkten im Kontext THG Emissionen miteinander zu vergleichen.</p> <p>→ z. B.: 5.2.4 Air</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Bezüge zum Konzept der planetaren Grenzen können beispielsweise über 5.2.5 Biodiversity - Principle: Promote positive and reduce negative impacts on biodiversity (Unversehrtheit der Biosphäre) oder 5.2.1 GHG - Principle: Reduce anthropogenic GHG emissions (Klimawandel) hergestellt werden.</p> <p>Bezüglich den SDGs können mehrere Verbindungen hergestellt werden, beispielsweise kann 5.2.2 Water - Principle: Conserve and protect water resources in direkte Verbindung zu SDG6 „Clean Water and Sanitation“ gebracht werden. Weitere Bezüge zu SDG8,10,12,13, 14 und 15 können abgeleitet werden.</p> <p>→ z. B.: 5.2.5 Biodiversity</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Eine Bewertung von Biodiversitätsaspekten kann mit 5.2.5 Biodiversity - Principle: Promote positive and reduce negative impacts on biodiversity erfolgen. Hierbei erscheint beispielsweise der Indikator 5.2.5.1.2 <i>List the potential impacts on biodiversity that were identified by applying the procedures under 5.2.5.1.1</i> besonders geeignet, um Biodiversitätsaspekte zu identifizieren.</p> <p>z. B.: 5.2.5 Biodiversity</p>

Titel	ISO 13605 (2015)
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	Eher nicht
Stärken	Sehr umfangreiche Principles and Criteria inklusive Indikatoren
Schwächen	Die Principles, Criteria und Indikatoren sind sehr umfangreich, wodurch im Rahmen der Bewertung von AP2.2 eher auf die Principles und Criteria fokussiert wurde. Weitergehend entsprechen die Indikatoren eher Maßnahmen, statt Indikatoren. Der Fokus liegt primär auf Bioenergie, wodurch andere Aspekte der Bioökonomie nicht bewertet werden können.
Nutzbarkeit	nein

A.9.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren (Principles folgen nach der Auflistung der Indikatoren)

5.2.1.1.1 Indicator: Provide, in accordance with Clause 6:

- a) Sufficient data to allow the calculation of GHG emissions and GHG removals of a life cycle stage; or
- b) Partial carbon footprint of the bioenergy product calculated as the sum of GHG emissions and removals of one or more processes expressed in g CO₂ equivalents per delivered unit; or
- c) Life cycle carbon footprint calculated as the sum of GHG emissions and GHG removals expressed in g CO₂ equivalents per MJ energy delivered and functional unit.

5.2.1.1.2 Indicator: When a comparison is done, the life cycle GHG emissions and GHG removals of the energy that the bioenergy replaces expressed in g CO₂ equivalents per functional unit shall be calculated and documented in accordance with Clause 6.

5.2.2.1.1 Indicator: Describe procedures applied to identify potential impacts on water quantity including consideration of water depletion and other key chemical, physical and/or biological parameters. Describe procedures applied to identify potential impacts on water quality, including consideration of eutrophication and oxygen depletion and other key chemical, physical and/or biological parameters. The impacts to water quantity and quality shall be addressed with respect to water sources and receiving bodies.

5.2.2.1.2 Indicator: List the impacts from water withdrawals on water sources identified by applying the procedures under 5.2.2.1.1.

5.2.2.1.3 Indicator: List the impacts from water releases on the receiving body as identified by applying the procedures under 5.2.2.1.1.

5.2.2.1.4 Indicator: Describe measures taken to address the impacts identified in 5.2.2.1.2 and 5.2.2.1.3.

5.2.2.1.5 Indicator: Report the absolute or net value of key parameters or metrics used to measure the effect of addressing the impacts identified in 5.2.2.1.2 and 5.2.2.1.3.

5.2.3.1.1 Indicator: Describe procedures applied to identify potential impacts on soil quality and productivity, including consideration of organic carbon, nutrients, water holding capacity, and other key chemical, physical and/or biological parameters, as well as salinization.

5.2.3.1.2 Indicator: List impacts on soil quality and productivity that were identified by applying the procedures under 5.2.3.1.1.

Liste der Indikatoren (Principles folgen nach der Auflistung der Indikatoren)

5.2.3.1.3 Indicator: Describe measures taken to address soil quality (chemical, physical and biological) and productivity impacts as identified in 5.2.3.1.2.

5.2.3.1.4 Indicator: Describe procedures applied to identify the potential drivers of soil erosion including potential erosion resulting from rainfall, runoff and/or wind.

5.2.3.1.5 Indicator: List drivers of soil erosion as identified in 5.2.3.1.4 and describe measures taken to address them.

5.2.3.1.6 Indicator: Report the values and trends of key chemical, physical and biological parameters or metrics used to measure the effect of addressing the impacts identified in indicator 5.2.3.1.2 and the drivers identified in indicator 5.2.3.1.5.

5.2.4.1.1 Indicator: Describe procedures applied to identify potential air emission sources and contaminants having impacts including consideration of sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), particulate matter (PM), volatile organic compounds (VOC), carbon monoxide (CO), ammonia (NH₃) and heavy metals.

5.2.4.1.2 Indicator: List potential air emission sources, emission rates and impacts that were identified by applying the procedures under 5.2.4.1.1.

5.2.4.1.3 Indicator: Describe the measures taken to address identified air emissions and impacts listed under 5.2.4.1.2.

5.2.4.1.4 Indicator: Report the value and trends of key parameters or metrics used to measure the effect of addressing the impacts identified in indicator 5.2.4.1.2.

5.2.5.1.1 Indicator: Describe procedures applied to identify potential impacts on biodiversity, including ecosystems, habitats and identified rare, threatened and vulnerable species of local, regional or global importance, including information about restrictions on the activities due to biodiversity protection purposes.

5.2.5.1.2 Indicator: List the potential impacts on biodiversity that were identified by applying the procedures under 5.2.5.1.1.

5.2.5.1.3 Indicator: Describe measures taken to address biodiversity impacts identified in 5.2.5.1.2, including those measures addressing biodiversity protection restrictions.

5.2.5.1.4 Indicator: Report the value of key parameters or metrics used to measure the effect of addressing the impacts identified in indicator 5.2.5.1.2.

5.2.5.2.1 Indicator: Provide a map of the location of the designated biodiversity-protected area where biomass removal is allowed, showing the location and area of the designated protected area (ha) (including contiguous and non-contiguous parts of the designated protected area).

5.2.5.2.2 Indicator: Provide a map showing:

a) the location of the designated biodiversity-protected area where biomass removal is allowed; and
b) the area where the economic operator removes biomass.

5.2.5.2.3 Indicator: Describe how biomass removed by the economic operator impacts (adversely or beneficially) the biodiversity goals prescribed by management authorities for the protected area and directly influenced environment.

Liste der Indikatoren (Principles folgen nach der Auflistung der Indikatoren)

5.2.5.2.4 Indicator: Document permits obtained from the management authorities for operations in the protected areas.

5.2.6.1.1 Indicator: Provide, in accordance with Clause 6:

- a) sufficient data to allow calculation of units of energy required to operate and maintain the process per units of bioenergy delivered by the process of a life cycle stage; or
- b) units of energy required to operate and maintain the process(es) per units of bioenergy delivered for one or more process(es) (analogous to partial carbon footprint); or
- c) units of energy required to operate and maintain the process per units of bioenergy delivered across the life cycle, expressed in MJ energy input per MJ energy delivered, and MJ energy input per functional unit.

5.2.6.1.2 Indicator: Describe measures taken to address energy efficiency in the processes considered in indicator 5.2.6.1.1.

5.2.7.1.1 Indicator: Describe procedures applied to identify potential impacts of generated wastes on human health and the environment.

5.2.7.1.2 Indicator: List potential impacts of wastes generated that were identified by applying the procedures under 5.2.7.1.1.

5.2.7.1.3 Indicator: Describe the measures taken to address potential impacts identified in 5.2.7.1.2, including handling, separation, storing, reusing, recycling, recovering and disposal.

5.2.7.1.4 Indicator: Report the value of key parameters or metrics used to quantify the effect of measures taken to address the impacts identified in 5.2.7.1.2.

5.2.7.1.5 Indicator: List the wastes that are the subject of measures described under 5.2.7.1.3 and report the annual quantities of the listed wastes generated in units of mass or volume per unit of production.

5.2.7.1.6 Indicator: Report separately for each waste identified in 5.2.7.1.5 the percentage that is reused, recycled, recovered or disposed.

5.3.1.1.1 Indicator: The economic operator's senior management has approved, then both internally and externally communicated to personnel, business partners and other relevant parties, human rights expectations of those directly linked to its operations, products or services.

5.3.1.1.2 Indicator: The economic operator has reflected the stated human rights expectations as approved and communicated under 5.3.1.1.1 in operational requirements or practices throughout its organization.

5.3.2.1.1 Indicator: Describe policies, procedures and practices addressing forced or compulsory labour

5.3.2.1.2 Indicator: Percentage of employees who have the ability to terminate their own employment without intended hindrance by the employer.

5.3.2.1.3 Indicator: Percentage of employees who do not receive the overtime compensation that they have earned and are entitled to receive.

5.3.2.2.1 Indicator: Describe policies, procedures and practices addressing child labour.

5.3.2.2.2 Indicator: Number of workers defined as children in accordance with applicable law or Annex G.

5.3.2.2.3 Indicator: Number of children (as defined in 5.3.2.2.2) that perform regular work.

Liste der Indikatoren (Principles folgen nach der Auflistung der Indikatoren)

5.3.2.2.4 Indicator: Number of children (as defined in 5.3.2.2.2) that perform light work.

5.3.2.3.1 Indicator: Describe how legally granted collective bargaining rights are addressed, including non-interference with such rights.

5.3.2.4.1 Indicator: Number and percentage of employees covered by a legally enforceable contract or equivalent document covering their wages and working conditions.

5.3.2.4.2 Indicator: Describe policies, procedures and practices regarding how employees are trained for the assigned work.

5.3.2.4.3 Indicator: Describe health, safety and hygiene policies, procedures and practices.

5.3.2.4.4 Indicator: Describe policies, procedures and practices related to discrimination.

5.3.2.4.5 Indicator: Percentage of employees who have been trained as described in each of 5.3.2.4.3 and 5.3.2.4.4.

5.3.3.1.1 Indicator: Where traditional land use rights are applicable, is there documented evidence of a process for consulting and gaining free, prior and informed consent for the right to use the land, and documented evidence of the outcomes?

5.3.3.1.2 Indicator: Where the competent national authority has determined that there are direct effects on local food security from land use change resulting from the process being assessed, is there evidence of free, prior and informed consent from local stakeholders?

5.3.3.1.3 Indicator: Where local stakeholder consent has been sought under 5.3.3.1.2, describe the area considered to be local and the process to determine that area.

5.3.4.1.1 Indicator: Describe procedures applied to identify potential impacts on water availability within the affected local community, including the impacts on water quantity and quality for human consumption and food production.

5.3.4.1.2 Indicator: Describe the process to determine the affected local community.

5.3.4.1.3 Indicator: List the potential impacts that were identified by applying the procedures under 5.3.4.1.1.

5.3.4.1.4 Indicator: Describe process for consulting and gaining free, prior and informed consent from local stakeholders on water availability.

5.3.4.1.5 Indicator: Describe measures taken, including policies, procedures and practices, to address the potential impacts listed under 5.3.4.1.3.

5.4.1.1.1 Indicator: Does the economic operator have procedures to identify potential issues regarding fraudulent, deceptive or dishonest commercial business and consumer practices?

5.4.1.1.2 Indicator: Can the economic operator describe the measures taken to address identified issues regarding fraudulent, deceptive or dishonest commercial business and consumer practices identified by applying the procedures under 5.4.1.1.1?

5.4.1.1.3 Indicator: Can the economic operator describe key parameters, assessments or metrics used to characterize the effect of measures taken under 5.4.1.1.2?

Liste der Indikatoren (Principles folgen nach der Auflistung der Indikatoren)

5.4.1.2.1 Indicator: Does the economic operator have procedures to identify potential financial risks?

5.4.1.2.2 Indicator: Can the economic operator describe the measures taken to address financial risks that were identified by applying the procedures under 5.4.1.2.1?

5.4.1.2.3 Indicator: Can the economic operator describe key parameters, assessments or metrics used to characterize the effect of measures taken under 5.4.1.2.2?

5.2 Environmental principles, criteria and indicators

5.2.1 GHG

Principle: Reduce anthropogenic GHG emissions.

5.2.1.1 Lifecycle GHG emissions and GHG removals

5.2.2 Water

Principle: Conserve and protect water resources.

5.2.2.1 Water quantity and quality

5.2.3 Soil

Principle: Protect soil quality and productivity.

5.2.3.1 Soil quality and productivity

5.2.4 Air

Principle: Promote good air quality.

5.2.4.1 Air quality

5.2.5 Biodiversity

Principle: Promote positive and reduce negative impacts on biodiversity.

5.2.5.1 Biodiversity within the area of operation

5.2.5.2 Biodiversity-protected areas

5.2.6 Energy efficiency

Principle: Promote efficient use of energy resources.

5.2.6.1 Energy resources

5.2.7 Waste

Principle: Promote responsible management of waste.

5.2.7.1 Waste management

5.3 Social principles, criteria and indicators

5.3.1 Human rights

Principle: Respect human rights.

5.3.1.1 Universal Declaration of Human Rights

5.3.2 Labour rights

Principle: Respect labour rights.

5.3.2.1 Forced or compulsory labour

5.3.2.2 Child labour

5.3.2.3 Collective bargaining rights

5.3.2.4 Working conditions

5.3.3 Land use rights and land use change

Principle: Respect land use rights.

5.3.3.1 Land use rights and land use change

5.3.4 Water use rights

Principle: Respect water use rights.

5.3.4.1 Water availability in water-scarce countries

5.4 Economic principle, criteria and indicators

5.4.1 Economic sustainability

Principle: Produce and trade bioenergy in an economically and financially viable way.

5.4.1.1 Fair business practices

5.4.1.2 Financial risk management

A.10 Jander et al. (2020): Monitoring Bioeconomy Transitions with Economic–Environmental and Innovation Indicators: Addressing Data Gaps in the Short Term

A.10.1 Factsheet

Article
Monitoring Bioeconomy Transitions with Economic–Environmental and Innovation Indicators: Addressing Data Gaps in the Short Term

Wiebke Jander^{1,*}, Sven Wydra², Johann Wackerbauer³, Philipp Grundmann^{1,4} and Stephan Piotrowski¹

¹ Technology Assessment and Sustainable Cycles, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB), 14467 Potsdam, Germany; jander@atb-potsdam.de
² Business Unit Bioeconomy and Life Sciences, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISIT, 74349 Kaiserslautern, Germany; sven.wydra@isit.fraunhofer.de
³ Chair of Agricultural Economics, University of Hohenheim, 70529 Stuttgart, Germany; wackerbauer@uhr.de
⁴ Department of Agricultural Economics, Humboldt University zu Berlin, 10099 Berlin, Germany; philipp.grundmann@hu-berlin.de

* Correspondence: wiebke.jander@atb-potsdam.de

Received: 7 May 2020; Accepted: 2 June 2020; Published: 8 June 2020

Abstract: Monitoring bioeconomy transitions and their effects can be considered a Herculean task, as they cannot be easily captured using current economic statistics. Distinctions are rarely made between bio-based and non-bio-based products when official data is collected. However, production along bioeconomy supply chains and its implications for sustainability require measurement and assessment to enable considered policymaking. We propose a starting point for monitoring bioeconomy transitions by suggesting an adapted framework, relevant sectors, and indicators that can be observed with existing information and data from many alternative sources, assuming that official data collection methods will not be modified soon. Economic–environmental indicators and innovation indicators are derived for the German surfactant industry based on the premise that combined economic–environmental indicators can show actual developments and trade-offs, while innovation indicators can reveal whether a bioeconomy transition is likely in a sector. Methodological challenges are discussed and low-cost; high-benefit options for further data collection are recommended.

Keywords: Bioeconomy monitoring; transition framework; surfactant industry; bio-based share; fossil resource substitution; diffusion of innovations

Highlights

- Findings indicate growth in innovative, bio-based products and possibly a beginning transition from a fossil-based economy to a bio-based economy.
- Despite considerable innovation potential, stagnating patent indicators reflect declining market expansion.
- Limitations in data for monitoring the bioeconomy can be overcome in the short-term by integrating diverse data sources.
- A modified Driver–Pressure–State–Impact–Response framework is proving beneficial for the analysis of high-resolution sectors and indicates an initial monitoring of the bioeconomy.
- Fossil resource saving may be in the order of 20 MJ per % of production costs.

Sustainability 2020, 12, 4683; doi:10.3390/su12114683 www.mdpi.com/journal/sustainability

Bild: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4683>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

“Monitoring bioeconomy transitions and their effects can be considered a Herculean task, as they cannot be easily captured using current economic statistics. Distinctions are rarely made between bio-based and non-bio-based products when official data is collected. However, production along bioeconomy supply chains and its implications for sustainability require measurement and assessment to enable considered policymaking. We propose a starting point for monitoring bioeconomy transitions by suggesting an adapted framework, relevant sectors, and indicators that can be observed with existing information and data from many alternative sources, assuming that official data collection methods will not be modified soon. Economic–environmental indicators and innovation indicators are derived for the German surfactant industry based on the premise that combined economic–environmental indicators can show actual developments and trade-offs, while innovation indicators can reveal whether a bioeconomy transition is likely in a sector. Methodological challenges are discussed and low-cost; high-benefit options for further data collection are recommended” (Quelle: Jander et al. (2020), p. 1).

A.10.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Jander et al. 2020
Autor*in (Jahr): Titel	Jander et al. 2020: Monitoring Bioeconomy Transitions with Economic–Environmental and Innovation Indicators: Addressing Data Gaps in the Short Term
Link	https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4683

Kurztitel:	Jander et al. 2020
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Dieser Ansatz baut auf verfügbare und etablierte Indikatoren aus Ökonomie, Ökologie und Innovation auf. Mit dem physischen Indikator Biobasierter Anteil nach Bioökonomie-Sektor werden diese Indikatoren verbunden. Die soziale Dimension ist nur indirekt über ökonomische Indikatoren erschließbar. (Dieser Ansatz wird im Teilbereich der Tensid-Industrie erarbeitet.).</p> <p>Indikatoren allgemein: Neben dem Biobasierten Anteil sind fünf der anderen zehn Indikatoren rein ökonomisch ausgerichtet. Neben den Innovationsindikatoren Patente und Publikationen sind Energieverbrauch, Fußabdruck (Land) und Einsparung fossiler Rohstoffe die drei ökologischen Indikatoren.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Das verfügbare Biomassepotential kann (nur) indirekt über ökonomische und ökologische Indikatoren erschlossen werden.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfübarer Biomassepotentiale: Der Indikator Fußabdruck (Land) nimmt direkt auf die verfügbare Landfläche Bezug. Andere Indikatoren, wie Energieverbrauch können (nur) indirekt für eine umweltgerechte Betrachtung herangezogen werden.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Der Schwerpunkt liegt auf dem Biobasierten Anteil nach (Bioökonomie-)Branche, der mit den ökologischen und ökonomischen Indikatoren verlinkt wird.</p> <p>Indikatoren: Neben den physischen Biobasierten Anteilen können die anderen Indikatoren (nur) indirekt für die Einschätzung zusätzlicher Bedarfe herangezogen werden.</p>
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Insbesondere über die Biobasierten Anteile können mengenmäßige, ökonomische und z.T. ökologische Verschiebungen nach Branchen aufgeteilt adressiert und bewertet werden. Die Innovationsindikatoren können zusätzliche und vor allem frühzeitige Hinweise auf zukünftige Verschiebungen liefern. Biomasseströme werden nicht erfasst.</p>
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Umweltwirkungen können in erster Linie über die (zusätzliche) Flächennutzung mit dem Indikator Fußabdruck (Land) nach Sektoren bewertet werden. Dieser Indikator soll internationale Flächennutzung mit einbeziehen. In Verbindung mit der Bruttowertschöpfung pro Fläche kann zudem die ökonomische Flächenproduktivität ermittelt werden (S. 8). Andere Umweltwirkungen können nur indirekt bewertet werden.</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Es werden neben dem Fußabdruck (Land) zwei Bereiche der Umweltvorteilhaftigkeit abgedeckt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsparung fossiler Rohstoffe • Energieverbrauch, intern gekoppelt mit dem Erneuerbaren- Anteil und der Bruttowertschöpfung (S. 8) kann zudem die ökonomische Vorteilhaftigkeit pro verbrauchter Energieeinheit abbilden.

Kurztitel:	Jander et al. 2020
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Die Agenda 2030 wird direkt ökonomisch, überwiegend indirekt ökologisch und weniger sozial tangiert. Der global betrachtete Landfußabdruck kann einen Aspekt Planetarer Grenzen abdecken. Zu andere Grenzen (z. B. Klimaschutz) können teilweise indirekte Bezüge hergestellt werden.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Es findet keine Hierarchisierung oder Priorisierung statt. Betrachtet man die Anzahl, so sind fünf Indikatoren im Themenfeld Ökonomie, zwei zu Innovation und (nur) drei zur Ökologie. Der biobasierte Anteil nach Bioökonomiebranche wird mit allen Indikatoren verknüpft.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine Gewichtung statt.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Economic Indicators	Thema 2: Environmental Indicators	Thema 3: Innovation Indicators	Thema 4: Bio-based share
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0	2	0	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1	2	0	2
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	1	1	2
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1	2	0	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1	2	0	2
Planetare Grenzen und SDGs?	2	2	1	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	2	0	0	1
Gewichtung?	0	0	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.10.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Jander et al. (2020)		x	x			x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Jander et al. (2020)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Die Indikatoren von Jander et al. (2020), welche nach ökonomischen, ökonomisch-ökologischen und innovativen Indikatoren differenziert werden, erlauben keine Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen.</p> <p>Die Indikatoren von Jander setzen nicht an der Vorkette eines bio-basierten Produktes an. Das heißt, die Indikatoren adressieren weder die Flächen, welche für die entsprechenden Biomassen zur Verfügung stehen, noch die zur Verfügung stehenden Mengen an Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft und an Reststoffen.</p> <p>Lediglich im Hinblick auf die umweltgerechte Verfügbarkeit können die Indikatoren <i>Energieproduktivität</i>, <i>Landproduktivität und Einsparung fossiler Ressourcen</i> Beachtung finden, da gegebenenfalls indirekte Bezüge zur umweltgerechten Verfügbarkeit hergestellt werden können. Ein zunehmendes Einsparen fossiler Ressourcen mag folglich mit einer umweltgerechteren Produktion einhergehen.</p> <p>➔ z. B.: fossil-resource savings</p>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	<p>Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann mit den ökonomischen Indikatoren <i>Anzahl Beschäftigte</i>, <i>Bruttowertschöpfung</i>, <i>Umsatz</i>, <i>Auslandsumsatz</i> und <i>Investitionen</i> abgebildet werden.</p> <p>Insbesondere die Indikatoren Anzahl Beschäftigte, Bruttowertschöpfung, Umsatz und Investitionen können durch eine Zu- oder Abnahme Rückschlüsse auf eine Verschiebung/Veränderung der Biomasseströme ermöglichen. Beispielsweise kann eine Zunahme an Beschäftigten bedeuten, dass verstärkt bio-basierte Produkte produziert werden. Dadurch verändern sich die entsprechenden Biomasseströme. Unter der Annahme eines konstanten Biomassepotenzials kann grundsätzlich jegliche Dynamik innerhalb der Bioökonomie durch Veränderungen/Verschiebungen der Indikatorwerte nach dem „je-mehr-vom-einen-desto-weniger-vom-anderen-Prinzip“ dargestellt werden. Allerdings ist es hierfür erforderlich, dass die Informationen auf Ebene der einzelnen Bioökonomiesektoren vorliegen.</p> <p>➔ z. B.: Bruttowertschöpfung</p>

Titel	Jander et al. (2020)
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Neue Nutzungen können grundsätzlich durch <i>Innovationsindikatoren</i> bewertet werden. Dazu zählen die <i>Publikationen und Patente</i>. Eine Zunahme an Publikationen und Patenten kann somit auf neue/zusätzliche Nutzungen hindeuten. Allerdings deuten diese Indikatoren nicht auf Umweltwirkungen hin, da sie lediglich die Aktualität dieser Nutzungen verdeutlichen.</p> <p>Eine parallele Betrachtung der Innovationsindikatoren und der ökonomisch-ökologischen Indikatoren könnte jedoch Rückschlüsse auf Umweltwirkungen von neuen/zusätzlichen Nutzungen erlauben. Wenn sowohl die Anzahl an Patenten im Kontext biogener Brennstoffe, als auch die Energieproduktivität dieser Brennstoffe zunimmt, kann dies darauf deuten, dass neue energieeffiziente Nutzungen im Umlauf sind.</p> <p>➔ z. B.: Kombination von Patenten und Energieproduktivität</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Mit Hilfe des Indikators <i>Einsparung fossiler Ressourcen</i> kann direkt die Wirkung einer Substitution bewertet werden.</p> <p>➔ z. B.: Einsparung fossiler Ressourcen</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>In diesem Kontext können die ökonomisch-ökologischen Indikatoren, d. h. <i>Energieproduktivität, Landproduktivität und Einsparung fossiler Ressourcen</i>, verwendet werden.</p> <p>Im Vergleich zu einem herkömmlichen Produkt, können diese Indikatoren die Umweltvorteilhaftigkeit eines bio-basierten Produktes verdeutlichen.</p> <p>➔ z. B.: Landproduktivität</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den <i>Klimawandel</i>, kann über die ökonomisch-ökologischen Indikatoren, d. h. <i>Energieproduktivität, Landproduktivität und Einsparung fossiler Ressourcen</i> erfolgen.</p> <p>Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können die ökonomische Indikatoren verwendet werden. Beispielsweise kann der Indikator <i>Anzahl Beschäftigte</i> in Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen zu SDG3 "Good health and well-being", SDG4 "Quality education", SDG7 "Clean energy", SDG8 "decent work and economic growth", SDG9 "Industry, Innovation and infrastructure", SDG12 "responsible consumption and production", SDG13 "climate action" und SDG15 "Life on land" können hergestellt werden.</p> <p>➔ z. B.: Anzahl Beschäftigte</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Es liegen keine Indikatoren mit direktem Bezug zu Biodiversitätsaspekten vor.</p> <p>Wie auch bei den Umweltwirkungen können Biodiversitätsaspekte indirekt, d. h. über Rückschlüsse, bewertet werden. Hierbei können die ökonomisch-ökologischen Indikatoren, d. h. <i>Energieproduktivität, Landproduktivität und Einsparung fossiler Ressourcen</i> Anwendung finden. Beispielsweise kann eine hohe Landproduktivität dem Erhalt der Biodiversität beitragen, da durch erhöhte Landproduktivität keine zusätzlichen Flächen transformiert werden müssen, welche gegebenenfalls zahlreiche Ökosysteme beinhalten.</p> <p>➔ z. B.: Landproduktivität</p>

Titel	Jander et al. (2020)
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	Ja, die Indikatoren von Jander et al. (2020) lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren. Allerdings sollte dieses Indikatorenset um weitere Indikatoren erweitert werden, da weder Biomassepotenziale, noch Biodiversitätsaspekte direkt berücksichtigt werden.
Stärken	Stärken des Indikatorensets von Jander et al. (2020) liegen in der direkten Anwendbarkeit der Indikatoren, der Tatsache dass sogar Umweltvorteilhaftigkeit adressiert wird, als auch in der Überschaubarkeit.
Schwächen	Schwächen liegen primär im Bereich der Lücken des Indikatorensets, welche sowohl im Bereich Biomassepotenziale, als auch im Bereich Biodiversität deutlich vorhanden sind.
Nutzbarkeit	Die Indikatoren sind nutzbar, weitere Indikatoren sind für ein ganzheitliches Bioökonomie-Monitoring jedoch erforderlich.

A.10.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Economic indicators:

- number of employees
- Gross value added
- turnover
- foreign sales
- investments

Economic–environmental indicators:

- energy productivity
- land productivity
- fossil-resource savings

Innovation indicators:

- publications
- patents

A.11 Kardung et al. (2021): Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators

A.11.1 Factsheet

Article
Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators

Maximilian Kardung ^{1,2}, Kutay Cingiz ^{1,3}, Orwin Costenoble ², Roel Delahaye ³, Wim Heijman ^{1,4}, Marko Lovrić ^{5,6}, Myrna van Leeuwen ^{7,8}, Robert M'Barek ^{7,9}, Hans van Meijl ^{1,10}, Stephan Piotrowski ⁸, Tévécia Ronzon ^{1,7,11}, Johannes Sauer ⁷, David Verhoog ⁸, Pieter Johannes Verkerk ^{5,12}, Maria Vrachioli ¹⁰, Justus H. H. Wesseler ¹⁰ and Benz Xingqi Zhu ¹³

¹ Agricultural Economics and Rural Policy Group, Wageningen University, 6706 KN Wageningen, The Netherlands; kutay.cingiz@wur.nl (K.C.); roel.delahaye@wur.nl (R.D.); wim.heijman@wur.nl (W.H.); marko.lovric@wur.nl (M.L.); myrna.vanleeuwen@wur.nl (M.V.); robert.mbarek@wur.nl (R.M.B.); hans.vanmeijl@wur.nl (H.v.M.); stephan.piotrowski@wur.nl (S.P.); tevecia.ronzon@wur.nl (T.R.); pieter.johannes.verkerk@wur.nl (P.J.V.); maria.vrachioli@wur.nl (M.V.); justus.h.h.wesseler@wur.nl (J.H.H.W.); benz.xingqi.zhu@wur.nl (B.X.Z.)
² European Forest Institute, 0050 Jyväskylä, Finland; marco.lindner@efi.fi (M.L.)
³ Wageningen University and Research, 6706 KN Wageningen, The Netherlands; delahaye@wur.nl (R.D.)
⁴ Royal Netherlands Standardization Institute, 2625 AX Delft, The Netherlands; energy@bsi.nl
⁵ Statistics Netherlands, 1025 DJ The Hague, The Netherlands; delahaye@statline.nl
⁶ Observatory of the Circular Bioeconomy and Management, Czech University of Science, 160 00 Prague-Suchdol, Czech Republic
⁷ European Forest Institute, 0050 Jyväskylä, Finland; marco.lindner@efi.fi (M.L.)
⁸ WZL Institute for Production Science, 47051 Duisburg, Germany; benz.xingqi.zhu@wzl.rwth-aachen.de (B.X.Z.)
⁹ Joint Research Centre, European Commission, 41013 Seville, Spain; robert.mbarek@ec.europa.eu (R.M.B.)
¹⁰ TUM School of Life Sciences, Production and Resource Engineering, Technical University of Munich, 85354 Freising, Germany; jo.sauer@tum.de (J.S.); marco.lindner@tum.de (M.L.); benz.xingqi.zhu@tum.de (B.X.Z.)
¹¹ Correspondence: kardung.k@wur.nl

Abstract: The EU's 2018 Bioeconomy Strategy Update and the European Green Deal recently confirmed that the bioeconomy is high on the political agenda in Europe. Here, we propose a conceptual analysis framework for quantifying and analyzing the development of the EU bioeconomy. The bioeconomy has several related concepts (e.g., bio-based economy, green economy, and circular economy) and there are clear synergies between these concepts, especially between the bioeconomy and circular economy concepts. Analyzing the driving factors provides important information for monitoring activities. We first derive the scope of the bioeconomy framework in terms of bioeconomy sectors and products to be involved, the needed geographical coverage and resolution, and time period. Furthermore, we outline a set of indicators linked to the objectives of the EU's bioeconomy strategy. In our framework, measuring developments will, in particular, focus on the bio-based sectors within the bioeconomy as biomass and food production is already monitored. The selected indicators commit to the EU Bioeconomy Strategy objectives and conform with findings from previous studies and stakeholder consultation. Additionally, several new indicators have been suggested and they are related to measuring the impact of changes in supply, demand drivers, resource availability, and policies on sustainability goals.

Keywords: bioeconomy; monitoring; indicators

Received: 30 November 2020; **Accepted:** 31 December 2020; **Published:** 3 January 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

 This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. The use, distribution or reproduction is permitted, and given to the user under the terms of the license; however, any distribution or reproduction must give full credit to the original author(s) and the source, provide a link to the published article in the MDPI Journal, and indicate whether changes were made. The use, distribution or reproduction must be subject to the terms of the Creative Commons License (creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Copyright: © 2021 by the author. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Stimuli 2021, 13, 453; <https://doi.org/10.3390/stimuli1301015> <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>

Bild: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/413>

- Kardung, Maximilian, Kutay Cingiz, Ortwin Costenoble, Roel Delahaye, Wim Heijman, Marko Lovrić, Myrna van Leeuwen, Robert M'Barek, Hans van Meijl, Stephan Piotrowski, Tévécia Ronzon, Johannes Sauer, David Verhoog, Pieter J. Verkerk, Maria Vrachioli, Justus H.H. Wesseler, Benz X. Zhu (2021)
- Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators
- URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/413>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"The EU's 2018 Bioeconomy Strategy Update and the European Green Deal recently confirmed that the bioeconomy is high on the political agenda in Europe. Here, we propose a conceptual analysis framework for quantifying and analyzing the development of the EU bioeconomy. The bioeconomy has several related concepts (e.g., bio-based economy, green economy, and circular economy) and there are clear synergies between these concepts, especially between the bioeconomy and circular economy concepts. Analyzing the driving factors provides important information for monitoring activities. We first derive the scope of the bioeconomy framework in terms of bioeconomy sectors and products to be involved, the needed geographical coverage and resolution, and time period. Furthermore, we outline a set of indicators linked to the objectives of the EU's bioeconomy strategy. In our framework, measuring developments will, in particular, focus on the bio-based sectors within the bioeconomy as biomass and food production is already monitored. The selected indicators commit to the EU Bioeconomy Strategy objectives and conform with findings from previous studies and stakeholder consultation. Additionally, several new indicators have been suggested and they are related to measuring the impact of changes in supply, demand drivers, resource availability, and policies on sustainability goals" (Quelle: Kardung et al. 2021, S. 1).

A.11.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Kardung et al. 2021
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Ein sektorales Monitoring wird als zentral angesehen und zusätzlich eine regionale und auf Produktebene Betrachtung vorgeschlagen (vgl. S. 15). Der Ansatz setzt innerhalb des Nachhaltigkeitsmonitoring der Produkte und Dienstleistungen der Bioökonomie die ökonomische Dimension als Schwerpunkt (vgl. S. 16). Zudem werden die möglichen, bspw. klimasenkenden Beiträge der Bioökonomie herausgearbeitet. Zudem sollen die sozialen Aspekte der Bioökonomie Strategie 2018 gleichwertig einfließen (vgl. S. 16).</p> <p>Indikatoren allgemein: Ein Schwerpunkt liegt auf ökonomischer Wettbewerbsfähigkeit. Darüber hinaus werden Klimabeitrag, Ersetzung fossiler Rohstoffe und Ernährungssicherheit hervorgehoben. Ebenfalls zentrales Hauptthema ist das „Sustainable natural resource management.“ Es gibt 25 Hauptindikatoren.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Umweltgerechtigkeit ist kein eigenes Hauptthema, allerdings ist Ernährungssicherheit das erste Hauptthema. Mit dem Indikator Biomass self-sufficiency rate bspw. kann auf Importabhängigkeiten und damit Auswirkungen auf den globalen Süden hingedeutet werden.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Das Hauptthema „Sustainable natural resource management“ ist für zusätzliche Bedarfe zentral. Ebenso die Themenschwerpunkte Ernährungssicherheit und Abhängigkeit von Nicht-Erneuerbaren Ressourcen.</p> <p>Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Availability of food, Access to food, Utilization, Stability (Food and nutrition security) • Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies (Sustainable natural resource management) • Biomass self-sufficiency rate (“To assess independence from biomass imports”) (Dependence on non-renewable resources) <p>Zusätzliche relevante Indikatoren des Hauptthemas Wettbewerbsfähigkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komparativer Vorteil (der Materialflüsse EU vs. Welt) • Import/Export-Flüsse von Rohmaterialien und Produkten der Bioökonomie (vgl. S. 18).
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	Die vorgeschlagenen Hauptindikatoren adressieren nicht direkt Verschiebungen und Stoffströme innerhalb der Bioökonomie. Allerdings können Bedarfe, Grenzen, Produktion und Konsum, Wertschöpfung, Komparativer Vorteil, Import/Export der Bioökonomie herangezogen werden. Insbesondere wenn, wie vorgeschlagen, auf sektoraler und Produktebene Monitoring ermöglicht wird.
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen	Mit dem Hauptindikator Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies werden innerhalb des Hauptthemas Nachhaltiges Natürliches Ressourcen Managements Schwellenwerte betrachtet, nicht aber nach zusätzlicher Nutzung unterschieden.

Kurztitel:	Kardung et al. 2021
Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	Mit dem vorgeschlagenen Klimafußabdruck auf Basis von Produktlebenszyklusanalysen wird die sektorale Klimawirkung abgedeckt. Zusätzliche Umweltwirkungen, wie auf die Biodiversität können nur indirekt bewertet werden. Inwieweit der Hauptindikator "Sustainable resource use" (zusätzliche) Umweltwirkungen abdeckt und bewertet müsste geklärt werden.
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Für den sektoralen Klimafußabdruck kann Klimavorteilhaftigkeit bewertet werden. Mit anderen Hauptindikatoren können zumindest allgemeine Umweltwirkungen abgeschätzt werden. Der Themenbereich Dependence on non-renewable resources enthält Hauptindikatoren zu Materialeffizienz, Sustainable resource use und andere. Direkte Umweltvorteilhaftigkeit ist nicht abgedeckt.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Einige Indikatoren sind an den Zielen der EU-Bioökonomiestrategie ausgerichtet (S. 16). Indikatoren zu einigen Schwellenwerten und SDGs (Ernährungssicherheit, Biodiversität etc.) stellen direkte Verbindungen her. Andere Indikatoren können für Bewertungen herangezogen werden, allerdings werden nicht alle SDGs oder Dimensionen planetarer Grenzen abgedeckt.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Die 25 Hauptindikatoren sind gruppiert und ihre Schwerpunkte liegen auf den Dimensionen Ökonomie und Ökologie. Diese Hauptindikatoren können in Subindikatoren aufgeschlüsselt werden.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine Gewichtung statt. Die Dimensionen Ökonomie und Ökologie sind zentral.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Food and nutrition security	Thema 2: Sustainable natural resource management	Thema 3: Dependence on non-renewable resources	Thema 4: Mitigating and adapting to climate change	Thema 5: Employment and economic competitiveness
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1	1-2	1	1	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2	2	2	1	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	1	1	0	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1	2	0	1	0
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1	1	1	2	0
Planetare Grenzen und SDGs?	2	2	1	2	0
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0	0	0	0

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Food and nutrition security	Thema 2: Sustainable natural resource management	Thema 3: Dependence on non-renewable resources	Thema 4: Mitigating and adapting to climate change	Thema 5: Employment and economic competitiveness
Gewichtung?	0	0	0	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.11.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschönung
Kardung et al. (2021)		x	x		x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Kardung et al. (2021)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Die Indikatoren von Kardung et al. (2021) aus dem Themenbereich 2, <i>Sustainable natural resource management</i> sind einerseits für die Ermittlung der verfügbaren Biomassepotenziale, andererseits auch für die Ermittlung umweltgerecht verfügbarer Potenziale geeignet. Insbesondere der Indikator <i>Primary Biomass production</i> ermöglicht ein Abschätzen der Potenziale. Der Indikator <i>sustainable resource use</i> beschreibt darüber hinaus den Anteil nachhaltig produzierter Biomasse, welcher dem umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzial entspricht. Gegebenenfalls kann der Indikator <i>Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies</i> ebenfalls in diesem Kontext Anwendung finden. Allerdings bedarf es hierfür weiterer Untersuchungen, um in Erfahrung zu bringen, welche Aspekte dieser Indikator abdeckt.</p> <p>→ z. B.: Primary Biomass production</p>

Titel	Kardung et al. (2021)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?</p>	<p>Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann anhand mehrerer Indikatoren nach dem „je-mehr-vom-einen-desto-mehr-vom-anderen“ abgebildet werden. Dazu zählen beispielsweise die Indikatoren <i>Availability of food, Bio-energy replacing non-renewable energy, bio-material replacing non-renewability, certified bio-based products</i>. Diese Indikatoren haben die Gemeinsamkeit, dass sie die Seite der Biomassenutzung abbilden. Durch verschiedene Ausprägungen der Nutzungsströme (z.B: Lebensmittel vs. Bioenergy) können Veränderungen innerhalb der Bioökonomie dargestellt werden. Auch der Indikator <i>Production and consumption of non-food and feed bio-based products</i> kann hierfür Anwendung finden.</p> <p>Ferner können Indikatoren aus dem Themenbereich 5. <i>Employment and economic competitiveness</i> Veränderungen innerhalb der Bioökonomie abbilden, indem beispielsweise die Investments (<i>Investments</i>) oder Beschäftigtenzahlen (<i>employment</i>) in einem bestimmten Bereich der Bioökonomie steigen.</p> <p>→ z. B.: <i>Production and consumption of non-food and feed bio-based products</i></p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Neue Nutzungen können grundsätzlich durch Indikatoren des Themenbereichs 5. <i>Employment and economic competitiveness</i> bewertet werden.</p> <p>Wie auch im vorhergehenden Abschnitt können Veränderungen in der Anzahl an Innovationen (<i>Innovation</i>), Investments (<i>Investments</i>) oder Beschäftigtenzahlen (<i>Employment</i>) auf zusätzliche Nutzungen hindeuten. Diese Indikatoren befassen sich jedoch primär mit dem Umfang neuer Nutzungen. Im Hinblick auf die Umweltwirkungen dieser neuen Nutzungen ist auf weitere Indikatoren mit direktem Umweltbezug zurückzugreifen. Dazu zählt beispielsweise der Indikator <i>Biodiversity, Land cover</i> und <i>Greenhouse gas emissions</i>. Eine Zunahme dieser Indikatorwerte bei den neuen Nutzungen gibt Aufschluss über die Umweltwirkung dieser neuen Nutzungen.</p> <p>→ z. B.: <i>innovation</i></p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Mit Hilfe der Indikatoren aus dem Themenbereich 3. <i>Dependence on non-renewable resources</i>, insbesondere den Indikatoren <i>Bio-energy replacing non-renewable energy</i> und <i>Bio-material replacing non-renewable resources</i> kann die Wirkung einer Substitution bewertet werden.</p> <p>→ z. B.: <i>Bio-energy replacing non-renewable energy</i></p>

Titel	Kardung et al. (2021)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>In diesem Kontext können die Indikatoren mit direktem Nachhaltigkeitsbezug verwendet werden. Dazu zählen die Indikatoren <i>Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies, Sustainable resource use</i> und <i>Certified bio-based products</i>. Eine Zunahme dieser "nachhaltigen" Nutzung oder Produkte deutet auf deren Umweltvorteilhaftigkeit hin. Inwieweit der Indikator <i>Sustainability threshold</i> in diesem Kontext direkt auf die Umweltvorteilhaftigkeit abzielt, bleibt aufgrund mangelnder Hintergrundinformationen leider ungewiss. Ferner deuten geringe Indikatorwerte auf Seiten der Umweltwirkungen auch auf die Umweltvorteilhaftigkeit von Produkten hin. Beispielsweise deuten geringe Emissionen auf die Umweltvorteilhaftigkeit hin. Somit sind indirekt alle Indikatoren mit direktem Umweltbezug (<i>Biodiversity, Land cover, Greenhouse gas emissions, Climate footprint</i>) geeignet, um durch deren entsprechende Ausprägung die Umweltvorteilhaftigkeit abzubilden.</p> <p>→ z. B.: Certified bio-based products</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die Indikatoren <i>Greenhouse gas emissions, Climate footprint, Climate change adaptation</i> hergestellt werden. Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können <i>ökonomische Indikatoren</i> verwendet werden. Beispielsweise kann der Indikator Anzahl <i>Employment</i> in Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen zu SDG2 "No hunger", SDG3 "Good health and well-being", SDG7 "Clean energy", SDG8 "decent work and economic growth", SDG9 "Industry, Innovation and infrastructure", SDG12 "responsible consumption and production", SDG13 "climate action" und SDG15 "Life on land" können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Climate footprint</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Hierfür kann direkt der Indikator <i>Biodiversity</i> verwendet werden. Wie auch bei den Umweltwirkungen können Biodiversitätsaspekte auch indirekt, d. h. über Rückschlüsse, bewertet werden. Beispielsweise kann ein geringer Anteil nachhaltiger Ressourcennutzung (<i>Sustainable resource use</i>) mit beeinträchtigter Biodiversität in Verbindung gebracht werden.</p> <p>→ z. B.: Biodiversity</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus von Kardung et al. (2021) lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren und decken alle relevanten Bereiche ab. Bereitgestellte Quellen sind hierfür äußerst hilfreich.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensets von Kardung et al. (2021) liegen in der direkten Anwendbarkeit der Indikatoren und der Tatsache, dass alle relevanten Bereiche (society, environment, economy) abgedeckt werden.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Schwächen liegen ausschließlich in der Detailgenauigkeit, da die Hintergrundinformationen zu den einzelnen Indikatoren nicht sehr umfangreich sind. Allerdings wird auf die entsprechenden Literaturstellen verwiesen.</p>

Titel	Kardung et al. (2021)
Nutzbarkeit	Die Indikatoren sind direkt nutzbar. Datenquellen sind jedoch zu ermitteln, gegebenenfalls können auch hierfür die bereitgestellten Literaturstellen verwendet werden.

A.11.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren
<ol style="list-style-type: none">1. Food and nutrition security Availability of food, Access to food, Utilization, Stability2. Sustainable natural resource management Sustainability threshold levels for Bioeconomy Technologies Biodiversity Land cover Primary Biomass production Sustainable resource use3. Dependence on non-renewable resources Bio-energy replacing non-renewable energy Bio-material replacing non-renewable resources Biomass self-sufficiency rate Material use efficiency Certified bio-based products4. Mitigating and adapting to climate change Greenhouse gas emissions Climate footprint Climate change adaptation5. Employment and economic competitiveness Innovation Investments Value Added of the bioeconomy sectors Comparative advantage Production and consumption of non-food and feed bio-based products Import and export of bioeconomy raw materials and products Employment Bioeconomy-driving Policies

A.12 Karvonen et al. (2017): Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy

A.12.1 Factsheet

Karvonen et al. *Forest Ecosystems* (2017) 4:2
DOI 10.1186/s40663-017-0089-8

REVIEW **Open Access** 

Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy

Jaakko Karvonen¹, Pradipta Halder², Jyrki Kangas³ and Pekka Leskinen⁴

Abstract The sustainable use of renewable resources has become an important issue worldwide in the move towards a less fossil fuel intensive future. Mainstream method for fulfilling this aim is to increase the share of renewable energy and materials to substitute fossil fuels and to become fully independent from fossil fuels over the long-term. However, the environmental sustainability of this endeavor has been questioned. In addition, economic and social sustainability issues are also much debated topics in this particular context. Forest resources are often thought to contribute partially to achieving a so-called “carbon-neutral society”. In this review, we discuss sustainability issues of using forest biomass. We present several sustainability indicators for ecological, economic and social dimensions and discuss the issues in applying them in sustainability impact assessments (SIAs). We also present a number of tools and methods previously used in conducting SIAs. We approach our study from the perspective of the Finnish forestry; in addition, various aspects regarding the application of SIAs in a broader context are also presented. One of the key conclusions of the study is that although sufficient data are available to measure many indicators accurately, the impacts may be very difficult to assess (e.g. impact of greenhouse gases on biodiversity) for conducting a holistic SIA. Furthermore, some indicators, such as “biodiversity”, are difficult to quantify in the first place. Therefore, a mix of different methods, such as Multi-criteria Assessment, Life-cycle Assessment or Cost-Benefit Analysis, as well as different approaches (e.g. thresholds and strong/weak sustainability) are needed in aggregating the results of the impacts. SIAs are important in supporting and improving the acceptability of decision making, but a certain degree of uncertainty will always have to be tolerated.

Keywords Forest bioeconomy, Sustainability, Indicators, Impact assessment, Decision support

Introduction
Climate change is one of the most significant threats facing the world today, and mitigation of it has been recognized as an issue requiring urgent and extensive actions on the part of the global community. At the Paris Climate Conference in December 2015, 195 countries adopted the first ever universal, legally binding global climate agreement. They agreed to take global measures in order to “put the world on track” and to avoid dangerous outcomes of climate change by limiting global warming to well below 2 °C. Among the proposed measures, an important issue is to transform our current fossil fuel-based energy generation systems to a sustainable and renewable energy (RE)-based systems (IPCC 2014; UNFCCC 2015).

According to the IEA (2015), more than 80% of the global energy demand is met by fossil fuels, while the current supply of RE is insufficient to meet that demand. Therefore, it is clear that we must move away from the depletion of fossil fuel reserves and that new sources are being explored (Cieślak and Gaj 2014). It is necessary

¹Correspondence: jaakko.karvonen@helsinki.fi
²Present address: Department of Environmental Science, Pohjois-Uudenmaan Yliopisto, Vihti
³Full list of author information is available at the end of the article

 SpringerOpen

- ▶ Jaakko Karvonen, Pradipta Halder, Jyrki Kangas, Pekka Leskinen (2017)
- ▶ Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy
- ▶ URL: <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-017-0089-8>

Bild: <https://forestecosyst.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40663-017-0089-8.pdf>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

“The sustainable use of renewable resources has become an important issue worldwide in the move towards a less fossil-fuel-intensive future. Mainstream method for fulfilling this aim is to increase the share of renewable energy and materials to substitute fossil fuels and to become fully independent from fossil fuels over the long-term. However, the environmental sustainability of this endeavor has been questioned. In addition, economic and social sustainability issues are also much debated topics in this particular context. Forest resources are often thought to contribute partially to achieving a so-called “carbon-neutral society”. In this review, we discuss sustainability issues of using forest biomass. We present several sustainability indicators for ecological, economic and social dimensions and discuss the issues in applying them in sustainability impact assessments (SIAs). We also present a number of tools and methods previously used in conducting SIAs. We approach our study from the perspective of the Finnish forestry; in addition, various aspects regarding the application of SIAs in a broader context are also presented. One of the key conclusions of the study is that although sufficient data are available to measure many indicators accurately, the impacts may be very difficult to assess (e.g. impact of greenhouse gases on biodiversity) for conducting a holistic SIA. Furthermore, some indicators, such as “biodiversity”, are difficult to quantify in the first place. Therefore, a mix of different methods, such as Multi-criteria Assessment, Life-cycle Assessment or Cost-Benefit Analysis, as well as different approaches (e.g. thresholds and strong/weak sustainability) are needed in aggregating the results of the impacts. SIAs are important in supporting and improving the acceptability of decision-making, but a certain degree of uncertainty will always have to be tolerated” (Quelle: Karvonen et al. 2017, S. 1).

A.12.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	
Autor*in (Jahr): Titel	Karvonen et al. 2017: Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy
Link	https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-017-0089-8
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Review von Nachhaltigkeitsindikatoren und Assessment Tools zur Biomasse der Forstwirtschaft Finnlands. Betrachtete Assessment Tools:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cost-benefit analysis (CBA); • Input-output (IO) methods: economic & environmentally extended IO • Life cycle analysis (LCA) methods: Environment (ELCA); Social (SLCA); Economic (LCC) • Material flow analysis (MFA) • Multi-criteria analysis (MCA) <p>Indikatoren allgemein: Der Review empfiehlt Indikatoren, eingeteilt in die drei Nachhaltigkeitsdimensionen (Tabelle 1, S. 12). Es werden starke Verknüpfung zu anderen Indikatoren und verbundenen Feldern mit angegeben.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Es werden keine Ansätze oder Indikatoren vorgeschlagen, die das verfügbare Biomassepotential abbilden.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Einige Indikatoren können indirekt genutzt werden, um Überschreitungen ökologischer Grenzen anzuzeigen, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Water contamination (m³)
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Mit den vorgeschlagenen Assessment Tools und Indikatoren können zusätzliche Bedarfe indirekt abgeschätzt werden, bspw. mit den folgenden</p> <p>Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Land use and land use change, als sein Indikator oder bspw.: • Input-output (IO) methods als Assessment Tool
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	Verschiebungen der Biomassenutzung können nur indirekt abgebildet werden, bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • mit der Material flow analysis (MFA); • oder über Fossil fuel use (tons, % of all fuels) zu Änderungen der fossilen Anteile.
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	Die beschriebenen Assessment Tools bieten verschiedene Ansätze, um intensivierte oder veränderte Nutzungen zu bewerten, bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • Environmentally extended Input-output (IO) methods Zusätzlich können einzelne Indikatoren indirekt genutzt werden.
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der	Die vorgestellten Assessment Tools sind sehr gut geeignet, Produkte und Prozesse im Vergleich zu bewerten, bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • Environmental Life cycle analysis (ELCA)

Kurztitel:	
biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>Karvonen et al. (S. 17) bewerten den aktuellen wissenschaftlichen Stand und fordern vertiefte Forschung zu planetaren Grenzen: "a robust and science-based knowledge of the sustainability thresholds about the planetary boundaries is needed."</p> <ul style="list-style-type: none"> • "more studies are needed to make it possible to apply more indicators in SIAs (e.g. biodiversity indicators") • "many of the sustainability and impact assessment related terms are more or less ambiguously defined" • "more consistent and standardized definitions are needed"
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	<p>Der Review arbeitet keine Hierarchisierung heraus.</p> <p>In Abbildung 2 (S. 17) werden die Wirkungen von Biomassenutzungen illustriert und es wird auf die Stellung von miteinander verwobenen Indikatoren hingewiesen, die stellvertretend für Veränderungen weiterer Indikatoren stehen können (S. 2).</p>
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine Gewichtung statt.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Indikatoren	Thema 2: Assessment Tools
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1-2	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1	2
Planetare Grenzen und SDGs?	1	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0
Gewichtung?	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

Legende zu den Markierungsoptionen

2: Schwerpunkt

Table 1 Indicators categorized in dimensions, examples of units, inter-linkages to other aspects and/or indicators of sustainability and possible data sources

Indicator	Dimension	Indicator unit(s) (in example)	Strong indicator interlinkages	Other major connections	Main data and/or cofactor sources
Greenhouse gases (GHG)	Environmental	tCO ₂ eq, GWP	Fossil fuel use	Biodiversity	National statistics
Fossil fuel use	Environmental	toms, % - of all fuels	GHG, trade, national self-reliance	Renewable energy	National statistics, Industry
Fine particle emission	Environmental	particle sizes >10, 1-10 and <1 µm	Fossil fuel use	Health	Industry, literature, derivable from other indicators
Water contamination	Environmental	m ³		Ecosystem services, fossil fuel use	Industry
Land use and land use change	Environmental	ha	Biodiversity	(indirect) GHG	National statistics, Industry (e.g. wood use)
Biodiversity	Environmental	Area protected/area used, species richness,		Harvested forest area	Experts, industry
Gross domestic production (GDP)	Economic	€, % change in GDP	GVA/LVA		National statistics
Gross and/or local value added (G/LVA)	Economic	€ added to product per m ³ wood used	GDP, Trade	Rural development	Industry, (Inter)National statistics
Trade	Economic	Import/export change	GDP, G/LVA, National supply security and self-reliance	National self-reliance	National statistics
National supply security and self-reliance	Social	Import/total energy use	Fossil fuel use, Trade		National statistics, Industry
Employment	Social	Person years	Accidents, salaries	Capacity and freedom, well-being	National statistics, Industry
Human health and well- being	Social	N/A	Fine particle emissions	Accidents and work related diseases, social costs	Questionnaires, industrial accounting
Accidents and work related diseases	Social	Person days off/working days	Employment		National statistics, Industry, insurance institutions
Equity	Social	Paid salaries, Gini-index	Employment	Reflections to health and Capacity and freedom	National statistics, Industry
Capacity and freedom		Disposable income, Free time	Participation	Rural development	Questionnaires
Participation	Social	Number of participants, Number of hearings	Capacity and freedom	Equity	Public documentation
Rural development	Social	Rural/urban jobs	Employment	Equity and Capacity and freedom	National statistics, Industry

Quelle: Karvonen et al. 2017 (Tabelle 1, S. 12)

A.12.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Karvonen et al. (2017)	(X)		x	x	x	x	

Auswertung der Indikatoren

Titel	Karvonen et al. (2017)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Die Indikatoren von Karvonen et al. (2017) beinhalten keine Indikatoren, mit welchen direkt das umweltgerecht verfügbare Biomassepotenzial bewertet werden kann. Lediglich die beiden Indikatoren <i>Land use & Land use change</i> und <i>National supply security and self-reliance</i> können dazu verwendet werden, um beispielsweise Aussagen über die zur Verfügung stehenden Flächen für die Biomasseproduktion und die Sicherheit dessen machen zu können. → z. B.: <i>Land use & Land use change</i>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann mit den ökonomischen Indikatoren und sozialen Indikatoren erfolgen. Hierzu zählen die Indikatoren <i>Gross and/or local value added</i> und <i>Employment</i> . Durch eine Verschiebung der Wertschöpfung oder Beschäftigtenzahl innerhalb der Bioökonomie können Veränderungen der Biomasseströme dargestellt werden. Hierfür müssen diese Informationen allerdings auf Ebene der einzelnen Bioökonomiesektoren vorliegen. → z. B.: <i>Employment</i>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Das Indikatorennet von Karvonen enthält keine Indikatoren, die der Bewertung von Umweltwirkungen neuer Nutzungen direkt dienen. Lediglich auf Ebene der Flächenbelegung kann mit dem Indikator <i>Land use & Land use change</i> die flächenbezogene Umweltwirkung neuer Nutzungen bewertet werden. Grundsätzlich können Umweltwirkungen mit allen ökologischen Indikatoren (<i>Greenhouse gases, fossil fuel use, fine particle emission, water contamination, land use and land use change, biodiversity</i>) von Karvonen et al. (2017) bewertet werden, diese müssen dann allerdings noch ins Verhältnis zu neuen Nutzungen gesetzt werden. → z. B.: <i>Land use & Land use change</i>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Das Indikatorennet von Karvonen enthält keinen Indikator zur Bewertung der Substitutionswirkung. Durch die Zu- oder Abnahme fossiler Kraftstoffe kann der Indikator <i>Fossil fuel use</i> indirekt dazu verwendet werden, die Substitution der fossilen Kraftstoffe abzubilden. Ob eine Reduktion fossiler Kraftstoffe jedoch direkt in Verbindung mit einer erhöhten Substitution gebracht werden kann, ist ungewiss.

Titel	Karvonen et al. (2017)
	<p>→ z. B.: Fossil fuel use</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Mit Hilfe der ökologischen Indikatoren (<i>Greenhouse gases, fossil fuel use, fine particle emission, water contamination, land use and land use change, biodiversity</i>) kann die Umweltvorteilhaftigkeit der gesamten Bioökonomie dargestellt werden. Sofern diese Informationen auch auf Ebene der Produkte vorliegen, können diese Indikatoren auch dazu verwendet werden die Umweltvorteilhaftigkeit eines biobasierten Produktes gegenüber einem herkömmlichen zu bewerten.</p> <p>→ z. B.: Water contamination</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die ökologischen Indikatoren, z. B.: <i>Greenhouse gases</i> erfolgen. Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können die ökologischen, ökonomischen und sozialen Indikatoren verwendet werden. Beispielsweise kann der Indikator <i>Employment</i> in Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen zu SDG3 "Good health and well-being", SDG13 "climate action" und SDG15 "Life on land" können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Employment</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Mit Hilfe des Indikators <i>Biodiversity</i> können Biodiversitätsaspekte bewertet werden.</p> <p>→ z. B.: Biodiversity</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren von Karvonen et al. (2017) lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren. Allerdings sollte dieses Indikatorenset um weitere Indikatoren erweitert werden, da weder Biomassepotenziale, noch Substitutionsaspekte direkt berücksichtigt werden.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensets von Karvonen et al. (2017) liegen in der direkten Anwendbarkeit der Indikatoren, ihrer ausführlichen Beschreibung, der Darstellung der Indikatoreinheiten und möglichen Datenquellen. Weitergehend überzeugt das Indikatorenset dadurch, dass alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit adressiert werden.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Schwächen liegen primär im Bereich der Lücken des Indikatorensets, welche sowohl im Bereich Biomassepotenziale, als auch im Bereich Substitutionsaspekte und Veränderungen innerhalb der Bioökonomie deutlich vorhanden sind.</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>Die Indikatoren sind nutzbar, weitere Indikatoren sind für ein ganzheitliches Bioökonomie-Monitoring jedoch erforderlich.</p>

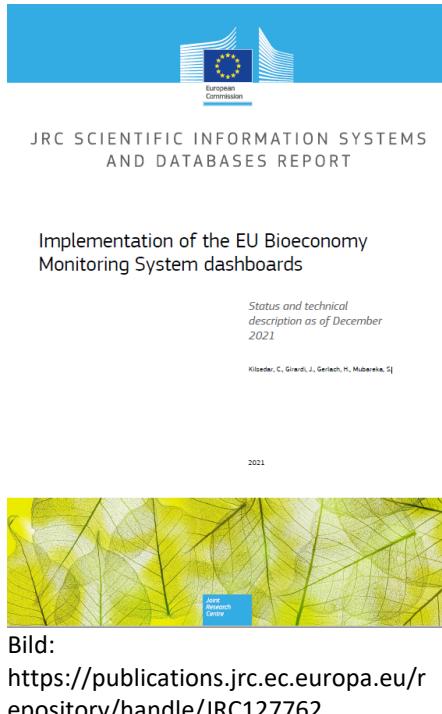
A.12.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

- Greenhouse gases (GHG)
- Fossil fuel use
- Fine particle emission
- Water contamination
- Land use and land use change
- Biodiversity
- Gross domestic production (GDP)
- Gross and/or local value added (G/LVA)
- Trade
- National supply security and self-reliance
- Employment
- Human health and wellbeing
- Accidents and work related diseases
- Equity
- Capacity and freedom
- Participation
- Rural development

A.13 Kilsedár et al. (2021): Implementation of the EU Bioeconomy Monitoring System dashboards

A.13.1 Factsheet



- ▶ Kilsedár, C., Girardi, J., Gerlach, H., Mubareka, S.
- ▶ Implementation of the EU Bioeconomy Monitoring System dashboards. Status and technical description as of December 2021
- ▶ URL:
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC127762>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"This document describes the progress made in 2021 for the development of the EU Bioeconomy Monitoring System. It contains an overview of the purpose of the system, its current status and future outlook for 2022. Technical details of the back-end and front-end are also provided. This is the second of an annual reporting scheme to document and inform the public of the progress in building the EU Bioeconomy Monitoring System" (Quelle: Kilsedár et al. 2021, S. 2).

A.13.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Kilsedár et al. 2021
Autor*in (Jahr): Titel	Kilsedár et al. 2021: Implementation of the EU Bioeconomy Monitoring System dashboards
Link	https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC127762/JRC127762_01.pdf
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: Kilsedár et al. 2021 beschreiben den Zweck, Stand und geben einen Ausblick auf das EU Bioeconomy Monitoring System Dashboards (https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/monitoring_en).

Kurztitel:	Kilsedár et al. 2021
	<p>Aufgabe ist die Fortschrittsmessung bei der Umsetzung der fünf EU-Bioökonomiestrategieziele. Diese sind eng mit den SDGs verbunden. Jedem Ziel sind normative Kriterien und diesen Key Components mit entsprechenden Indikatoren zugeordnet (Kilsedár et al. 2021, S. 3). Das Monitoring ist für mehrere geografische Level und anschlussfähig zu anderen EU-Zielen ausgelegt. Zudem soll es als Beispiel für andere dienen. Es liefert datenbasierte Beiträge für politische und öffentliche Diskussionen (Kilsedár et al. 2021, S. 10).</p> <p>Indikatoren allgemein:</p> <p>Es sind zehn Headline-Indikatoren der EU Bioeconomy Objectives ausgewählt, „to emphasize the value-added of the JRC knowledge“ (S. 33f).</p> <p>Den fünf Bioökonomiezielen mit ihren normativen Kriterien und Key Components sind 168 Indikatoren zugeordnet. Für die Dashboard Indikatoren werden in Kilsedár et al. 2021 (S. 49-93) Metadaten angegeben.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials:</p> <p>Der Ansatz bewertet Biomassepotentiale.</p> <p>Die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln wird in Masse, nach Sektor und Lieferkette angeben. Auch die Bestände bspw. von Holz und Fisch werden bewertet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Forest and other wooded land growing stock (1000m³) id:2.1.b.9 (Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced - Structural and functional ecosystem attributes)• Fish stock biomass in Northeast (NE) Atlantic & Mediterranean (Fish stock biomass – index 2003 = 100) id:2.1.b.11 (Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced - Structural and functional ecosystem attributes) <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale:</p> <p>Das Ziel der EU-Bioökonomiestrategie „Managing Natural Resources“ befasst sich mit den Grenzen, dem Management und den Beiträgen von Ökosystemdienstleistungen. Dementsprechend befassen sich viele Indikatoren direkt mit umweltgerecht verfügbaren Potentialen, bspw. der Headline-Indikator:</p> <ul style="list-style-type: none">• Long term ratio of annual fellings (m³/ha/year) to net annual increment (m³/ha/year) id:2.2.a.1.
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Ansätze:</p> <p>Dieses Monitoring System ist zugleich ausgerichtet auf eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft und gibt Hinweise auf zusätzliche Bedarfe.</p> <p>Das dritte Strategieziel „Reducing dependence on nonrenewable unsustainable resources, whether sourced domestically or from abroad“ befasst sich mit den Konsum-/Nutzungsmuster der Bioökonomie und deren Auswirkung auf eine nachhaltige Biomassen-Lieferkette (Normative Criterion 3.4).</p> <p>Indikatoren:</p> <p>Abschätzung zusätzlicher Bedarfe können bspw. mit folgenden Indikatoren getroffen werden:</p> <ul style="list-style-type: none">• Total biomass consumed for materials (1000 tonnes dry matter) id:3.4.a.3 (Consumption patterns of bioeconomy goods match sustainable supply levels of biomass -

Kurztitel:	Kilsedár et al. 2021
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Consumption and demand for biomass and bio-based products)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liquid biofuels production (bioethanol, pure biogasoline, biodiesel, bio jet kerosene and other liquid biofuels) (1000 tonnes) id:3.4.b.1 (Consumption patterns of bioeconomy goods match sustainable supply levels of biomass - Production of bio-based products)
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Verschiebungen und Veränderungen der Biomassenutzungen werden auf verschiedenen geografischen Ebenen und z.T. nach Sektoren adressiert, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Economic productivity (GVA/unit biomass / sector) id:5.1.a.4 (Economic development is fostered - Contribution of bioeconomy to economic development) <p>Veränderte Stoffströme auf Prozess-/Produktbene werden nicht direkt abgebildet, allerdings bilden einige Indikatoren den Weg zur biobasierten Wirtschaft ab, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Share of consumption of bio-based plastics, textiles and chemicals (%) id:3.4.c.4 (Consumption patterns of bioeconomy goods match sustainable supply levels of biomass - Reduced dependence on nonrenewable resources) • Cascading factor of wood resources (factor) id:3.1.c.1 (Resource efficiency, waste prevention and waste-re-use along the whole bioeconomy value chain is improved - Biogenic waste prevention, reuse/recycling, and recovery)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Umweltwirkungen der Ausweitung der Biomassenutzung sind konzeptionell verankert.</p> <p>Mehrere Indikatoren berücksichtigen zusätzliche und z.T. neue Nutzungen, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Environmental impacts based on product-based LCA and basket of representative products of the bioeconomy id:3.3.a.3 (Bioeconomy should promote sustainable production and consumption of biomass and biobased products (within EU) - Bio-based products environmental impacts) • Fraction of primary residues remaining in forest (percent) id:2.2.a.2 (Primary production sectors are managed sustainably - Pressures from Forest Management) • Fishing mortality of commercially exploited fish and shellfish exceeding fishing mortality at maximum sustainable yield (F/FMSY) id:2.2.b.2 (Primary production sectors are managed sustainably - Pressures from marine fisheries & aquaculture management)

Kurztitel:	Kilsedár et al. 2021
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Anschlussfähigkeit ist zentrales Ziel dieses Monitorings. Die Indikatoren sind unterteilt in die fünf Zielen der EU-Bioökonomiestrategie und gemappt mit den SDGs und den EU Green Deal Prioritäten. (Kilsedár et al. 2021, S. 6)
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Die Struktur des Monitorings basiert auf den Zielen der EU-Bioökonomiestrategie. Diesen sind normative Kriterien und Key Components mit Indikatoren zugeordnet. Es gibt zehn Headline Indikatoren (Kilsedár et al. 2021, S. 33f).
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	In Kilsedár et al. 2021 wird keine Gewichtung beschrieben.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Headline Indicators	Thema 2: All Indicators
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	2	2
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2	2
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	2	2
Umweltwirkungen der Ausweitung?	2	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1	1
Planetare Grenzen und SDGs?	2	2
Hierarchisierung / Priorisierung?	1	1
Gewichtung?	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.13.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Kilsedár et al. (2021)		x	x	x	x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Kilsedár et al. (2021)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Auf Seiten der Produktion ist der Indikator <i>2.3.a.1 Biomass production in EU from primary production sectors (agriculture, forests, fisheries, algae, waste)</i> der Key Component Provisioning services besonders geeignet, um den Umfang der biobasierten Produkte (und somit das Biomassepotenzial) darzustellen. Ob dieser auch als umweltgerecht eingestuft werden kann, ist ungewiss.</p> <p>Andererseits können die Indikatoren der Key Components Pressures from Forest Management (z. B.: <i>2.2.a.1 Long term ratio of annual fellings to net annual increment</i>) und der Key Component Pressures from Agro-ecosystems (z. B.: <i>2.2.d.5 Intensification of farming (share of high, medium and low input farms in UAA)</i>) für die Darstellung des Zustandes der unterschiedlichen Biomasselandnutzungen verwendet werden. Ein guter Zustand kann gegebenenfalls mit umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen in Verbindung gebracht werden.</p> <p>➔ z. B.: Biomass production in EU from primary production sectors (agriculture, forests, fisheries, algae, waste)</p>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	<p>Durch die Zunahme des Indikatorwertes <i>5.1.a.2 Value added per sector/Bioeconomy value added</i> oder <i>5.1.b.1 Turnover in bioeconomy per sector</i> der Key Component Value of raw and processed biomass, value added in bioeconomy sectors kann eine Veränderung innerhalb der Biomasseströme erkennbar gemacht werden.</p> <p>Im Hinblick auf die Beschäftigtenzahlen kann auch der Indikator <i>number of enterprises in bioeconomy</i> (5.1.d.3 der Key Component Comparative advantage) oder Indikator <i>5.2.a.1 Persons employed per bioeconomy sectors</i> (Key Component Employment in bioeconomy) verwendet werden.</p> <p>➔ z. B.: Value added per sector/Bioeconomy value added</p>

Titel	Kilsedár et al. (2021)
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Wie auch zuvor, kann der Indikator <i>number of enterprises in bioeconomy</i> (5.1.d.3 der Key Component Comparative advantage) oder Indikator 5.2.a.1 <i>Persons employed per bioeconomy sectors</i> (Key Component Employment in bioeconomy) verwendet werden, um neue Nutzungen darzustellen.</p> <p>Im Hinblick auf Umweltwirkungen erscheint insbesondere der Indikator 3.3.a.3 <i>Environmental impacts based on product-based LCA and basket of representative products of the bioeconomy</i> als der Key Component Bio-based products environmental impacts äußerst geeignet um Auswirkungen auf die Umwelt abzubilden. Allerdings liegen für diesen Indikator bis dato keine Daten vor. Weitergehend können alle Indikatoren der Key Component Environmental quality (2.1.a.1-2.1.a.8, darunter beispielsweise Indikator 2.1.a.4 und 2.1.a.4. <i>Nitrate in groundwater und Nitrate in rivers</i> verwendet werden, um Umweltwirkungen zu bewerten. Allerdings haben diese Indikatoren keinen direkten Bezug zu neuen Nutzungen.</p> <p>→ z. B.: Nitrate in groundwater</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Der Indikator 3.4.c.1 <i>Share of renewables for transport, electricity and heating & cooling</i> der Key component Reduced dependence on non-renewable resources ist geeignet, um Substitutionseffekte darzustellen.</p> <p>→ z. B.: Share of renewables for transport, electricity and heating & cooling der Key component Reduced dependence on non-renewable resources</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Folgende drei Arten an Indikatoren sind geeignet, um die Umweltvorteilhaftigkeit eines bio-basierte Produktes wiederzugeben, sofern sie auf der Ebene der Produkte vorliegen. Alle Indikatoren der Key Component Environmental quality (2.1.a.1-2.1.a.8, darunter beispielsweise Indikator 2.1.a.4 und 2.1.a.4. <i>Nitrate in groundwater und Nitrate in rivers</i>) sind geeignet, um Umweltauswirkungen, positive wie negative, darzustellen. Darüber hinaus können alle Indikatoren der Key Component Structural and functional ecosystem attributes (2.1.b.2-2.1.b.11), darunter beispielsweise Indikator 2.1.b.4 <i>Share of organic farming in utilized agricultural area</i> verwendet werden, um Einflüsse auf die Umwelt im Sinne von Ökosystemen wiederzugeben. Zusätzlich dazu können Indikatoren der Key Component Biogenic waste prevention, reuse/recycling, and recovery, darunter primär Indikator 3.1.c.1 <i>Cascading factor of wood resources</i> oder 3.1.c.2 <i>Circulat material rate</i> verwendet werden, um die Umweltvorteilhaftigkeit eines Produktes hervorzuheben.</p> <p>→ z. B.: Cascading factor of wood resources</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Bezüge zum Konzept der planetaren Grenzen können beispielsweise über die Indikatoren mit Fokus auf Klimawandel, d. h. die Indikatoren 4.1.a.3 <i>net GHG emissions from agriculture</i> oder Indikator 4.1.a.6 <i>net GHG emissions from LULUCF</i>) hergestellt werden. Vor allem zu den SDGs sind bereits Bezüge hergestellt, da im Indikatorenset von Kilsedár et al. (2021) bereits aufgelistet wird, mit welchen SDGs die Indikatoren in Verbindung stehen.</p> <p>→ z. B.: net GHG emissions from agriculture</p>

Titel	Kilsedár et al. (2021)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?	Biodiversitätsaspekte können mit den Indikatoren der Key Component Species diversity (2.1.d.1-2.1.d.2), und der Key Component Conservation status of habitats and species (2.1.e.1-2.1.e.3), beispielsweise Indikator 2.1.e.1 <i>Surface of marine and terrestrial sites designated under Natura 2000</i> , bewertet werden. → z. B.: Species diversity and abundance
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	Ja, die Indikatoren lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.
Stärken	Stärken liegen in der Tatsache, dass das Indikatorenset weitestgehend vollständig ist, auf EU Ebene anwendbar sein soll und bereits Verbindungen zu den SDGs bestehen.
Schwächen	Zahlreiche Indikatoren weisen keine geeignete Datengrundlage auf. Darüber hinaus ist nicht klar, ob die Indikatoren und folglich auch die Daten für die Indikatoren spezifisch auf Ebene der einzelnen Bioökonomiesektoren oder auf Ebene der Produkte vorliegen.
Nutzbarkeit	Ja.

A.13.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Zu umfangreich, siehe Kilsedár, S. 35 ff.

A.14 Lier et al. (2018): Synthesis on bioeconomy monitoring systems in the EU Member States – indicators for monitoring the progress of bioeconomy

A.14.1 Factsheet

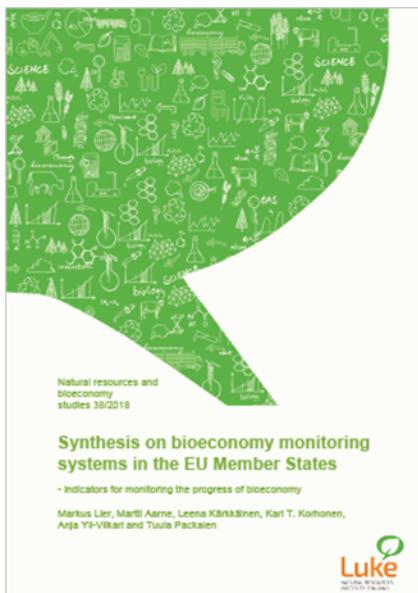


Bild: <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/07/Synthesis-on-bioeconomy-monitoring-systems-in-the-EU-Member-States.pdf>

- ▶ Markus Lier, Martti Aarne, Leena Kärkkäinen, Kari T. Korhonen, Anja Yli-Viikari, Tuula Packalen (2018)
- ▶ Synthesis on bioeconomy monitoring systems in the EU Member States – indicators for monitoring the progress of bioeconomy
- ▶ URL: <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/07/Synthesis-on-bioeconomy-monitoring-systems-in-the-EU-Member-States.pdf>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"The urgent need to shift our economy towards a more sustainable, resource-efficient economy based on renewable resources that either makes less use of fossil resources or dispenses with them entirely, the so called bioeconomy, has been recognized all over Europe. As a result, many EU Member States (EU MS) have formulated national and regional bioeconomy strategies, related policies or initiatives. An important tool for the successful implementation of a strategy is the monitoring and evaluation of the success of the measures undertaken to reach the strategy's goals. The European Commission (EC) review report of the EU Bioeconomy strategy concluded the need for better monitoring and assessment frameworks, "new actions are needed to develop relevant indicators and scientific evidence for policy making, and to implement a more holistic monitoring and assessment framework" (EC 2017). However, up to now, there is no commonly agreed set of indicators to measure the bioeconomy at EU level. Because the main drivers for the transition towards a bioeconomy often strongly vary between EU MS on the country-specific economic and ecological settings, legal framework, and social demands, also the national or regional bioeconomy strategies vary in their goals and measures. Consequently, proxies and indicators used to measure the development of a national bioeconomy or the success of a bioeconomy strategy depend on the national goals, and are therefore often not applicable in any other country. Nevertheless, synchronizing the national bioeconomy monitoring-activities is necessary to ensure comparability of the results of the national monitoring systems. As a first step towards a common European bioeconomy monitoring-activity, it is crucial to get an overview over the numerous scattered ongoing monitoring activities at EU MS level. Therefore, there is the need for an overview study presenting information on existing approaches of monitoring bioeconomy strategies in the EU MS. This report presents an overview of existing bioeconomy strategies, policies or related initiatives and indicators to monitor and assess these at EU MS level, and the importance of existing bioeconomy sectors at national level. Furthermore, it presents the existing or needed most suitable bioeconomy key

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

indicators and related indicators, and their respective data availability, for assessing and monitoring the progress of a bioeconomy at national level. The identified most suitable bioeconomy indicators important and feasible at the national context, can contribute to the further discussions when setting the frame for the development of a common EU bioeconomy monitoring system" (Quelle: Lier et al. 2018, S. 3).

A.14.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Lier et al. 2018:
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Lier et al. 2018 fassen Ansätze des Bioökonomie-Monitorings auf internationaler, EU und Mitgliedsstaatenebene sowie bereits entwickelte Indikatoren und deren Datenverfügbarkeit zusammen. Basierend auf einer Befragung wurden Schlüsselindikatoren destilliert.</p> <p>Indikatoren allgemein: Die Indikatoren sind den fünf EU-Bioökonomiezielen zugeordnet, mit 30 Schlüsselindikatoren (Tabelle 10, S. 26) und 165 ergänzenden Indikatoren (Annex 3).</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Unter dem Ziel „Managing natural resources sustainably“ sind als Schlüsselindikatoren zu Potentialen bspw. Resource availability und Sustainable resource use zugeordnet.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Neben Resource availability kann der Schlüsselindikatoren Land cover zur Bewertung von Umweltgerechtigkeit herangezogen werden. Unter den zusätzlichen Indikatoren kann bspw. „Standing and lying dead wood in forests“ genannt werden.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche</u> Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Die Ansätze orientieren sich an den Zielen der EU-Bioökonomiestrategie. Insbesondere hervorheben kann man das Ziel „Managing natural resources sustainably“.</p> <p>Indikatoren: Diesem Ziel sind nachfolgende Indikatoren zugeordnet:</p> <ul style="list-style-type: none">• „Land cover,• Resource availability• Sustainable resource use• Environmental protection• Public financial support and private investment for ecosystem services• Investment in research and innovation“ (S. 26)
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	Verschiebungen und Veränderungen der Biomasseströme werden nicht direkt abgebildet. Allerdings können diese zu einem Teil unter dem Ziel der EU-Bioökonomiestrategie „Reducing dependence on non-renewable resources“ bspw. mit folgenden Schlüsselindikatoren grob abgeschätzt werden:

Kurztitel:	Lier et al. 2018:
	<ul style="list-style-type: none"> • Production of renewable energy (share of renewable resources on the total energy production, %) • Material and waste recycling and recovery rates <p>Hervorheben kann man zudem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material replacing non-renewable resources <p>Einzelne der ergänzenden Indikatoren (Annex 3) können für die Bewertungen von Verschiebungen zusätzlich hinzugezogen werden.</p>
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	Zusätzlichen Nutzungen können im Rahmen der Vorschläge von Lier et al. 2018 nicht konkret bewertet werden. Allerdings werden neben den oben genannten Schlüsselindikatoren zum Ressourcenmanagement Umweltwirkungen, die mit dem Ziel Mitigation and adapting climate change korrespondieren aufgeführt, bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • Carbon sequestration • Forest carbon emissions/sinks
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Eine Umweltvorteilhaftig kann indirekt mit einzelnen Indikatoren erschlossen werden, allerdings sind keine der Schlüsselindikatoren auf Produkt- oder Prozessebene angegeben.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Die Schlüsselindikatoren werden nach den Zielen der EU-Bioökonomiestrategie gruppiert und sind damit hierfür anschlussfähig. Die durchgeführte Befragung fundiert die Tauglichkeit der vorgeschlagenen Schlüsselindikatoren.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Pro Strategieziel werden fünf oder sechs Schlüsselindikatoren hervorgehoben und um zugehörige Indikatoren ergänzt.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es erfolgt keine Gewichtung der Schlüssel- oder zugehörigen Indikatoren.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Key indicators
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	0

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Key indicators
Planetare Grenzen und SDGs?	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	1
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.14.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbe zogen	Strategieb ezogen bzw. politikbez ogen	Landnutzu ng	Landnutzu ngsänderu ng	Biodiversi tät & Ökosyste me	Aspekte der Wertschö pfungsket te	Ressource nschonun g
Lier et al. (2018)		x	x		x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Lier et al. (2018)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Die Indikatoren von Lier et al. (2018), die in Verbindung mit dem Bioökonomieziel „Managing natural resources sustainably“ stehen, erlauben die Bewertung des verfügbaren Biomassepotenzials. Hierzu zählt insbesondere der Schlüsselindikator <i>Resource availability</i>. Dieser umfasst die Indikatoren <i>Growing stock on forests available for wood supply (1000 m3)</i>, <i>Freshwater resources (billion m3)</i> und <i>Fish resources (tonnes)</i> und ermöglicht die Ermittlung des Biomassepotenzials. Allerdings ist hierfür noch nicht dargestellt, ob die Potenziale als umweltgerecht bewertet werden können. In dieser Hinsicht können von Seite der Verwendung auch die Indikatoren des Schlüsselindikators <i>Sustainable resource use</i> hinzugezogen werden. Diese beinhalten die Indikatoren <i>Sustainable forestry</i> und <i>Sustainable agriculture</i>.</p> <p>➔ z. B.: Fish resources (tonnes)</p>

Titel	Lier et al. (2018)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?</p>	<p>Eine Verschiebung der Biomassenutzung kann auf mehreren Ebenen dargestellt werden. Auf Basis der Ausgangsstoffe kann eine Verschiebung der Biomassenutzung innerhalb der Bioökonomie mit den Schlüsselindikatoren <i>Land cover, Resource availability und Sustainable resource use</i> nach dem je-mehr-vom-einen-desto-weniger-vom-anderen-Prinzip dargestellt werden. Auf Basis des <i>Umsatzes, der Investments, der Beschäftigtenzahl oder der Wertschöpfung</i> kann ebenso eine Verschiebung der Biomassenutzung innerhalb der Bioökonomie bewertet werden. Hierbei bietet das Indikatorenset von Lier et al. (2018) durch die Differenzierung in beispielsweise Food sector, Bioeconomy goods, Renewable energy, Water purification and distribution, Transportation of bio-based raw materials/products and Bioeconomy services bereits die Möglichkeit zwischen verschiedenen Biomassenutzungen zu unterscheiden. Beispielsweise kann der Schlüsselindikator Contribution to the GDP (%) hierbei verwendet werden.</p> <p>→ z. B.: Contribution to the GDP (%)</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Neue Nutzungen können grundsätzlich durch Indikatoren mit Bezug zum <i>Umsatzes, der Investments, der Beschäftigtenzahl oder der Wertschöpfung</i> bewertet werden. Diese Indikatoren befassen sich jedoch primär mit dem Umfang neuer Nutzungen. Im Hinblick auf die Umweltwirkungen dieser neuen Nutzungen ist auf weitere Indikatoren mit direktem Umweltbezug zurückzugreifen. Dazu zählen beispielsweise die Indikatoren mit Bezug zum Bioökonomieziel „Mitigating and adapting climate change“. Der Indikator <i>Forest carbon emissions</i> kann beispielsweise dazu verwendet werden, die Umweltwirkung im Kontext Emissionen zusätzlicher Holznutzung darzustellen. Weitergehend können die Indikatoren des Bioökonomieziels „Managing natural resources sustainably“ verwendet werden um Umweltwirkungen im Bereich <i>Flächenbelegung, Verfügbarkeit, nachhaltige Bewirtschaftung, Umweltschutz</i> darzustellen. Über die Koppelung mit ökonomischen Indikatoren, wie beispielsweise die Beschäftigtenzahl, kann ermittelt werden, welche Umweltwirkungen in welchem Maße in den Bioökonomiebranchen mit hoher Beschäftigtenzahl auftreten.</p> <p>→ z. B.: Forest carbon emissions</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Mit Hilfe der Indikatoren mit Bezug zum Bioökonomieziel „Reducing dependence on non-renewable resources“, insbesondere den Indikatoren <i>Material replacing non-renewable resources (biomaterials)</i> kann die Wirkung einer Substitution bewertet werden. Weitergehend kann der Schlüsselindikator <i>Production of renewable energy (share of renewable resources on the total energy production, %)</i> und seine Unterindikatoren und ferner die Schlüsselindikatoren <i>Production of biofuels and biogas (toe)</i> und <i>Material and waste recycling and recovery rates (toe)</i> dazu verwendet werden, diese Substitution bzw. Substitutionseffekte darzustellen.</p> <p>→ z. B.: Material replacing non-renewable resources (biomaterials)</p>

Titel	Lier et al. (2018)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Um die Umweltvorteilhaftigkeit der gesamten Bioökonomie zu bewerten, können sämtliche Indikatoren mit Umweltbezug, wie beispielsweise die Indikatoren des Bioökonomieziels „Reducing dependence on non-renewable resources“, dabei z. B. der Indikator <i>Production of renewable energy (share of renewable resources on the total energy production, %)</i>, oder die Indikatoren des Bioökonomieziels „Mitigating and adapting climate change“ (zB. Indikator <i>Carbon sequestration (CO₂ eq. tonnes)</i>) verwendet werden. Allerdings ermöglichen diese Indikatoren keine oder nur eine geringe Differenzierung in Produkte bzw. Prozesse. Auch das Bioökonomieziel „Managing natural resources sustainably“ enthält Indikatoren, die die Umweltvorteilhaftigkeit ausdrücken können, wie z. B. <i>Nitrogen balance (kg/ha)</i>. Sofern diese Informationen auf Produktebene vorliegen, können diese Indikatoren verwendet werden, um die Umweltvorteilhaftigkeit von Produkten abilden zu können.</p> <p>→ z. B.: Nitrogen balance (kg/ha)</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über Indikatoren des Schlüsselindikators <i>Carbon sequestration (CO₂ eq. tonnes)</i> hergestellt werden. Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können einerseits <i>ökonomische Indikatoren</i>, als auch <i>soziale und ökologische Indikatoren</i> verwendet werden. Beispielsweise kann der Schlüsselindikator <i>Number of employed persons in rural and urban areas (1000 persons)</i> und seine Unterindikatoren in Verbindung zu SDG1 „No poverty“ stehen. Weitere Verbindungen zu SDG2 „No hunger“, SDG3 „Good health and well-being“, SDG7 „Clean energy“, SDG8 „decent work and economic growth“, SDG9 „Industry, Innovation and infrastructure“, SDG12 „responsible consumption and production“, SDG13 „climate action“ und SDG15 „Life on land“ können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Number of employed persons in rural and urban areas (1000 persons)</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Hierfür kann direkt der Schlüsselindikator <i>Environmental protection</i> und seine Unterindikatoren verwendet werden. Dazu zählen beispielsweise <i>Standing and lying dead wood in forests (m³/ha)</i>, <i>Number of threatened species oder Protected forest areas (1000 ha)</i> und weitere.</p> <p>→ z. B.: Agricultural areas under Natura 2000 (1000 ha)</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus von Lier et al. (2018) lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren und decken alle relevanten Bereiche ab. Jedoch sind die Indikatoren nicht auf allen erforderlichen Ebenen (z. B. auf Ebene der Bioökonomiesektoren) vorhanden, wodurch manche Indikatoren disaggregiert oder untereinander gekoppelt werden müssen.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensets von Lier et al. (2018) liegen in der partiellen Differenzierung in Bioökonomiesektoren und der Tatsache, dass die Indikatoren auf EU Ebene anwendbar sind.</p>

Titel	Lier et al. (2018)
Schwächen	Schwächen liegen demzufolge in der Tatsache, dass nicht für alle Indikatoren diese Differenzierung in Bioökonomiebranchen bzw. Produkte möglich ist.
Nutzbarkeit	Die Indikatoren sind nutzbar, müssen jedoch partiell disaggregiert oder gekoppelt werden. Datenquellen sind noch zu ermitteln.

A.14.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Creating jobs and maintaining competitiveness

- Number of employed persons in rural and urban areas
- Value added
- Contribution to the GDP
- Investment in research and innovation
- Exports
- + Import (identified by the correspondents after the online-survey)

Reducing dependence on non-renewable resources

- Production of renewable energy and Production of biofuels and biogas combined
- Material and waste recycling and recovery rates
- Material replacing non-renewable resources
- Public financial support and private
- Investment in research and innovation

Mitigating and adapting climate change

Carbon sequestration

- Forest carbon emissions/sinks
- Greenhouse gas emissions from agriculture
- Water area carbon emissions/sinks
- Public financial support and private investments
- Investment in research and innovation

Ensuring food security

- Domestic food supply of food commodities in terms of production, import/ stock change
- Agricultural products
- Fish products
- Non-wood forest products
- New food products
- Public financial support and private
- Investment in research and innovation

Managing natural resources sustainably

- Land cover
- Resource availability
- Sustainable resource use
- Environmental protection
- Public financial support and private investments for ecosystem services
- + Investment in research and innovation
- (identified by the correspondents after the online-survey)

A.15 Linser und Lier (2020): The Contribution of Sustainable Development Goals and Forest-Related Indicators to National Bioeconomy Progress Monitoring

A.15.1 Factsheet



The screenshot shows the article's header, author information, abstract, and a portion of the text. The header includes the journal logo 'sustainability', the volume 'Article', the title, and the authors' names. The abstract discusses the relationship between bioeconomy and SDGs, focusing on eight countries' strategies and indicators. The text block below the abstract continues the analysis of SDG coverage and indicator types.

- ▶ Stefanie Linser und Markus Lier (2020)
- ▶ The Contribution of Sustainable Development Goals and Forest-Related Indicators to National Bioeconomy Progress Monitoring
- ▶ URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/7/2898>

Bild: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/7/2898>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

„A sustainable and circular bioeconomy is a pathway to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) by 2030 because the bioeconomy relates to a number of SDGs. We therefore focused on whether and how these SDGs are considered in national bioeconomy strategies, and on their indicator-based progress monitoring and assessment. This paper is based on eight countries that already have elaborated indicators in their national bioeconomy strategies. We analyzed the coverage of SDG issues in national bioeconomy strategies and the indicators used. We focused on how the different national indicators used to monitor the progress of the bioeconomy are related to the SDG indicators and the already well-established and widely applied intergovernmental regional or international forest-related indicators, as the forest sector is one of the key sectors for the development of a bioeconomy. Our material and methods are based on a document review and qualitative analysis of national bioeconomy strategies and their inherent indicator sets for progress monitoring. Based on our findings on the coverage of SDG-related issues of up to 14 out of the 17 SDGs in the bioeconomy strategies and of the high share of forest-related indicators within the bioeconomy indicators used, we derive recommendations for the further development of bioeconomy indicators. Our paper does not contribute to proposing the most suitable indicators, but it does encourage national and regional actors to carefully and holistically develop their bioeconomy monitoring systems using synergies from the already existing SDGs and forest monitoring processes“ (Quelle: Linser und Lier 2020, S. 1)

A.15.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Linser und Lier 2020
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Linser und Lier 2020 untersuchen nationale Bioökonomie-Strategien und Projekte hinsichtlich ihres Bezugs zu SDGs und Sustainable forest management (SFM). Nachhaltige Forstwirtschaft wird als zentraler Schlüssel herausgestellt. Ein weiteres Kriterium ist die Messung von Maßnahmen und deren Fortschritt (S. 4).</p> <p>Indikatoren allgemein: Linser und Lier 2020 plädieren für die Integration bereits erarbeiteter Indikatoren insbesondere zu den SDGs und aus dem nachhaltigen Forstwirtschaftsmonitoring (S. 13). Sie schlagen keine neuen Indikatoren vor. Die untersuchten acht Bioökonomie-Strategien umfassen 99 Indikatoren und die drei Bioökonomie Indikatoren-Projekte beinhalten 67 Indikatoren (S. 5; Indikatoren: S. 18ff). Unter den SDG-Indikatoren werden 36 mit einem Bezug zu den SDGs herausgearbeitet (und 244 ohne Bezug). Linser und Lier 2020 bewerten, ob die untersuchten Strategien und Projekte relevanten SDG-Targets und Indikatoren abbilden (Abb. 3, S. 9). Die SFM-Indikatoren wurden auf der Grundlage von Linser und O'Hara 2019¹³ hinsichtlich ihres Bezugs zur Forstwirtschaft untersucht (S. 7).</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Der Untersuchungsansatz befasst sich nicht direkt mit Biomassepotentialen, sondern ist eine Ebene höher angesiedelt, nämlich mit dem Abgleich der nationalen Strategien und Projekten mit den SDGs und SFMs. Wichtige Ergebnisse von Linser und Lier 2020 sind, dass bisher überwiegend ökonomische Indikatoren ausgewählt wurden und solide ökologische Indikatoren eher rar sind. Ökologische Indikatoren wurden selten und in weniger hohen Qualität erhoben (S. 10).</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Einzelne Indikatoren zu nationalen Strategien gehen direkt auf umweltgerecht verfügbare Potentiale ein, bspw.: Growth and harvested volumes of standing timber – Finland (National Bioeconomy Strategy 2014)</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Neben Ansätzen, die auf Veränderungen der Biomasse-Nutzung und Wertschöpfung zielen, werden technische Entwicklungen in der Produktion mit einbezogen. Einige Indikatoren bilden die zusätzlichen Bedarfe durch die Ersetzung fossiler Rohstoffe ab, bspw.:</p> <p>Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none">• Material replacing non-renewable resources (bio-materials) – MontBioeco (2018)• Greenhouse gas emissions avoided – Finland (National Bioeconomy Strategy 2014)

¹³ Linser, S.; O'Hara, P. Guidelines for the Development of a Criteria and Indicator Set for Sustainable Forest Management. ECE/TIM/DP/73; United Nations: Geneva, Switzerland, 2019. (<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32430.36168/1>).

Kurztitel:	Linser und Lier 2020
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Stoffstrom-Verschiebungen werden selten detailliert nach Wirtschaftszweigen bewertet.</p> <p>Teilweise werden Indikatoren angegeben, die gegenwärtige und zukünftige Veränderungen beeinflussen, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Imports & Exports of bioeconomy subsectors related goods – Italy (National Bioeconomy Strategy 2018) <p>IPRs (patent, trademark, design) applications in bioeconomy subsectors – Italy (National Bioeconomy Strategy 2018)</p>
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Direkte Zuordnungen der Umweltwirkungen werden nicht vorgenommen.</p> <p>Auf allgemeinerer Ebene können Umweltwirkungen der Biomassenutzung und Umweltvorteilhaftigkeit erschlossen werden, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Greenhouse gas emissions from agriculture – MontBioeco (2018) Indirect land use/embodied land for agriculture and forestry products – EFI (2016)
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Umweltvorteilhaftigkeit kann mittels einiger Indikatoren indirekt abgeleitet werden.</p> <p>Direkte Vergleiche auf Prozess/Produktebene sind bei den untersuchten Strategien/Projekten nicht prioritär.</p>
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>Die Indikatoren der SDGs und der Nachhaltigen Forstwirtschaft sind zentrale für Linser und Lier 2020.</p> <p>Hierfür wurden die Indikatoren der nationalen Bioökonomie-Strategien auf deren Integration der SDGs und SFM hin untersucht. Linser und Lier 2020 stellen heraus, dass zweidrittel der in den Strategien und Projekten genutzten 14 Bioökonomie-relevanten SDG-Indikatoren einen Bezug zur Forstwirtschaft haben (S. 12 und Abbildung 4, S. 13).</p>
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	<p>Es werden keine eigenen Indikatoren oder Hierarchisierungen vorgeschlagen.</p> <p>Die Abdeckung der SDG-Ziele und -indikatoren der nationalen Strategien wird dargestellt (Abbildung 3, S. 9).</p>
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine Gewichtung statt.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Nationale Bioökonomie Strategien plus Projekte
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1

Bewertung Monitoringystem:	Thema 1: Nationale Bioökonomie Strategien plus Projekte
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1
Planetare Grenzen und SDGs?	2
Hierarchisierung / Priorisierung?	0
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.15.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbe zogen	Strategieb ezogen bzw. politikbez ogen	Landnutzu ng	Landnutzu ngsänderu ng	Biodiversi tät & Ökosyste me	Aspekte der Wertschö pfungsket te	Ressource nschonun g
Linser and Lier (2020)		x	x		x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Linser and Lier (2020)
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?</p>	<p>Die in Linser und Lier (2020) gelisteten Indikatoren beinhalten einerseits die Indikatoren der Nationalen Bioökonomiestrategien 5 ausgewählter Länder, als auch die von drei analysierten Projekten. Im Hinblick auf die Bewertung umweltgerecht verfügbare Biomassepotenziale können insbesondere die Indikatoren <i>Sustainable resource use, Sustainability threshold levels for bioeconomy technologies, Primary Biomass production</i> verwendet werden. Weitergehend können auch die Indikatoren <i>Agricultural biomass production, Forestry biomass production, Waste biomass production</i> verwendet werden, es ist jedoch unklar ob diese Indikatoren Informationen über die Umweltgerechtigkeit der Potenziale wiedergeben.</p> <p>Ferner könnten auch die Indikatoren <i>Total use of natural resources, Growth and harvested volumes of standing timber, Growth and harvested volumes of cereal crops, Growth and harvested volumes of fish bag</i> zur Anwendung kommen.</p> <p>→ z. B.: Sustainable resource use</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?</p>	<p>Eine Verschiebung der Biomasseströme kann beispielsweise mit den Indikatoren <i>Employment and Output by industry, Bioeconomy investments, Employment in bioeconomy sectors and estimated yearly Income, Firms in total bioeconomy sectors, Firms in bioeconomy subsectors, Innovative start up in total bioeconomy sectors, Innovative start up in bioeconomy subsectors, Employment in total bioeconomy sectors, Employment in bioeconomy subsectors, R&D employment in total bioeconomy sectors, R&D employment in bioeconomy subsectors</i> dargestellt werden. Deren Zunahme kann mit einer Zunahme an Biomasseströmen korrelieren.</p> <p>→ z. B.: Employment in bioeconomy sectors and estimated yearly Income</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?</p>	<p>Eine Bewertung von neuen zusätzlichen Nutzungen kann grundsätzlich mit den Indikatoren zu Forschung, Innovation und Investition abgebildet werden.</p> <p>Dazu zählen beispielsweise die Indikatoren <i>R&D costs, Number of publications and citations in high impact journals per capita, Size of bio-innovation workforce as percentage of science and technology workforce, Bio-economy research and development as a percentage of "Gross Expenditure on Research and Development" (GERD), Number of patents granted</i>. Diese Indikatoren geben jedoch noch keine Informationen über die Umweltwirkungen. Hierzu könnten beispielsweise Verbindungen zu den Indikatoren <i>Greenhouse gas emissions avoided, Endangered species, Ecosystem services, Water footprint, natural resources index, Indirect land use/embodied land for agriculture and forestry Products, Red List Index of threatened species, Carbon footprint of the forest and harvested wood chain (carbon stock changes), Greenhouse gas balance (emissions and sequestration), Carbon sequestration, Forest carbon emissions/sinks, Greenhouse gas emissions from agriculture, Water area carbon emissions/sinks</i> hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: R&D costs</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer</p>	<p>Substitutionsaspekte können mit den Indikatoren <i>Material and waste recycling and recovery rates</i>,</p>

Titel	Linser and Lier (2020)
Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	<p><i>Material replacing non-renewable resources (bio-materials), Bio-energy replacing non-renewable energy, Bio-material replacing non-renewable resources, Biomass self-sufficiency rate und Material use efficiency</i> abgebildet werden. Insgesamt betrachtet kann auch der Indikator <i>Share of renewable energy in gross final energy Consumption</i> dazu verwendet werden, um die Substitution fossiler Produkte indirekt wiederzugeben.</p> <p>→ z. B.: Bio-energy replacing non-renewable energy</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Die Umweltvorteilhaftigkeit von biobasierten Produkten kann mit mehreren Indikatoren dargestellt werden. Beispielsweise eignet sich hierfür der Indikator <i>Certified bio-based products</i>. Durch die Zertifizierung kann sichergestellt werden, dass das biobasierte Produkte mit einer Umweltvorteilhaftigkeit verbunden ist. Weitergehend kann der Indikator <i>Greenhouse gas emissions avoided</i> zur Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit verwendet werden. Sofern die Informationen auf Produktbene vorliegen, können auch die Indikatoren <i>Resource productivity, Renewable energy, share of total energy consumption, Waste processing and materials recovery market, Resource use und Resource and materials eciency</i> hierfür verwendet werden. Mit Blick auf die Auswirkungen kann auch auf die Indikatoren <i>Indirect land use/embodied land for agriculture and forestry products</i> zurückgegriffen werden.</p> <p>→ z. B.: Certified bio-based products</p>
Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?	<p>Im Rahmen der Studie wurden bereits Bezüge zu den SDGs hergestellt. So wird dargestellt, wie viele Indikatoren aus den Bereichen „Wald-bezogene Indikatoren“ und „Anderweitige Bioökonomie-Indikatoren“ sich auf die einzelnen SDGs beziehen. Insbesondere zu SDG9 „Industry, innovation and infrastructures“ können zahlreiche Bezüge hergestellt werden (> 40 Indikatoren). Hierzu zählt beispielsweise der Indikator <i>Innovative start up in total bioeconomy sectors</i>.</p> <p>Bezüglich dem Konzept der planetaren Grenzen kann über die THG Indikatoren eine Verbindung hergestellt werden. Hierzu zählt beispielsweise der Indikator <i>Public financial support and private investments for mitigating and adaptation</i>.</p> <p>→ z. B.: Public financial support and private investments for mitigating and adaptation</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?	<p>Die Bewertung von Biodiversitätsaspekten kann beispielsweise mit den Indikatoren <i>Endangered species, Ecosystem services, Environmental protection und Biodiversity</i> erfolgen.</p> <p>→ z. B.: Biodiversity</p>
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	<p>Ja, zur direkten Nutzung der Indikatoren muss allerdings auf die jeweilige Literatur zurückgegriffen werden. Die in Linser and Lier (2020) dargestellten Indikator liefern keine Hintergrundinformationen zu den einzelnen Indikatoren.</p>
Stärken	<p>Eine Stärke liegt in der geographischen Bandbreite des Indikatorensets. Die Indikatoren stammen aus Bioökonomiestrategien unterschiedlicher Länder, somit können Aspekte des Bioökonomie-Monitorings abgedeckt werden, die</p>

Titel	Linser and Lier (2020)
	insbesondere mit anderen Staaten in Verbindung gebracht werden können.
Schwächen	Schwächen liegen primär im Bereich der Unüberschaubarkeit des Indikatorensets. Die Indikatoren liegen gruppiert nach Strategie oder Projekt vor, was es jedoch schwer macht Indikatoren einzelnen Aspekten des Bioökonomie-Monitorings zuzuordnen.
Nutzbarkeit	ja

A.15.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren (der Bioökonomiestrategien der 8 Länder exkl. Der Indikatoren der 3 Projekte)

Revenues from genetically modified plants and microbes; Pharmaceutical industry productivity; Employment and putput by industry; R&D costs

Number of publications and citations in high impact journals per capita; Size of bio-innovation workforce as percentage of science and technology workforce; Number of research chairs, centres of excellence, technology platforms and multi-disciplinary research and development programmes supported; Bio-economy research and development as a percentage of GERD; Number of patents granted; Number of collaborative product development partnerships; Availability of technology development and assimilation infrastructure; Number of technology-transfer transactions; Availability of incubation facilities of bioinnovation firms; Number of regulatory approvals for health products; Revenues/sales of life science products, processes and services; Number of field trials with GMO crops; Number of bio-innovation firms, including dedicated bio-innovation firms by sector; Venture capital invested in bio-innovation firms; Technology balance of payment of bioinnovation outputs; Number of joint ventures and strategic alliances between local bio-innovation firms and international partners; Multinational corporations in bio-economy sectors locating research and development facilities locally; Types of biotechnology used by firms

Bioeconomy output; Bioeconomy value added; The number employed; The share of BE employed in the national economy; Raw material inputs; value added to raw material streams; Raw material inputs used; Greenhouse gas emissions avoided; Total use of natural resources; Growth and harvested volumes of standing timber; Growth and harvested volumes of cereal crops; Growth and harvested volumes of fish bag; Endangered species; Urban waste; Ecosystem services; Environmental and resource efficiency

Bioeconomy investments; Employment in bioeconomy sectors and estimated yearly income; Revenues of BioNexus Status Companies; R&D spending in bioeconomy; Patent applications

Public investment and number of activities; private investment and number of activities; Final Production; Added Value; Employee numbers; Exports. The last four are measured for the sectors and areas of: Agriculture; Food industry; Forestry Products; Industrial chemicals; Pharmaceutical and nutritional by-products; Biofuels; Renewable energy of biological origin; Other rural area services; Processed waste; Sustainability indicators

Liste der Indikatoren (der Bioökonomiestrategien der 8 Länder exkl. Der Indikatoren der 3 Projekte)

Resource productivity; Renewable energy, share of total energy consumption; Production costs (shares of direct costs); Experienced quality in transport infrastructure; Production costs (shares of direct costs); Proportion of recycling of total waste; Waste treatment; GDP; Domestic material consumption

Annual turnover of the UK industrial biotechnology and bioenergy sectors; Forest cover; Industrial biotechnology funding; Investment in education and skills; Investment in low carbon industrial innovation; Jobs, employment; Number of members of the Industrial Biotechnology Innovation Centre; Number of members of the Networks in Industrial Biotechnology and Bioenergy; Renewable transport fuel; Production of sustainable aviation fuels; Resource productivity; Waste processing and materials recovery market; Waste; Converted household waste (into biofuel)

Agricultural biomass production—import of agricultural biomass; Blue biomass production—import of blue biomass; Forestry biomass production—import of forestry biomass; Waste biomass production—import of waste biomass; Firms in total bioeconomy sectors; Firms in bioeconomy subsectors; Innovative start up in total bioeconomy sectors; Innovative start up in bioeconomy subsectors; Employment in total bioeconomy sectors; Employment in bioeconomy subsectors; Tertiary education; R&D employment in total bioeconomy sectors; R&D employment in bioeconomy subsectors; University courses in bioeconomy sectors; Research Institute in bioeconomy sectors; IPRs (patent, trademark, design), applications in total bioeconomy sectors; IPRs (patent, trademark, design), applications in bioeconomy subsectors; Private R&D expenditure; Public R&D expenditure; Population growth; Population 15–65 years; GDP; Exports of total bioeconomy sectors related goods; Exports of bioeconomy subsectors related goods; Imports of total bioeconomy sectors related goods; Imports of bioeconomy subsectors related goods

A.16 lost et al. (2020): Setting up a bioeconomy monitoring: Resource base and sustainability

A.16.1 Factsheet



Setting up a bioeconomy monitoring:
Resource base and sustainability

Susanne lost, Natalia Geng, Jörg Schweinle, Martin Banse, Simone Brüning,
Dominik Jochem, Andrea Machmüller, Holger Weimar

Thünen Working Paper 149

► Susanne lost, Natalia Geng, Jörg Schweinle,
Martin Banse, Simone Brüning, Dominik Jochem,
Andrea Machmüller, Holger Weimar

► Setting up a bioeconomy monitoring: Resource
base and sustainability

► URL:
https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_149.pdf

Bild:
https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_149.pdf

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"The transition of the current economic system from non-renewable and fossil-based towards a more sustainable system using renewable resources is a dedicated objective of the German National Bioeconomy Strategy. In order to provide sound information on the status of the bioeconomy, a monitoring concept that assesses the bio-based resources and sustainability effects associated with German bioeconomy was developed.

The general monitoring approach includes a definition of the bioeconomy and its implementation in terms of material flows and economic sectors at a given point in time. Based on this, available data is collected and bio-based material flows and economic sectors are quantified. These quantifications are used in the following sustainability assessment of material flows and economic sectors. This procedure can be repeated, starting again with a definition of bioeconomy that may change over time according to changing policies, market development and public perceptions of bioeconomy. Thus, bioeconomy monitoring considers the dynamics of the bioeconomy transition concerning processes, products, available data and connected sustainability goals.

Understanding and quantifying material flows provides the foundation for comprehending the processing of biomass along value chains and final biomass uses. They also provide information for sustainability assessment. For biomass from agriculture, forests and fisheries including aquaculture, relevant material flows are compiled. Material flow data is not available consistently but must be collected from a broad variety of sources. Consequently, inconsistencies regarding reference units and conversion factors arise that need to be addressed further in a future monitoring.

Bio-based shares of economic sectors can be quantified using mostly official statistics, but also empirical data. Bio-based shares vary considerably between economic activities. The manufacture of food products,

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

beverages and wooden products has the highest bio-based shares. Bioeconomy target sectors like chemicals, plastics and construction still have rather small bio-based shares. The suggested assessment of sustainability effects foresees two complimentary levels of evaluation: material flows and economic sectors. The latter quantifies total effects of bioeconomy in a country and relates them to the whole economy or parts of it. The presented indicators were selected based on the Sustainability Development Goal Framework, the German Sustainable Development Strategy and the availability of data. The selection of effects and indicators to be measured in a future monitoring is a crucial point of any quantification. With sustainability being a normative concept, societal perceptions of sustainability should be taken into consideration here. In that context, we suggest to follow the approach of LOFASA [Logical Framework for a Sustainability Assessment] for indicator selection. Sustainability assessment of material flows is demonstrated on the example of softwood lumber material flow and its core product EPAL 1 pallet using a combination of material flow analysis and life cycle assessment. Major challenges for a future monitoring of the bioeconomy's resource base and sustainability are availability of detailed and aggregated data, identification of bio-based processes and products within the economic classifications, identification and quantification of interfaces between bio-mass types, selection of indicators for sustainability assessment and the inclusion of bio-based services" (Quelle: lost et al. 2020, S. vi).

A.16.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	lost et al 2020
Autor*in (Jahr): Titel	lost et al. 2020: Setting up a bioeconomy monitoring: Resource base and sustainability (MoBi Quellen: lost et al 2020, Banse et al. 2018 / Banse et al. 2020 / Banse et al. 2021)
Link	https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_149.pdf
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: Der Ansatz baut auf Indikatoren der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) und ergänzt diese. lost et al. 2020 betrachtet Stoffströme und Sektoren hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit. Die Stoffströme der Bioökonomie werden abgebildet, beginnend mit der heimischen Produktion (inkl. Fischerei und Aquakultur) über Halbfertigerzeugnisse, Produkte und Endverwendung/Konsum. In- und Exporte werden einbezogen und anschaulich in Materialfluss-Grafiken dargestellt, bspw. für Öle, Fasern (S. 22ff). Das Monitoringkonzept von Banse et al. 2021 nimmt den aktuellen Wandel der Abgrenzungen der Bioökonomie auf und aktualisiert diese mit jedem Monitoringzyklus. „Nachhaltigkeitseffekte“ werden nach zuvor festgelegten Zielen bewertet. Auch die jeweils unterlegten Nachhaltigkeitsziele sollen je Zyklus neu geklärt werden. Indikatoren allgemein: Es wurden zehn Indikatoren (S. 127) der DNS verwendet (z.T. leicht angepasst). Diese wurden um zwei soziale Indikatoren (S. 120) ergänzt: Beschäftigte und Durchschnittsverdienst. Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials:

Kurztitel:	Ilost et al 2020
	<p>Mit dem Fokus auf Stoffströme sind die materiellen Potentiale nach Verarbeitungsstufe gut einsehbar. Zusätzlich weist ein Indikator auf nicht gehobenes Potential hin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anteil an produzierten Lebensmitteln, die nicht verzehrt werden (Verbrauchertrend) (%/a) <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale:</p> <p>Die ökologischen Grenzen, zumindest im Bereich Wasser, werden mit einem Indikator betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nitrate in Groundwater (SDG 6, DNS-indicator 6.1a, S. 150) <p>Indirekt können Übernutzungen und Reserven über Materialflüsse des inländischen Konsums und In- und Exporte abgeleitet werden.</p>
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf</u> an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Ansätze:</p> <p>Für Prognosen zukünftiger Bedarfe sind keine separaten Indikatoren vorgesehen. Mit diesem Ansatz können allerdings Ausweitungen der Bioökonomie nachgezeichnet werden.</p> <p>Der Stoffstromansatz, gegliedert nach Rohstoffen, habfertigen und fertigen Erzeugnissen sowie Konsum/Verwendung kann über die Ergänzung der zeitlichen Dimension vergangene und gegenwärtige Entwicklungen abbilden.</p> <p>Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Share of Biomass in Gross Final Energy Consumption (SDG 7, DNS-indicator 7.2a) • Share of Electricity from Biomass in Gross Electricity Consumption (SDG 7, DNS-indicator 7.2b) <p>Der Fixkapitalanteil im Verhältnis zur Wertschöpfung kann zur Abschätzung der Entwicklung nach Bioökonomiebranche dienen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gross fixed Capital Investment in relation to Gross Value Added (SDG 8, indicator 8.3)
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Mit den detaillierten Stoffströmen können Nutzungsänderungen gut nachvollzogen werden.</p> <p>Die Nachhaltigkeitsbilanzierung baut nach Banse et al. 2018 (S. 3) auf ein integriertes sektorübergreifendes Konzept.</p> <p>Zusätzlich sind Verschiebungen bspw. mit folgendem Indikator adressierbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Share of Biomass in Gross Final Energy Consumption (SDG 7, DNS-indicator 7.2a).
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Umweltwirkungen werden mit einzelnen Indikatoren bewertet. Neben den Indikatoren zu Treibhausemissionen (THG) und Nitrat im Grundwasser werden Umweltwirkungen ins Verhältnis zu anderen Größen gesetzt, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Greenhouse Gas Emissions per Value Added (SDG 9).
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Umweltvorteilhaftigkeit kann mit den ökologischen Indikatoren zumindest indirekt gezeigt werden, bspw. mit den Indikatoren zu THGs (SDG 13, DNS 13.1a), Nitrat im Grundwasser (SDG 6, DNS 6.1.a) oder Primärenergieverbrauch (SDG 7b).</p>
<p>Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030</p>	<p>Dieser Ansatz fußt zentral auf der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und ihren Indikatoren. Damit ist er eng mit den SDGs verbunden. Planetare Grenzen werden (nur) innerhalb dieses Rahmens angesprochen. Zwei Indikatoren zu Beschäftigtenzahlen und</p>

Kurztitel:	lost et al 2020
(Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Jahresverdiensten ergänzen die soziale Dimension, gehen allerdings nicht darüber hinaus.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Nein.
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es erfolgt keine Gewichtung.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Stoffströme	Thema 2: Indikatoren der DNS	Thema 3: Zusätzliche soziale Indikatoren
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1	1	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2	1	0
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	2	1	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1	1	0
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1	1	0
Planetare Grenzen und SDGs?	1	2	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0	0
Gewichtung?	0	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.16.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
lost et al. (2020)	x	x				x	

Auswertung der Indikatoren

Titel	lost et al. (2020)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Zur Bewertung des Biomassepotenzials enthält das Indikatorenset keine geeigneten Indikatoren.
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann mit den ökonomischen Indikatoren der sektoralen Nachhaltigkeitsbetrachtung besonders gut erfolgen, da hierbei nach Sektoren der Bioökonomie differenziert wird. Die Indikatoren <i>Gross Value Added</i> und <i>Gross fixed Capital Investment in relation to Gross Value Added</i> können hierbei verwendet werden, um eine Verschiebung innerhalb der Bioökonomie abzubilden. → z. B.: <i>Gross Value Added</i>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Neue Nutzungen können grundsätzlich durch die Indikatoren mit Bezug zur Beschäftigtenzahl, wie beispielsweise die ökonomischen Indikatoren, dh. <i>Gross fixed Capital Investment in relation to Gross Value Added</i> der sektoralen Nachhaltigkeitsbetrachtung bewertet werden. Wie auch bei anderen Indikatorensystemen, können damit jedoch noch nicht Aussagen zu deren Umweltwirkungen gemacht werden. Das heißt die Indikatoren müssen in Verbindung mit weiteren Indikatoren, wie beispielsweise den ökologischen Indikatoren der sektoralen Nachhaltigkeitsbetrachtung gebracht werden. Hierfür sind die Indikatoren <i>Primary Energy Consumption, Share of Biomass in Gross Final Energy Consumption, Share of Electricity from Biomass in Gross Electricity Consumption, Greenhouse Gas Emissions, Nitrate in Groundwater und Greenhouse Gas Emissions per Value Added</i> von besonderem Interesse. → z. B.: <i>Greenhouse Gas Emissions</i>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Mit Hilfe des Indikators <i>Share of Biomass in Gross Final Energy Consumption</i> und <i>Share of Electricity from Biomass in Gross Electricity Consumption</i> der sektoralen Nachhaltigkeitsbewertung kann die Wirkung einer Substitution fossiler Energieträger bewertet werden. Je höher der Biomasseanteil, desto höher die Substitutionswirkung. → z. B.: <i>Share of Biomass in Gross Final Energy Consumption</i>

Titel	Iost et al. (2020)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>In diesem Kontext können die ökologischen Indikatoren, der stoffstrombasierten Nachhaltigkeitsbetrachtung, d. h. <i>GWP</i>, <i>EP</i> verwendet werden. Im Vergleich zu einem herkömmlichen Produkt, können diese Indikatoren die Umweltvorteilhaftigkeit eines bio-basierten Produktes verdeutlichen.</p> <p>→ z. B.: <i>GWP</i></p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die ökologischen Indikatoren beider Ebenen, d. h. <i>GWP</i> der stoffstrombasierten Nachhaltigkeitsbewertung und <i>Greenhouse Gas Emissions</i> der sektoralen Nachhaltigkeitsbewertung erfolgen.</p> <p>Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können die <i>ökonomischen, sozialen und ökologischen Indikatoren</i> beider Ebenen verwendet werden. Aufgrund der Tatsache, dass sich das Indikatorenset in die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit gliedern lässt, können direkt Bezüge zu den SDGs hergestellt werden. Beispielsweise kann der Indikator <i>Number of persons employed</i> zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen zu SDG3 "Good health and well-being", SDG4 "Quality education", SDG7 "Clean energy", SDG8 "decent work and economic growth", SDG9 "Industry, Innovation and infrastructure", SDG12 "responsible consumption and production" und SDG13 "climate action" können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: <i>Greenhouse Gas Emissions</i></p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Es liegen keine Indikatoren mit direktem Bezug zu Biodiversitätsaspekten vor.</p> <p>Wie auch bei anderen Studien können Biodiversitätsaspekte indirekt, d. h. über Rückschlüsse, bewertet werden. Hierbei können die <i>ökologischen Indikatoren</i>, d. h. <i>Greenhouse Gas Emissions</i>, <i>Nitrate in Groundwater</i> und <i>Greenhouse Gas Emissions per Value Added</i> der sektoralen Nachhaltigkeitsbetrachtung und <i>GWP</i> und <i>EP</i> der stoffstrombasierten Nachhaltigkeitsbetrachtung Anwendung finden. Beispielsweise kann ein geringer Nitrateintrag im Grundwasser dem Erhalt der Biodiversität beitragen.</p> <p>→ z. B.: <i>Nitrate in Groundwater</i></p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus dem Projekt Mobi lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.</p> <p>Allerdings sollte dieses Indikatorenset um weitere Indikatoren erweitert werden, da weder Biomassepotenziale, noch Biodiversitätsaspekte ausreichend berücksichtigt werden.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensets von Mobi liegen in der direkten Anwendbarkeit der Indikatoren, als auch in der Überschaubarkeit. Darüber hinaus ist die Tatsache, dass sowohl Indikatoren auf Produktebenen, wie auch auf sektoraler Ebene vorhanden sind, ein großer Vorteil.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Schwächen liegen primär im Bereich der Lücken des Indikatorensets, welche sowohl im Bereich Biomassepotenziale, als auch im Bereich Biodiversität deutlich vorhanden sind.</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>Die Indikatoren sind nutzbar, weitere Indikatoren sind für ein ganzheitliches Bioökonomie-Monitoring jedoch erforderlich.</p>

A.16.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

- Stoffstrombasierte Nachhaltigkeitsbetrachtung: Kombination von Stoffstrom- und Lebenszyklusanalyse, Betrachtung über Leitprodukte
 - Ökologisch: GWP; EP (differenziert nach manufacturing steps)
 - Ökonomisch: Production value; Value added at factor costs (differenziert nach manufacturing steps)
 - Sozial: Number of persons employed; Average annual earnings (differenziert nach manufacturing steps)
- Sektorale Nachhaltigkeitsbetrachtung: BWS (Bruttowertschöpfung) der Bioökonomie an der gesamten BWS Deutschlands
 - Gross Value Added (SDG 8, Sub-indicator for indicator 8.3) (differenziert nach Sektoren)
 - Gross fixed Capital Investment in relation to Gross Value Added (SDG 8, indicator 8.3) (differenziert nach Sektoren)
 - Employment Rate (SDG 8, indicators 8.5a and 8.5b) (differenziert nach Sektoren)
 - Primary Energy Consumption (SDG 7, indicator 7b) (differenziert nach Sektoren)
 - Share of Biomass in Gross Final Energy Consumption (SDG 7, DNS-indicator 7.2a) (differenziert nach Sektoren)
 - Share of Electricity from Biomass in Gross Electricity Consumption (SDG 7, DNS-indicator 7.2b) (differenziert nach Sektoren)
 - Greenhouse Gas Emissions (SDG 13, DNS-indicator 13.1a) (differenziert nach Sektoren)
 - Nitrate in Groundwater (SDG 6, DNS-indicator 6.1a) (differenziert nach Sektoren)
 - Greenhouse Gas Emissions per Value Added (SDG 9) (differenziert nach Sektoren)
 - Employees per Value Added (SDG 8) (differenziert nach Sektoren)

A.17 Piñero et al. (2021): Sustainable Consumption and Production Hotspot Analysis Tool (SCP-HAT) v 2.0

A.17.1 Factsheet



Bild:

<http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/>

- ▶ Piñero, P., Sevenster, M., Lutter, S., Giljum, S. (2021)
- ▶ Technical documentation of the Sustainable Consumption and Production Hotspots Analysis Tool (SCP-HAT) version 2.0. Commissioned by UN Life Cycle Initiative, One Planet Network, and UN International Resource Panel. Paris.
- ▶ URLs:
<http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/methods/>
http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/11/SCP-HAT-2.0_Technical-documentation_Oct2021_final02.pdf

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"The Hotspot Analysis Tool for Sustainable Consumption and Production (SCP-HAT) combines in a single framework national environmental and social data (i.e. territorial accounts) with trade information for the estimation of supply-wide environmental pressure and impact indicators (i.e. footprints).

For the estimation of footprint-type indicators, two approaches are applied: Environmentally extended multi-regional input-output (EE-MRIO) analysis and Life Cycle Impact Assessment (LCIA).

Domestic data on pressures (e.g. material extraction) and impacts (e.g. deforestation) expressed in physical units (also called 'satellite accounts') are linked to monetary data on transactions among economic sectors and final consumers of different countries.

This approach allows tracing all the pressures and impacts occurring at the different stages of even very complex supply chains and allocating them to the country of final consumption, or sectoral production. This type of analysis is used to identify hotspots of unsustainable consumption and production.

Using the same methodology and homogenous datasets for all countries in the world allows to compare different environmental categories, pressures and impacts, domestic and footprint perspectives and countries among each other. Note that due to methodological differences and data harmonisation reported results may differ from results reported by statistical institutions.

For guidance on how to use the SCP-HAT use our explanatory videos or the User Handbook. For more information on methods and data, check out the technical documentation" (Quelle: siehe <http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/methods/>).

A.17.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Piñero et al. (2021)
Autor*in (Jahr): Titel	Piñero et al. (2021): Sustainable Consumption and Production Hotspot Analysis Tool (SCP-HAT) v 2.0
Link	<p>http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/methods/</p> <p>http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/11/SCP-HAT-2.0_Technical-documentation_Oct2021_final02.pdf</p>
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Der SCP-HAT-Framework verknüpft inländische Produktions- und Konsumdaten mit Handelsdaten, um die Auswirkungen von Produktion und Konsum abzuschätzen und diese den Verbraucher- oder Produktionsländern zuzuordnen.</p> <p>Indikatoren allgemein: Der SCP-HAT enthält eine Reihe von Indikatoren, die umfassende Auswirkungen der Produktion und des Konsums sowie Trends auf nationaler und regionaler Ebene aufzeigen. Umweltbelastungen und -auswirkungen in SCP-HAT</p> <p><i>Environmental pressures:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o Raw material use o Land use (occupation only) o Emissions of greenhouse gases o Emissions of particulate matter and precursors o Blue water consumption o Primary energy supply <p><i>Environmental impacts:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o Mineral resource scarcity o Fossil resource scarcity o Short-term climate change o Long-term climate change o Potential species loss from land use o Damage to human health from particulate matter o Water stress o Marine eutrophication from nitrogen emissions <p><i>Future version of the SCP-HAT could include, for example:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o Land transformation o Mercury emissions o Solid waste o Social life-cycle impacts (e.g. hazardous or child labour, corruption) <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Das Monitoringsystem und seine Indikatoren beziehen sich nicht auf das verfügbare Biomassepotenzial.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Das Monitoringsystem und seine Indikatoren beziehen sich nicht auf das umweltverträgliche Biomassepotenzial.</p>

Kurztitel:	Piñero et al. (2021)
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche</u> <u>Bedarf</u> an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze: Das Monitoringsystem bietet einen Überblick über die historische regionale, nationale und weltweite Biomasseproduktion und ihren Verbrauch (ausgedrückt in Tonnen). Die Daten sind hoch aggregiert und breit gefassten Sektoren zugeordnet, wie z. B.: <i>Agriculture; Forestry; Food; Wood and paper</i>.</p> <p>Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Raw material use (biomass), consumption footprint by geographic unit</i> • <i>Raw material use (biomass), domestic production by geographic unit</i>
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	<p>Eine besondere Stärke des SCP-HAT-Tools ist die Darstellung der internationalen Umweltwirkungen des inländischen Konsums durch die Einrechnung von Handelsströmen. Die handelsgetriebenen Auswirkungen der Bioökonomie können so geschätzt werden (wenn auch auf einer hoch aggregierten Ebene).</p>
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	<p>Der Monitoring-Framework ermöglicht es, die nationalen und internationalen Auswirkungen der Bioökonomie-Aktivitäten innerhalb eines Landes oder einer Region auf einer hochaggregierten Ebene zu beobachten. Allerdings werden Konsum- und Produktionsdaten nicht mit nachhaltigen Produktionskapazitäten verknüpft.</p> <p>Die Modellierung von Flächenumwandlungen wird möglicherweise in künftige Tool-Entwicklungen einbezogen.</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Das Monitoringsystem dient der Identifizierung bestimmter Brennpunkte auf der Grundlage hochaggregierter Statistiken. Er eignet sich hervorragend zur Erfassung aggregierter handelsbedingter Umweltbelastungen und -auswirkungen, die in anderen Monitoringsystemen nicht erfasst werden. Das Monitoringsystem führt nicht zu neuen Daten, die direkte Lebenszyklusvergleiche zwischen biobasierten und nicht-biobasierten Prozessen und Produkten ermöglichen.</p>
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>In den technischen Spezifikationen zu Stickstoff und Phosphor wird das Konzept der planetaren Grenzen erwähnt.</p> <p>Auf die SDGs wird im SCP-HAT-Rahmen häufig Bezug genommen.</p>
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Nein.

Kurztitel:	Piñero et al. (2021)
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Nein.

Bewertung Monitoringsystem:	
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	2
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1
Planetare Grenzen und SDGs?	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	0
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.17.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebезogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Piñero et al. (2021)	x	(x)	x		x	(x)	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Piñero et al. (2021)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Mit dem Indikator <i>Raw material use</i> kann die Nutzung der Biomasse abgebildet werden.</p> <p>Ob diese als umweltgerecht verfügbar eingestuft werden kann, ist jedoch unsicher.</p> <p>→ z. B.: Raw material use</p>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	<p>Eine Verschiebung der Biomasseströme kann mit den ökonomischen Indikatoren, insbesondere <i>Final demand, Government final consumption, Private final consumption, Output, Value added</i> abgebildet werden. Auch auf Seiten der Beschäftigungszahlen kann mit den Indikatoren <i>Employment (total), Employment (women), Employment (men)</i> auf eine Verschiebung der Biomasseströme hingedeutet werden, sofern die Informationen auf Ebene der Sektoren vorliegen.</p> <p>→ z. B.: Employment (total)</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	<p>Das Indikatorenset beinhaltet keine Indikatoren um die Umweltwirkungen neuer Nutzungen abzubilden. Allerdings kann mit den ökologischen Indikatoren auf Umweltwirkungen geschlossen werden. Dazu zählen die Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Raw material use</i> • <i>Land use (occupation only)</i> • <i>Mineral resource scarcity</i> • <i>Fossil resource scarcity</i> • <i>Short-term climate change</i> • <i>Long-term climate change</i> • <i>Potential species loss from land use</i> • <i>Damage to human health from particulate matter</i> • <i>Marine eutrophication potential</i> • <i>Primary energy supply</i> • <i>Blue water consumption</i> • <i>Water stress</i> <p>→ z. B.: Fossil resource scarcity</p>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	<p>Eine Bewertung der Substitutionseffekte kann in umgekehrter Art und Weise erfolgen. Das heißt durch eine Reduzierung des Indikators <i>Mineral resource scarcity und Fossil resource scarcity</i> kann gegebenenfalls auf einen verringerten Einsatz fossiler Rohstoffe im Zuge einer Substitution geschlossen werden.</p> <p>→ z. B.: Mineral resource scarcity</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Sofern die Informationen auf Ebene beider Produkte vorliegen, kann mit den ökologischen Indikatoren auf die Umweltvorteilhaftigkeit der Produkte geschlossen werden. Dazu zählen die Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Raw material use</i> • <i>Land use (occupation only)</i> • <i>Mineral resource scarcity</i> • <i>Fossil resource scarcity</i> • <i>Short-term climate change</i> • <i>Long-term climate change</i> • <i>Potential species loss from land use</i> • <i>Damage to human health from particulate matter</i> • <i>Marine eutrophication potential</i>

Titel	Piñero et al. (2021)
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Primary energy supply</i> • <i>Blue water consumption</i> • <i>Water stress</i> <p>➔ z. B.: Mineral resource scarcity</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Sowohl zum Konzept der planetaren Grenzen, als auch zu den SDGs können Bezüge hergestellt werden. Beispielsweise können die Indikatoren <i>Short-term climate change</i> und <i>Long-term climate change</i> direkt mit der planetaren Grenze Klimawandel in Verbindung gebracht werden. Weitere Bezüge zu der planetaren Grenze Unversehrtheit der Biosphäre können hergestellt werden.</p> <p>Auch zu den SDGs können mehrere Verbindungen, beispielsweise zu SDG3 (<i>Damage to human health from particulate matter</i>), SDG15 (<i>Land use (occupation only)</i>) oder zu SDG5 (<i>Employment (women) & Employment (men)</i>) hergestellt werden.</p> <p>➔ z. B.: Land use (occupation only)</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Mit dem Indikator <i>Potential species loss from land use</i> können Biodiversitätsaspekte in Bezug auf den Artenverlust direkt abgebildet werden.</p> <p>➔ z. B.: Potential species loss from land use</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, eine Erweiterung um zusätzliche Indikatoren ist allerdings notwendig.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Das Indikatorenset umfasst relevante Indikatoren, deckt die jeweiligen Aspekte jedoch nicht in ausreichender Detailgenauigkeit ab (z. B.: Raw material use umfasst nicht zwingend das „umweltgerecht“ verfügbare Biomassepotenzial).</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Es bestehen Lücken auf Seiten der Substitution, der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale und der Verschiebung bzw. neuen Nutzungen.</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>teilweise</p>

A.17.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Environmental indicators:

- o Raw material use
- o Land use (occupation only)
- o Mineral resource scarcity
- o Fossil resource scarcity
- o Short-term climate change
- o Long-term climate change
- o Potential species loss from land use
- o Damage to human health from particulate matter
- o Marine eutrophication potential
- o Primary energy supply
- o Blue water consumption
- o Water stress

Socio-economic indicators:

- o Final demand
- o Government final consumption
- o Private final consumption
- o Employment (total)
- o Employment (women)
- o Employment (men)
- o Employment (high skilled)
- o Employment (medium skilled)
- o Employment (low skilled)
- o Output
- o Value added

A.18 RSB (2016), RSB (2018): Roundtable on Sustainable Biomaterials

A.18.1 Factsheet



Bild:

<https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/07/RSB-Guide-to-the-RSB-Standard-1.pdf>

- ▶ Roundtable on Sustainable Biomaterials
- ▶ The RSB Standard; RSB Conservation Impact Assessment Guidelines

URLs:

<https://rsb.org/the-rsb-standard/>

https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-STD-01-001-Principles_and_Criteria-DIGITAL.pdf

https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-GUI-01-007-01-RSB-Conservation-IA-Guidelines_3.0.pdf

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

RSB Standard

“The RSB Standard contributes to food security, rural development and protection of ecosystems. RSB’s membership base of sector pioneers, business leaders, NGO and UN agencies have developed the 12 principles of the standard.

Five things you should know about the RSB Standard:

It ensures food security, rural development and protection of ecosystems.

It has been developed by the RSB alongside stakeholders from across sectors, regions, supply chains, government and NGOs.

Through our support for innovation and development of partnerships, the Standard is actively driving the bioeconomy.

It is committed to mitigating social and environmental risks and finding solutions.

It will help to achieve the Sustainable Development Goals.

Application of the RSB Standard showcases a company’s commitment to sustainability and the realisation of the UN Sustainable Development Goals” (Quelle: siehe <https://rsb.org/the-rsb-standard/>)

RSB Conservation Impact Assessment Guidelines, Version 3.0, 1 January 2018

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

"The purpose of this guideline is to assist in the definition and identification of conservation values, as well as identify the impacts, assess their importance, and discuss how to mitigate these impacts. The RSB Principles & Criteria were used as a basis to identify the components for this guideline.

These guidelines have been developed to enable environmental practitioners, proponents of biofuels or biomaterial projects, and stakeholders to understand, identify and manage areas containing conservation values of global, regional or local importance, which might be impacted when developing a biofuel or biomaterials project. This specialised impact assessment is triggered by the screening exercise described in RSB-GUI-01-002-02. It should be conducted using the methods and participatory processes recommended in the Impact Assessment Guidelines (RSB-GUI-01-002-01). Principle 7 of the RSB Principles & Criteria (RSB-STD-01-001), which is relevant to impacts on biodiversity, ecosystems and conservation values, is outlined in the box below. Principle 7 is divided into five criteria which are used to formulate the objectives of these guidelines.

The first section in these guidelines deals with identifying conservation values, ecosystem functions/services, buffer zones and ecological corridors, as well as assessing the invasiveness of the crop used for feedstock production. It is followed by a section on assessing the nature and intensity of impacts that will potentially affect these conservation values. The third section describes possible mitigation measures and monitoring with regards to potential impacts, in order to achieve compliance with Principle 7.

Specifically, these guidelines will:

- ▶ Be practical, so that impact assessment professionals, operators and auditors can accurately identify areas containing conservation values of local, regional or global importance;
- ▶ Be generic for use in any country, for farm or natural lands;
- ▶ Ensure that conservation values of local, regional or global importance are not in any way negatively impacted by a certified project;
- ▶ Ensure that existing ecosystem functions and services are maintained;
- ▶ Ensure that buffer zones are protected, restored or created;
- ▶ Ensure that ecological corridors are protected, restored or created to minimise fragmentation; and
- ▶ Determine if the crop species used is invasive under local conditions.

To ensure an operator produces biofuels or biomaterials compliant with RSB requirements, (and compliant with the Renewable Energy Directive of the European Union), potential areas for feedstock production or existing production areas need to be assessed and managed according to these guidelines, and a justification for their inclusion or exclusion provided.

There are five criteria that need to be met in order to achieve Principle 7 (Box 1). These criteria are underpinned by the concept of conservation values, and this concept is therefore explained in some detail first, before dealing with the specifics of Criteria 7a to 7e.

Principle 7. Operations avoid negative impacts on biodiversity, ecosystems, and conservation values.

- ▶ Criterion 7a. Conservation values of local, regional or global importance within the potential or existing area of operation shall be maintained or enhanced.
- ▶ Criterion 7b. Ecosystem functions and services that are directly affected by the operations shall be maintained or enhanced.
- ▶ Criterion 7c. Operations shall protect, restore or create buffer zones.
- ▶ Criterion 7d. Ecological corridors shall be protected, restored or created to minimise fragmentation of habitats.
- ▶ Criterion 7e. Operations shall prevent invasive species from invading areas outside the operation site" (Quelle: RSB (2018, S. 4-5).

A.18.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	RSB (2016); RSB (2018)
Autor*in (Jahr): Titel	RSB (2016): RSB Principles & Criteria RSB-STD-01-001; RSB (2018): RSB Conservation Impact Assessment Guidelines
Links	<p>https://rsb.org/the-rsb-standard/</p> <p>https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-STD-01-001_Principles_and_Criteria-DIGITAL.pdf</p> <p>https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-GUI-01-007-01-RSB-Conservation-IA-Guidelines_3.0.pdf</p>
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Das Monitoringsystem ist ein Normungs- und Zertifizierungssystem, das sicherstellen soll, dass Biomasse, Biowerkstoffe und Bioenergie nachhaltig produziert werden.</p> <p>Indikatoren allgemein: Das System basiert in erster Linie auf einem System von Prinzipien und Kriterien. In den gesichteten Dokumenten gibt es keine systematische Aufstellung von Indikatoren als solche.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Es erfolgt kein Monitoring oder Reporting über das verfügbare Biomassepotenzial.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Es erfolgt kein Monitoring oder Reporting über das umweltverträgliche Biomassepotenzial. Das Modul zum Naturschutz (RSB 2018) dient der Bewertung des Schutzes von Ökosystemen und der Biodiversität.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	Ansätze: Das Monitoringsystem bewertet nicht die erwartete zusätzliche Nachfrage nach Biomasse durch den Ausbau der Bioökonomie.
Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?	Das Monitoringsystem beinhaltet die Berücksichtigung von THG-Emissionen aufgrund von Landnutzungsänderungen (RSB 2016, S. 26-30). Das Monitoringsystem enthält auch ein optionales Modul zu indirekten Landnutzungsänderungen für Betreiber, die ein geringes Risiko von indirekten Landnutzungsänderungen für ihre Biomassenutzung nachweisen wollen (RSB 2016, S. 96).
Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen	Als Normungs- und Zertifizierungssystem soll das Monitoringsystem sicherstellen, dass die Prinzipien und Kriterien des RSB eingehalten werden. Auf diese Weise soll bescheinigt werden, dass die Standards und Kriterien bei neuen und zusätzlichen Bioökonomie-Anwendungen eingehalten werden. Allerdings werden diese Umweltwirkungen nicht über ein breites

Kurztitel:	RSB (2016); RSB (2018)
durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?	Wirkungsspektrum hinweg gemessen. Der RSB stellt aggregierte Statistiken über Netto-Treibhausgaseinsparungen durch die vom RSB zertifizierte Bioenergieproduktion zur Verfügung.
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<i>Principle 3: Greenhouse Gas Emissions</i> zielt darauf ab, dass Biokraftstoffe die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen wesentlich verringern.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Es wird kein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen hergestellt. Bezug zu den Zielen der SDGs wird hergestellt (erwähnt) aber kein systematischer Bezug vorhanden.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Keine Hierarchisierung/Priorisierung.
Wie erfolgt ggf. eine Gewichtung der Indikatoren?	Keine Gewichtung.

Bewertung Monitoringsystem:	
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	0
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	1
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1
Planetare Grenzen und SDGs?	0

Bewertung Monitoringsystem:	
Hierarchisierung / Priorisierung?	0
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.18.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezo gen	Strategiebzogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
RSB (2016)	x		x	x	x	x	
RSB (2018)							

Auswertung der Indikatoren

Titel	RSB (2016) RSB (2018)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Anhand des Indikators <i>Cultivation/extraction area covered by Standard</i> kann auf das Biomassepotenzial, welches RSB zertifiziert ist, geschlossen werden. Dieses kann als umweltgerecht verfügbares Biomassepotenzial aufgefasst werden. → z. B.: Cultivation/extraction area covered by Standard
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Sofern eine Produktdifferenzierung vorliegt, kann mit dem Indikator <i>Amount of RSB Certified Products sold</i> eine Verschiebung der Biomassenutzung innerhalb der Bioökonomie abgebildet werden. Das heißt wenn beispielsweise der Anteil zertifizierter energetischer Produkte zunimmt und der Anteil zertifizierter stofflicher Produkte abnimmt entspricht dies einer Veränderung der Biomasseströme. → z. B.: Amount of RSB Certified Products sold
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen	Neue Nutzungen können mit dem Indikator <i>Operators by RSB scheme</i> abgebildet werden. Eine Zunahme der Unternehmen deutet auf zusätzliche Nutzungen hin. Die Tatsache, dass deren Produkte

Titel	RSB (2016) RSB (2018)
Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	<p>RSB zertifiziert sind, lässt darauf schließen, dass mit diesen zusätzlichen Nutzungen nur Umweltwirkungen entsprechend der Zertifizierung verbunden sind.</p> <p>→ z. B.: Operators by RSB scheme</p>
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	<p>Substitutionsaspekte können mit dem Indikator <i>% Savings when compared to fossil fuel alternative</i> dargestellt werden.</p> <p>→ z. B.: % Savings when compared to fossil fuel alternative</p>
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	<p>Mehrere Indikatoren sind geeignet, die Umweltvorteilhaftigkeit von Produkten abzubilden. Sofern diese Informationen sowohl auf der Ebene eines biobasierten Produktes, als auch eines herkömmlichen Produktes vorliegen, kann damit die Umweltvorteilhaftigkeit dieser beiden Produkte miteinander verglichen werden. Zu den geeigneten Indikatoren zählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ emissions • % Savings when compared to fossil fuel alternative • Displacement emissions (unintended impact) • Area with applied soil erosion reduction and soil conservation practices • Area with applied soil quality improvement practices • Farmers with applied water conservation or water use reduction practices • Area set aside as “protected” or “conservation” area <p>→ z. B.: Area with applied soil quality improvement practices</p>
Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?	<p>Zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere zum Klimawandel und der Unversehrtheit der Biosphäre, kann beispielsweise mit dem Indikator <i>CO₂ emissions</i> oder <i>Area set aside as “protected” or “conservation” area</i> Bezug hergestellt werden. Weitere Bezüge zu den SDGs können an mehreren Stellen hergestellt werden. Beispielsweise steht Indikator <i>Operations located in areas of food insecurity</i> in direkter Verbindung zu SDG2 „Zero Hunger“. Weitere Verbindungen zu den SDGs können auch hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Operations located in areas of food insecurity</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?	<p>Mit Hilfe des Indikators <i>Area set aside as “protected” or “conservation” area</i> können Biodiversitätsaspekte abgebildet werden.</p> <p>→</p>
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	<p>Ja, es gilt jedoch zu untersuchen, ob die Informationen mit ausreichender Produktdifferenzierung vorliegen.</p>
Stärken	<p>Stärken des Ansatzes von RSB liegen in der Vollständigkeit des Ansatzes. Mit Hilfe des Indikatorensets können alle relevanten Aspekte abgefragt werden. Darüber hinaus überzeugt der Ansatz durch seine direkte Angebundenheit an die SDGs.</p>
Schwächen	<p>Lediglich im Bereich der Biodiversität könnten weitergehende Indikatoren nützlich sein.</p>

Titel	RSB (2016) RSB (2018)
Nutzbarkeit	ja

A.18.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

- Certificate holders (includes current applicants)
 RSB Low iLUC risk certification
 Smallholder Group Certification
 Number of farms
 Number of industrial sites & trade offices
 Operators by RSB scheme
 Countries covered by Standard
 Cultivation / extraction area covered by Standard
 Amount of RSB Certified Products sold
 Number of workers covered by the Standard
 Operators by Product type
 Operators by Feedstock type
 Number of discontinued RSB certifications (operator turnover rate)
- CO₂ emissions
 % Savings when compared to fossil fuel alternative
 Displacement emissions (unintended impact)
- Area with applied soil erosion reduction and soil conservation practices
 Area with applied soil quality improvement practices
- Farmers with applied water conservation or water use reduction practices
- Area set aside as “protected” or “conservation” area
- Farms using highly hazardous pesticides
- Operations located in areas of food insecurity
- Operations located in areas of poverty (Operations located in countries with an IHDI value lower than 0.59 or an HDI value lower than 0.74)
- Number of Major Non-Conformities by Principle
- Number of Stakeholders consulted during the audit process
 RSB Members (including Associate Members)
- Organizations issuing public recommendations/endorsements for RSB
- Regional workshops and webinars completed
- Instances of governments procuring RSB-certified biomaterials or regulations recognizing RSB certification
- Smallholder groups engaged in project development

Liste der Indikatoren

Coverage (number of projects active in the year, sectors, geographic regions) and Impact (leading into certification, or sourcing of RSB certified material or improvement of sustainability practices) of Advisory Services

Coverage (number of formal partnerships in the year, sectors, geographic regions) and Impact (leading into advancing national & regional policy initiatives, Unlocking regional potential and , or Supporting sustainable feedstock production).

Considered for the Future

Ha. located in an area of "severely degraded land"

Operators who conducted a Weed Risk Assessment and WRA provided conclusive results (e.g. did you get the answer you were seeking)

Ha. with crops planted on soil that is prone to water or wind erosion

Ha. not using any form of irrigation (including rain catchment systems)

Operations where evidence shows that the operation has not (or will not) affect water quality for downstream water users with either formal or customary water rights

Operations not located in an area where the basic needs of populations (including drinking, sanitation and cultivation) are constrained by water scarcity

Operations that are not causing (or are not likely to cause) negative impacts on local livelihoods or formal and informal economic activities

A.19 Iriarte et al. (2015): S2Biom Projekt - D5.4 Consistent Cross-Sectoral Sustainability Criteria & Indicators

A.19.1 Factsheet

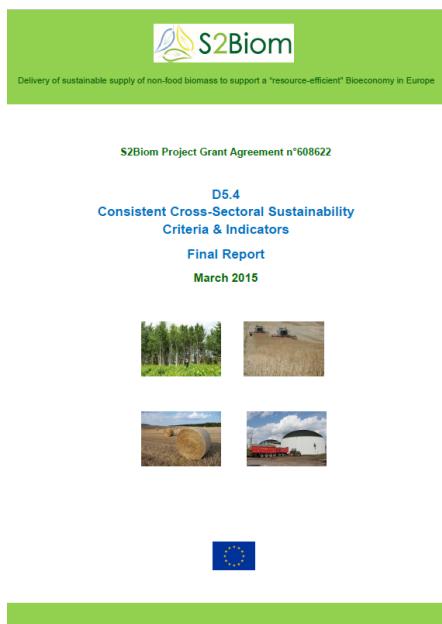


Bild:
https://www.s2biom.eu/images/Publications/D5.4_S2Biom_Cross-Sectoral_Sustainability_Indicators_Final.pdf

- ▶ Leire Iriarte, Uwe R. Fritsche, with contributions from: Berien Elbersen (Alterra), Matthias Dees, Marc Londo, Joanne Fitzgerald, Calliope Panoutsou, Boyan Kavalov, Cristina Torres de Matos, Jorge Cristobal Garcia, and Jean-Philippe Aurambout
- ▶ Delivery of sustainable supply of non-food biomass to support a “resource-efficient” Bioeconomy in Europe
- ▶ URL:
https://www.s2biom.eu/images/Publications/D5.4_S2Biom_Cross-Sectoral_Sustainability_Indicators_Final.pdf

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

„The general objective of S2Biom Work Package 5 (WP5) is to provide a better understanding regarding sustainability requirements in biomass value chains. The compilation of consistent sustainability criteria & indicators (C&I) for the short- and medium-term bioeconomy is one of the specific objectives of this WP and the focus of this draft paper.

Based on the compilation of sustainability requirements and provisions made in task 5.1 of this project and literature review, this paper provides:

- a) an overview of different points of view to be acknowledged when delineating the approach to sustainability (i.e. scope, sustainability sets or type of indicators), and
- b) a specific proposal of sustainability C&I for non-food biomass.

The approach to sustainability has taken into account the scope of the assessment (biomass value chains and calculation of biomass potentials), the sustainability ambition (a “basic” and a more “advanced” set of C&I), and the types of indicators to be considered (minimum requirements, comparative with non-renewable or biomass references, and descriptive indicators).

The sustainability C&I draft proposal has considered the three “pillars” (dimensions) of sustainability, i.e. environment, social and economic. In total, 12 criteria and 27 indicators are included. This set aims to serve as an umbrella to the bioeconomy (bioenergy and bioproducts) that can be the basis for more specific indicators in certain applications.

In the environment dimension, the following C&I are proposed:

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

- Resource use: Land use efficiency, secondary resource efficiency, energy efficiency, and functionality (Output service quality),
- Climate Change: Life cycle-based CO₂eq including direct land use change, and other GHG emissions,
- Biodiversity: Protected areas and land with significant biodiversity values, and biodiversity conservation and management,
- Soil: Erosion, Soil Organic Carbon, and soil nutrient balance,
- Water: Water availability and regional water stress, water use efficiency, and water quality,
- Air: emissions of SO₂ equivalents, and PM10.

In the social dimension:

- Participation and transparency: Effective participatory processes, information transparency,
- Land Tenure: Land tenure assurance
- Employment and labour rights: Full direct jobs equivalents along the full value chain, full direct jobs equivalent in the biomass consuming region (or country), Human and Labour Rights, and occupational safety and health for workers,
- Health risks: Risks to public health,
- Food, fuelwood and other products: Food, fuelwood and other products supply security

The criterion related to the economic dimension is:

- Production costs: Current levelised life-cycle cost, and future levelised life-cycle costs

Most of these indicators are “mid-point” indicators that need further elaboration to be implementable for specific feedstocks, locations or value chains. Further work will refine these indicators and develop respective thresholds, if applicable.

Other tasks of the project will analyse how these indicators can be applied for the calculation of biomass potentials and value chains” (Quelle: Iriarte et al. (2015), p. iii).

A.19.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Iriarte et al. 2015
Autor*in (Jahr): Titel	Iriarte et al. 2015 (S2Biom) D5.4 Consistent Cross-Sectoral Sustainability. Criteria & Indicators
Link	https://www.s2biom.eu/images/Publications/D5.4_S2Biom_Cross-Sectoral_Sustainability_Indicators_Final.pdf
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: Dieser Ansatz fokussiert auf nachhaltige Grundlagen der Biomasse-Lieferketten. Der Schwerpunkt liegt auf non-food Biomasse für die Bioökonomie. Es werden die gleichen Nachhaltigkeitsbedingungen für Futtermittel, biobasierte Produkte oder Energieerzeugung unterlegt. Für dieses Ziel werden überwiegend Mit-point-indicators vorgeschlagen (S. 13f), die sich für den Schutz von (Gemein-)Gütern besonders eignen. Ausgehend von diesem „umbrella approach“ sollen dann Implementable indicators generiert werden, um z. B. konkrete Lieferketten zu monitoren (aaO.). Criteria & Indicators (C&I) sind geordnet nach Nachhaltigkeitsdimensionen: <ul style="list-style-type: none">• Environmental: Resource use, Climate Change, Biodiversity, Soil, Water, Air;

Kurztitel:	Iriarte et al. 2015
	<p>Indikatoren allgemein: Das vorgeschlagene Indikatorenset besteht aus 16 Umweltindikatoren plus neun Indikatoren aus dem Bereich Soziales und zwei aus der Wirtschaft. Der umweltorientierte Schwerpunkt spiegelt sich auch in den ökonomischen Indikatoren wider. Statt Wachstumsindikatoren werden hier „Current“ und zum zweiten „Future levelised life-cycle costs“ vorgeschlagen.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Dieser Ansatz zielt explizit nicht auf rein technisch verfügbare, sondern nachhaltige Potentiale der Biomassenutzung (vgl. S. 18). Hierfür werden Indikatoren der oben genannten Kriterien genutzt. Statt konkret auf Potentiale mit Mengenangaben, wird auf Effizienz- und Life Cycle Assessment (LCA)-Ansätze gesetzt.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Umweltgerechte Betrachtung ist ein Schwerpunkt dieses Ansatzes. Diese umfasst alle oben genannten ökologischen Kriterien, und kann mit mehreren Indikatoren bewerten, bspw.: Erosion oder Water availability and regional water.</p>
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Ansätze: Der Ansatz von S2Biom zielt auf eine ganzheitliche Wahrung ökologischer Grenzen und betrachtet darin eingebettet zusätzliche Bedarfe. Der Fokus liegt auf dem Monitoring von Auswirkungen und Grenzen zusätzlicher Bedarfe und Effizienzindikatoren, bspw.: Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Life cycle-based CO₂eq including direct land use change (S. 30)
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Im Criteria & Indicators-Set werden nicht direkt Verschiebungen innerhalb der Bioökonomie abgebildet. Allerdings sieht dieser Ansatz vor, solche Indikatoren zu entwickeln. Als relevant für die Grenzen von Nutzungen/Verschiebungen kann ergänzend ein sozialer Indikator genannt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Food, fuelwood and other products supply security
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Umweltwirkungen werden indirekt, bspw. über Effizienzindikatoren bewertet. Neue/zusätzliche Nutzungen können indirekt oder mit zusätzlich vorgeschlagenen Indikatoren erfasst werden. Ein relevanter Indikator:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Life cycle-based CO₂eq including direct land use change (S. 30)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Vergleiche auf der Prozess-/Produktbene sind im C&I-Set können sind mit einzelnen Indikatoren möglich, bspw. erneut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Life cycle-based CO₂eq including direct land use change (S. 30) <p>Ansatzweise auch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secondary resource efficiency (S. 30)
<p>Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu</p>	<p>Bezüge zu planetaren Grenzen und den SDGs können sehr gut hergestellt werden. Bspw. mit folgenden Indikatoren:</p>

Kurztitel:	Iriarte et al. 2015
den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<ul style="list-style-type: none"> • Water quality (S. 30) • Biodiversity conservation and management (S. 30)
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Die Indikatoren sind den jeweiligen Kriterien innerhalb des C&I-Sets zugeordnet und werden nach Level of ambition eingeordnet. Die zusätzlich vorgeschlagenen Indikatoren zur späteren Implementierung stehen zumindest im bei Iriarte et al. 2015 als ebenso wichtig in zweite Reihe.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Nein.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Basic and Advanced Sustainability Criterion & Indicator (C&I) Sets – Environmental	Thema 2: C&I Sets – Social	Thema 3: C&I Sets – Economic
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	2	1	0
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1	0	0
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	0-1	0-1	0
Umweltwirkungen der Ausweitung?	2	1	0
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	2	0	1
Planetare Grenzen und SDGs?	1-2	1	0
Hierarchisierung / Priorisierung?	1	0	0
Gewichtung?	0	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.19.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Iriarte et al. (2015)	x	x	x	x	x	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Iriarte et al. (2015)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Mit dem Indikator <i>Land use efficiency</i> des Kriteriums 1. Resource use kann das Biomassepotenzial, dh. die Biomasse pro Hektar bestimmt werden. → z. B.: Land use efficiency
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Sofern eine Differenzierung nach Sektoren innerhalb der Bioökonomie möglich ist, könnten die Indikatoren <i>Full direct jobs equivalents along the full value chain</i> und <i>Full direct jobs equivalent in the biomass consuming region (or country)</i> des Kriteriums Employment and labour rights verwendet werden. Eine Zunahme an Jobs kann mit einer entsprechenden Verschiebung einhergehen. → z. B.: Full direct jobs equivalent in the biomass consuming region (or country)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Neue Nutzungen können durch zukünftige Investitionen und Produktionskosten für neue Produkte bewertet werden. So kann beispielsweise der Indikator <i>Future levelised life-cycle costs</i> des Kriteriums Produktionskosten dazu verwendet werden. Allerdings kann mit diesem Indikator – wie auch bei der Vielzahl der anderen Studien – keine Aussage zu damit verbundenen Umweltwirkungen getroffen werden. Folglich gilt es diese neuen Sektoren der Bioökonomie in Verbindung zu Umweltwirkungen zu setzen. Hierzu können sämtliche ökologische Indikatoren des Kriteriums 1-6 verwendet werden, wie beispielsweise <i>Life cycle-based CO₂eq including direct land use change, Protected areas and land with significant biodiversity values, Erosion, Water quality, SO₂ equivalents</i> . → z. B.: Water quality
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Die Wirkung einer Substitution kann nur indirekt über die Indikatoren mit THG-Bezug erfolgen. So kann beispielsweise anhand des Indikators <i>Life cycle-based CO₂eq including direct land use change</i> festgestellt werden, ob ein bio-basiertes Produkt im Vergleich zu einer fossilen Referenz Emissionen einspart. → z. B.: Life cycle-based CO ₂ eq including direct land use change

Titel	Iriarte et al. (2015)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Die Umweltvorteilhaftigkeit der bio-basierten Produkte kann grundsätzlich mit den ökologischen Indikatoren der Kriterien 1-6 abgebildet werden.</p> <p>Wenn beispielsweise mit einem bio-basierten Produkt ein geringeres Versauerungspotenzial einhergeht als mit einem herkömmlichen Produkt, so kann der Indikator <i>SO₂ equivalents</i> des Kriteriums Air dazu verwendet werden die Umweltvorteilhaftigkeit des bio-basierten Produktes abzubilden. Grundsätzlich sind also alle ökologischen Indikatoren hierfür geeignet (<i>Land use efficiency, secondary resource efficiency, energy efficiency, functionality (Output service quality), Life cycle-based CO₂eq including direct land use change, other GHG emissions, Protected areas and land with significant biodiversity values, biodiversity conservation and management, Erosion, Soil Organic Carbon, soil nutrient balance, Water availability and regional water stress, water use efficiency, water quality, emissions of SO₂ equivalents, PM10</i>).</p> <p>→ z. B.: <i>SO₂ equivalents</i></p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die ökologischen Indikatoren mit THG-Bezug, d. h. <i>Life cycle-based CO₂eq including direct land use change und Other GHG emissions</i> des Kriteriums 2 erfolgen.</p> <p>Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können vor allem zwischen den ökologischen und sozialen Indikatoren und den SDGs Verbindungen hergestellt werden. Beispielsweise kann der Indikator <i>Full direct jobs equivalents along the full value chain</i> in Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen, beispielsweise zu SDG 6 "Clean water", SDG 7 "Clean energy", SDG 13 "climate action" und SDG 15 "Life on land" können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: <i>Full direct jobs equivalents along the full value chain</i></p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Biodiversitätsaspekte können mit den beiden Indikatoren des Kriteriums Biodiversität bewertet werden. Dies sind die Indikatoren <i>Protected areas and land with significant biodiversity values und Biodiversity conservation and management</i>.</p> <p>→ z. B.: <i>Biodiversity conservation and management</i></p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus Iriarte et al. (2015) lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren. Allerdings müssen hierbei weitere Indikatoren hinzugezogen werden, um ein ganzheitliches Monitoringkonzept entwickeln zu können. Darüber hinaus muss geprüft werden, ob die erforderlichen Daten vorhanden sind.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Das Indikatorenset überzeugt durch seine Überschaubarkeit und Praktikabilität. Vor allem die ökologische (Biodiversität) und soziale Dimension wird anhand der Kriterien umfangreich abgebildet.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Schwächen liegen in der Struktur des Indikatorensets. Im Gegensatz zu vielen anderen Studien, erfolgt bei diesem Indikatorenset keine Differenzierung in Indikatoren auf Produktebenen und Indikatoren auf Ebene der gesamten Bioökonomie. Dies wäre dennoch hilfreich, um ein ganzheitliches Bioökonomie-Monitoring zu ermöglichen. Weiterhin bestehen Lücken im Hinblick auf die Substitutionswirkung und ökonomische Indikatoren wie beispielsweise Indikatoren zu Investitionen und Patenten.</p>

Titel	Iriarte et al. (2015)
Nutzbarkeit	Die Indikatoren sind grundsätzlich nutzbar, müssen jedoch auf ihre Anwendbarkeit auf Produkt- oder Sektorebene hin untersucht werden.

A.19.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

In the environment dimension, the following C&I are proposed:

- *Resource use: Land use efficiency, secondary resource efficiency, energy efficiency, and functionality (Output service quality),*
- *Climate Change: Life cycle-based CO₂eq including direct land use change, and other GHG emissions,*
- *Biodiversity: Protected areas and land with significant biodiversity values, and biodiversity conservation and management,*
- *Soil: Erosion, Soil Organic Carbon, and soil nutrient balance,*
- *Water: Water availability and regional water stress, water use efficiency, and water quality,*
- *Air: emissions of SO₂ equivalents, and PM10.*

In the social dimension:

- *Participation and transparency: Effective participatory processes, information transparency,*
- *Land Tenure: Land tenure assurance*
- *Employment and labour rights: Full direct jobs equivalents along the full value chain, full direct jobs equivalent in the biomass consuming region (or country), Human and Labour Rights, and occupational safety and health for workers,*
- *Health risks: Risks to public health,*
- *Food, fuelwood and other products: Food, fuelwood and other products supply security*

The criterion related to the economic dimension is:

- *Production costs: Current levelised life-cycle cost, and future levelised life-cycle costs*

A.20 Bringezu et al. (2020): SYMOBIO Projekt

A.20.1 Factsheet: Bringezu et al. (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie



Bild: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/11591>

- ▶ Bringezu, Stefan; Banse, Martin; Ahmann, Lara; Bezama, Alberto; Billig, Eric; Bischof, R.; Blanke, C.; Brosowski,;re; Brüning, Simone; Borchers, M.; Budzinski, Maik; Cyffka, Karl-Friedrich; Distelkamp, Martin; Egenolf, Vincent; Flaute, Markus; Geng, Natalia; Giesecking, Lukas; Graß, Rüdiger; Hennenberg, Klaus; Hering, T.; lost, Susanne; Jochem, Dominik; Krause, T.; Lutz, Christian; Machmüller,;rea; Mahro, Bernd; Majer, S.; Mantau, U.; Meisel, K.; Moesenfechtel, Urs; Noke, Anja; Raussen, Thomas; Richter, Felix; Schaldach, Rüdiger; Schweinle, Jörg; Thrän, Daniela; Uglik, M.; Weimar, Holger; Wimmer, Florian; Wydra, S.; Zeug, Walther (2020)
- ▶ Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie
- ▶ URL: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/11591>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

„Der Pilotbericht analysiert wesentliche Merkmale und Trends der deutschen „biobasierten Ökonomie“, um die aktuellen Probleme, die Zukunftschancen und die Bedingungen für eine nachhaltige Bioökonomie aufzuzeigen. Um dies zu beurteilen, werden auch die globalen Auswirkungen der deutschen Bioökonomie betrachtet.“

Mit den Kapiteln biogene Stoffströme in Deutschland (Kap. 2), Sozioökonomische Entwicklung der Bioökonomie (Kap. 3), Entwicklung von Trends und Treibern der Bioökonomie (Kap. 4) und die ökologischen Fußabdrücke der deutschen Bioökonomie (Kap. 5) bietet der Pilotbericht eine breite Perspektive. Er ist im Forschungsprojekt SYMOBIO 1.0 entstanden, das die wissenschaftlichen Grundlagen für ein systemisches Monitoring und für die Modellierung der deutschen Bioökonomie entwickelt“ (Quelle: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/11591>).

A.20.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Brinzezu et al. 2020
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	Ansätze allgemein: Dieser Ansatz fußt auf der Nutzung von Biomasse, inklusive der Stoffströme im nationalen Kontext unter Einbezug der In- und Exporte und wird bereichert durch Fußabdruck-Berechnungen in den Feldern Material, Forst, Agar, Wasser, Klima (S. 75ff).

Kurztitel:	Bringezu et al. 2020
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf</u> an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Dimensionen der Nachhaltigkeit zur Bioökonomie werden im Kontext von nationalen und EU-Strategien und der Agenda 2030 betrachtet.</p> <p>Indikatoren allgemein: Indikatoren sind gegliedert nach den Bereichen: Stoffströme, sozioökonomische Entwicklung, Trends und Treiber und Fußabdrücke.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Potentiale werden über verschiedene Zugänge betrachtet: Neben der Entwicklung von Flächenerträgen und deren (Um-)Nutzung, wird auf Rest- und Abfallströme geblickt. Kaskadennutzungen und kommende Technologien werden ebenso einbezogen, wie Veränderungen im Konsumverhalten.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Insbesondere ökologische Fußabdrücke nach Bereichen gegliedert zeigen umweltgerechte Grenzen und Potentiale auf; In- und Exportbetrachtungen ergänzen diese.</p> <p>Ansätze: Künftig steigende Bedarfe werden aus verschiedenen Perspektiven betrachtet.</p> <p>Neben den Stoffströmen, Innovationen und Veränderungstrends werden sozioökonomische Entwicklungen betrachtet. Der Ansatz der Fußabdrücke unterstützt zusätzlich. Neben der nationalen Perspektive wird die internationale einbezogen.</p> <p>Indikatoren: In der Zusammenfassung dieses Berichts wird insbesondere auf Hektarerträge, Konsumverhalten, Nahrungsmittelabfälle, Energie aus Biomasse, Kaskadennutzung und Fußabdrücke eingegangen (S. 8-10).</p>
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Verschiebungen der Stoffströme und Nutzungen werden ergänzt durch weitere Indikatoren.</p> <p>Erwähnenswert sind bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung holzbasierten Rohstoffverwendung aus Forst-, Landwirtschaft und Reststoffen • Potenziale an ausgewählten Reststoffen, Nebenprodukten und Abfällen – Arbeitsgruppe BioRestMon • Einsatzmengen von Biomasse-Rohstoffen für Strom- und Wärmeerzeugung sowie Biokraftstoffe • Kaskadennutzung in der Holzwirtschaft 2000 bis 2015.
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Das Monitoring der Stoffströme in Verbindung mit den Fußabdrücken und weiteren Umweltindikatoren ist geeignet andere und zusätzliche Nutzungen und deren Umweltwirkungen abzuschätzen (z. B. Wasserfußabdruck zur Eutrophierung).</p> <p>Neue und zusätzliche Nutzungen können mit einzelnen Indikatoren angedeutet werden, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weltweite transnationale Patentanmeldungen für pflanzenölbasierte Kunststoffe.
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Indirekt können Umweltvorteilhaftigkeit von Prozessen und Produkten mittels einzelner Indikatoren abgeschätzt werden.</p> <p>Anhand von Leitprodukten, wie Europoolpaletten werden Aspekte auch der ökologischen Nachhaltigkeit, wie Eutrophierungspotenzial und Treibhauswirkung bewertet. Auch die Vorteilhaftigkeit von Reparaturen, stofflicher oder energetischer Weiternutzung dieser Leitprodukte ist ablesbar (vgl. S. 32ff). Die Verwertung und Potentiale</p>

Kurztitel:	Brinzeu et al. 2020
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	<p>von Rest- und Abfallstoffen wird auf übergeordneter Ebene gemonitort – nicht aber auf Produkt- oder Prozessebene.</p> <p>Dieser Ansatz baut auf nationale und EU-Bioökonomiestrategien auf und nutzt Indikatoren der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Die Agenda 2030 und die SDGs sind zentral (S. 11f).</p> <p>Mittels es globalen Wasserfußabdrucks können planetare Grenzen über die nationale Perspektive hinaus veranschaulicht werden. Dieser Ansatz betrachte auch die Umweltwirkung des inländischen Konsums, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anteile landwirtschaftlicher Produktion von Feldfrüchten nach Wasserstressklasse im Anbaugebiet (bewässerte und nicht bewässerte Flächen) weltweit und nach Konsum, ausländischer Produktion, Importen und inländischer Produktion und Konsum davon.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Nein.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es erfolgt keine Gewichtung.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Stoffströme & Fußabdrücke	Thema 2: Sozioökonomische Entwicklungen & Trends
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	2	2
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	2	2
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	2	2
Umweltwirkungen der Ausweitung?	2	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	2	1
Planetare Grenzen und SDGs?	1	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	0	0
Gewichtung?	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

Legende zu den Markierungsoptionen

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.20.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschönung
Bringezu et al. (2020)		x	x	x		x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Bringezu et al. (2020)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Mit den Indikatoren <i>Materialfußabdruck</i> und <i>Forstfußabdruck</i> kann auf das Biomassepotenzial geschlossen werden. Ob dieses jedoch als umweltgerecht eingestuft werden kann, bleibt ungewiss. → z. B.: Materialfußabdruck
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Eine Verschiebung der Biomassenutzung innerhalb der Bioökonomie kann anhand der Fußabdrücke nicht bewertet werden.
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Alle Fußabdrücke sind geeignet, um Umweltwirkungen aufzuzeigen. Sofern diese mit neuen Nutzungen in Verbindung gebracht werden können, sind diese Indikatoren geeignet Umweltauswirkungen neuer Nutzungen abzubilden. → z. B.: Climate footprint
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Das Indikatorensystem enthält keine Indikatoren mit direktem Bezug zur Substitution. Indirekt können gegebenenfalls Bezüge zur Substitution über den Indikator Klimafußabdruck hergestellt werden. → z. B.: Climate footprint
Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Aufgrund der Tatsache, dass sich die Fußabdrücke auf die gesamte Bioökonomie beziehen, sind keine der Indikatoren aus Bringezu et al. (2020) geeignet, um die Umweltvorteilhaftigkeit von zwei Produkten zu vergleichen. Hierzu bedarf es einer detaillierteren Betrachtung auf Ebene der Produkte.

Titel	Brinzezu et al. (2020)
Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?	<p>Zum Konzept der planetaren Grenzen kann über den Indikator <i>Climate footprint</i> Bezug hergestellt werden. Verbindungen zu den SDGs können hergestellt werden. So steht beispielsweise der Indikator <i>Land footprint</i> in direkter Verbindung zu SDG15 „Life on land“. Weitere Bezüge zu SDG6, 12, 13,14 können hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Climate footprint</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?	<p>Das in Brinzezu et al. (2020) dargestellte Indikatorenset enthält keine Indikatoren mit direktem Bezug zu Biodiversitätsaspekten. Indirekt können über die Fußabdrücke, z. B.: <i>Land footprint</i>, <i>Forest footprint</i>, <i>Water footprint</i>, <i>Climate footprint</i>, <i>Material footprint</i> Bezüge hergestellt werden.</p> <p>→ z. B.: Land footprint</p>
Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?	<p>Ja, die Fußabdrücke lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.</p>
Stärken	<p>Stärken des Indikatorensets liegen in den Fußabdrücken, welche sehr detailliert beschrieben werden und auf Deutschland exemplarisch angewendet wurden.</p>
Schwächen	<p>Schwächen des Indikatorensets liegen auf Seiten der Lücken. Diese bestehen im Bereich Biodiversität, Substitution und ökonomische Indikatoren. Weitergehend fokussieren die Indikatoren stark auf die Ebene der Bioökonomie und weniger auf die Ebene der Produkte, was jedoch teilweise erforderlich ist.</p>
Nutzbarkeit	<p>partiell</p>

A.20.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

Der Materialfußabdruck
 Der Forstfußabdruck
 Der Agrarfußabdruck
 Der Wasserfußabdruck
 Der Klimafußabdruck

A.21 Egenolf und Bringezu (2019): Conceptualization of an Indicator System for Assessing the Sustainability of the Bioeconomy

A.21.1 Factsheet



Article
Conceptualization of an Indicator System for Assessing the Sustainability of the Bioeconomy
Vincent Egenolf* and Stefan Bringezu
Sustainable Resource Future Group (SURF), Center for Environmental Systems Research (CESR), University of Kassel, 37213 Kassel, Germany; bringezu@uni-kassel.de
* Correspondence: Vincent.egenolf@uni-kassel.de
Received: 16 November 2018; Accepted: 11 January 2019; Published: 16 January 2019
Abstract The increased use of biogenic resources is linked to expectations of “green” economic growth, innovation spurts through biotechnology, development options for rural areas, and an increasingly regenerative resource base that is also climate-neutral. However, for several years the signs for unintentional and unwanted side effects have been increasing. In 2015, the 2030 Agenda for Sustainable Development was published at the international level in order to address this problem and deliver a starting point for a comprehensive sustainability criteria evaluation catalogue. Impact indicators to quantify the environmental burden induced by national activities in foreign countries are especially lacking. In this article a comprehensive framework for the evaluation of the sustainability of the bioeconomy, considering key objectives and relevant criteria for environmental, economic, and social sustainability is developed. A special focus is set to the intersection area of the three pillars of sustainability, where the particularly important integrative key objectives and the indicators assigned to them (e.g., resource footprints) apply. This indicator set can be used as a basis for bio-economy monitoring, which uses and produces differently aggregated information on different levels of action, with a focus at the national level but also including global impacts of domestic production and consumption.

Keywords: resource footprints; DPSIR concept; integrative key objectives

1. Introduction
The increased use of biogenic resources is linked to expectations of “green” economic growth, innovation spurts through biotechnology, development options for rural areas, and an increasingly regenerative resource base that is also climate-neutral. According to the definition of the “German Bio-economy Council”, the bioeconomy comprises “the production and use of biological resources (including knowledge) in order to provide products, processes, and services in all economic sectors within the framework of a sustainable development system” [1].
In 2015, the German Research Strategy on the Development of Bioeconomy 2030 was released [2]. The focus was on international competitiveness and development of biotechnology. In 2014, this framework was complemented by the international framework of the 2030 Agenda and implemented by industrial, energy policy, agriculture, forestry, and fisheries, as well as climate, environmental, and environmental policy [3]. The main goals were food security, climate protection, sustainable consumption, and environmental protection. A progress report was published in 2016 [4] and an evaluation of the framework in 2017 [5]. A regular update, combining research and political strategy, was announced to be published in 2018. The framework is based on the principles of a circular economy, industrial and silvicultural production along with innovative and bio-based alternatives to existing production processes. Paying attention to global markets and trading relations as a condition for bioeconomy cooperation across national borders is seen as another focal point.

Sustainability 2019, 11, 443; doi:10.3390/su11020443
www.mdpi.com/journal/sustainability

Bild: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/2/443>

- ▶ Vincent Egenolf, Stefan Bringezu (2019)
- ▶ Conceptualization of an Indicator System for Assessing the Sustainability of the Bioeconomy
- ▶ URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/2/443>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

“The increased use of biogenic resources is linked to expectations of “green” economic growth, innovation spurts through biotechnology, development options for rural areas, and an increasingly regenerative resource base that is also climate-neutral. However, for several years the signs for unintentional and unwanted side effects have been increasing. In 2015, the 2030 Agenda for Sustainable Development was published at the international level in order to address this problem and deliver a starting point for a comprehensive sustainability criteria evaluation catalogue. Impact indicators to quantify the environmental burden induced by national activities in foreign countries are especially lacking. In this article a comprehensive framework for the evaluation of the sustainability of the bioeconomy, considering key objectives and relevant criteria for environmental, economic, and social sustainability is developed. A special focus is set to the intersection area of the three pillars of sustainability, where the particularly important integrative key objectives and the indicators assigned to them (e.g., resource footprints) apply. This indicator set can be used as a basis for bio-economy monitoring, which uses and produces differently aggregated information on different levels of action, with a focus at the national level but also including global impacts of domestic production and consumption” (Quelle: Egenolf and Bringezu (2019), p. 1).

A.21.2 Analyse bestehender Monitoringsysteme

Kurztitel:	Egenolf und Bringezu (2019)
<p>Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?</p>	<p>Ansätze allgemein: Egenolf und Bringezu (2019) beschreibt einen Rahmen zur Evaluation der Nachhaltigkeit der Bioökonomie. Hierfür werden Key Objectives (Figure 1, S. 8) Kriterien zugeordnet. Als Integrative Key Objectives werden angegeben (S.10):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Development of rural areas (RA) • Land degradation neutrality • Food security • sustainable Production; Infrastructures, Final consumption <p>Indikatoren allgemein: Den Kriterien sind Headline Indicators/Specific Indicators zugeordnet. Neben Landnutzungsänderungen nehmen Fußabdrücke aus den Bereichen Land, Wald, Wasser, Klima, Material einen wichtigen Stellenwert ein.</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Die Biomassepotentiale können indirekt über begrenzenden Faktoren, wie Indikatoren zu Landnutzungsänderungen und Fußabdrücke umrissen werden, bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Loss of agricultural area oder auch: • Material footprint <p>Bewertung umweltgerecht verfübarer Biomassepotentiale: Unter dem Key Objective "Sustainable Production; Infrastructures, Final Consumption" sind Fußabdrücke (Land, Wald, Wasser, Klima, Material) indirekte Ansätze um die verfügbaren, bzw. limitierten Biomassepotentiale betrachten zu können.</p>
<p>Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?</p>	<p>Ansätze: Unten dem oben bereits genannten Key Objective "Sustainable Production; Infrastructures, Final Consumption" können (nur) indirekte Rückschlüsse auf zusätzliche Bedarfe abgeleitet werden.</p> <p>Indikatoren: Indirekte Hinweise auf die Ausweitung des Bedarfs an Biomasse können ggf. über den (nur) für ländliche Regionen konzipierten Indikator beisteuern werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Added value of the selected bio-economy sectors in the RA (SDG 9.3, S. 10)
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Biomasseströme werden nicht mit den genannten Indikatoren nachgezeichnet oder prognostiziert. Unter dem Kriterium Produktionskaskade wird ein ggf. indirekt nutzbarer Indikator angegeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biomass utilization factor (S. 10)
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Umweltwirkungen durch Nutzungsintensivierungen werden von Egenolf und Bringezu (2019) durch begrenzende Faktoren gut abgebildet, bspw. zu Landnutzungsänderungen und Fußabdrücken. Wobei kein direkter Zusammenhang von (zusätzlicher) Nutzung und Wirkung abgebildet wird.</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der</p>	<p>Da die vorgestellten Indikatoren (S. 10) nicht auf Produkt- oder Lieferkettenebene, sondern auf nationaler, EU- und internationaler</p>

Kurztitel:	Egenolf und Bringezu (2019)
biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?	Ebene konzipiert sind, sind auch (nur) für diese Ebenen Vergleiche möglich.
Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Die Verbindung der genutzten Kriterien und Indikatoren zu den SDGs wird, soweit diese hergestellt werden kann, übersichtlich dargestellt (S. 10). Planetare Grenzen werden über mehrere Zugänge angesprochen, bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • Ratio of land use categories to total land area (SDG 2.4, 14.5, 15.1) • Proportion of degraded agricultural area (SDG 2.4, 15.3)
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Headline Indicators/Specific Indicators werden Kriterien und Key Objectives zugeordnet.
Wie erfolgt ggfs. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine Gewichtung statt.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Headline Indicators/Specific Indicators
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1
Umweltwirkungen der Ausweitung?	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	1
Planetare Grenzen und SDGs?	2
Hierarchisierung / Priorisierung?	1
Gewichtung?	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.21.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Egenolf und Bringezu (2019)		x	x	x	(x)	(x)	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Egenolf und Bringezu (2019)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	Das Indikatorensystem enthält keine Indikatoren die direkt dazu verwendet werden können, das umweltgerecht verfügbare Biomassepotenzial zu bewerten. Im Hinblick auf Nahrungsmittel kann der Indikator <i>Share of food consumption covered by domestic production</i> eventuell verwendet werden. Auf Seiten der Produktivität kann gegebenenfalls der Indikator <i>Total raw material productivity</i> verwendet werden. → z. B.: Total raw material productivity
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	Veränderungen innerhalb der Bioökonomie mit Fokus auf den ländlichen Raum können mit den Indikatoren <i>Number of employees in RA in Full Time Equivalents (FTE)</i> und <i>Added value of the selected bio-economy sectors in the RA</i> dargestellt werden. Allerdings enthält das Indikatorensystem in Egenolf und Bringezu (2019) wenig ökonomische Indikatoren, wodurch die Bewertung der Veränderung innerhalb der Bioökonomie erschwert wird. → z. B.: Added value of the selected bio-economy sectors in the RA
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	Umweltwirkungen können anhand der Fußabdrücke (<i>Land footprint, Forest footprint, Water footprint, Climate footprint, Material footprint</i>) abgebildet werden. Diese stehen jedoch noch nicht in Verbindung zu neuen Nutzungen. Das heißt, es gilt diese Fußabdrücke in Verbindung zu neuen Nutzungen zu setzen. → z. B.: Climate footprint
Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?	Das Indikatorensystem enthält keine Indikatoren mit direktem Bezug zur Substitution. Indirekt können gegebenenfalls Bezüge zur Substitution über die Indikatoren des Waste managements und der Kaskadennutzung hergestellt werden. Hierfür könnten beispielsweise die Indikatoren <i>Amount of waste, Recycling rate of municipal waste oder Biomass utilization factor</i> verwendet werden. Durch die Wiederverwendung entsprechender Materialien kann beispielsweise fossiles Material substituiert werden. → z. B.: Recycling rate of municipal waste

Titel	Egenolf und Bringezu (2019)
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Der Indikator <i>Share of products certified for sustainable production in final consumption</i> erlaubt die Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit dieser (biobasierten) Produkte. Grundsätzlich lassen sich Vergleiche (z. B. zertifizierte Bioprodukte gegenüber nicht zertifizierten oder biobasierte mit konventionellen) nur anstellen, wenn für die Produktgruppe jeweils die Fußabdrücke (<i>Land footprint, Forest footprint, Water footprint, Climate footprint, Material footprint</i>) erstellt werden. Dies setzt jedoch voraus, dass in den Input-Output-Bilanzen diese Produktklassen differenziert vorliegen. Die Indikatoren sind also für den Vergleich geeignet. Schwierig ist die Datenverknüpfung.</p>
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>Zum Konzept der planetaren Grenzen kann über den Indikator <i>Climate footprint</i> Bezug hergestellt werden. Verbindungen zu den SDGs werden in der Darstellung der Indikatoren bereits aufgeführt. Insgesamt bestehen zahlreiche Beziehungen zu den SDGs. Beispielsweise steht der Indikator <i>FAO indicator for food security</i> in direktem Bezug zur SDG2 „No hunger“. → z. B.: <i>Climate footprint</i></p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Das in Egenolf und Bringezu (2019) dargestellte Indikatorenset enthält keine Indikatoren mit direktem Bezug zu Biodiversitätsaspekten. Indirekt können über die Fußabdrücke, z. B.: <i>Land footprint, Forest footprint, Water footprint, Climate footprint, Material footprint</i> Bezüge hergestellt werden. → z. B.: <i>Land footprint</i></p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Fußabdrücke lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.</p>
<p>Stärken</p>	<p>Stärken des Indikatorensets liegen insbesondere in den Fußabdrücken, welche sehr detailliert beschrieben werden und in Bringezu et al. (2020) auf Deutschland exemplarisch angewendet wurden.</p>
<p>Schwächen</p>	<p>Die Darstellung der Indikatoren in Egenolf und Bringezu (2019) enthält u.a. die Fußabdrücke aus Bringezu et al. (2020). Letztere werden ausführlich beschrieben, u.a. in Bringezu et al. (2020). Allerdings enthält das Indikatorenset in Egenolf und Bringezu (2019) keine detaillierte Beschreibung der anderen dargestellten Indikatoren inkl. entsprechender Einheiten und möglichen Datenquellen. Es bestehen Lücken auf Seiten der Biodiversität, Substitution und ökonomischen Indikatoren. Weitergehend fokussieren die Indikatoren stark auf die Ebene der Bioökonomie und weniger auf die Ebene der Produkte, was jedoch teilweise erforderlich ist.</p>
<p>Nutzbarkeit</p>	<p>Insbesondere die Fußabdrücke sind nutzbar, für die weiteren Indikatoren fehlen entsprechende Informationen.</p>

A.21.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren

1. Access to public transport in RA
2. Number of employees in RA in Full Time Equivalents (FTE)
3. Added value of the selected bio-economy sectors in the RA
4. Ratio of land use categories to total land area
5. Proportion of degraded agricultural area
6. Loss of agricultural area
7. Loss of forest area
8. Loss of agricultural area (iluc)
9. Loss of forest area (iluc)
10. FAO Indicators for food security
11. Development of consumer prices for food commodities
12. Share of food consumption covered by domestic production
13. (Agricultural-) land footprint
14. Forest footprint
15. Water footprint
16. Climate footprint
17. Material footprint
18. Total raw material productivity
19. (GDP per resource consumption)
20. Amount of waste
21. Recycling rate of municipal waste
22. Biomass utilization factor
23. Share of products certified for sustainable production in final consumption

A.22 Wackerbauer et al. (2019): Abschlussbericht – Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie

A.22.1 Factsheet



The image shows the cover of a research report. At the top left is the 'ifo FORSCHUNGS-BERICHTE' logo. To the right is the number '104' above '2019'. The title 'Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie' is in the center. Below the title, the names of the authors are listed: Johann Wackerbauer, Tillmann Rave, Lara Dammer, Stephan Piotrowski, Wiebke Jander, Dr. Philipp Grundmann, Dr. Sven Wydra, Prof. Dr. Ulrich Schmoch. To the right of the title is a large blue icon of a document with a magnifying glass over it. At the bottom left is the 'ifo INSTITUT' logo with the text 'Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V.'. At the bottom right is the text 'Ifo Zentrum für Energie, Klima und Ressourcen'.

Bild: <https://www.ifo.de>

- ▶ Dr. Johann Wackerbauer (Projektleitung, ifo Institut), Dr. Tillmann Rave (ifo Institut), Lara Dammer (nova-Institut), Dr. Stephan Piotrowski (nova-Institut), Wiebke Jander, Dr. Philipp Grundmann, Dr. Sven Wydra, Prof. Dr. Ulrich Schmoch
- ▶ Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie. Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
- ▶ URL: <https://www.ifo.de/publikationen/2019/monographie-autorenschaft/ermittlung-wirtschaftlicher-kennzahlen-und-indikatoren>

Kurze Zusammenfassung/Abstract (aus der Quelle)

„Dieser Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Forschungsprojekts im Rahmen des Bioökonomie-Monitorings der deutschen Bundesregierung. Mit dem Bioökonomie-Monitoring werden möglichst alle wirtschaftlichen Sektoren, Produktionsprozesse und Produkte erfasst, die auf biogenen Ressourcen basieren. Dies beinhaltet sowohl traditionelle Bereiche wie die Holzwirtschaft oder die Lebensmittelindustrie als auch neue innovative Anwendungsbereiche für biobasierte Materialien. Die Zielsetzung dieser Untersuchung bestand darin, zur Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für ein langfristiges Monitoring der Bioökonomie beizutragen. Durch ein kontinuierliches Monitoring soll eine Wissensbasis für politisches Handeln und eine öffentliche Auseinandersetzung über die Bioökonomie geschaffen werden. Zur Erreichung der Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie wurden auf Basis wissenschaftlicher Forschung Kriterien und Indikatoren entwickelt und Verfahren der Datenerhebung etabliert, um möglichst alle Dimensionen der Bioökonomie messbar zu machen und Wirkmechanismen und Zusammenhänge durch eine systemische Modellierung abzubilden. So werden Fortschritte, aber auch mögliche Hemmnisse oder Zielkonflikte im Transformationsprozess hin zu einer Bioökonomie sichtbar gemacht, um daraus gegebenenfalls notwendige Konsequenzen ziehen zu können.“ (Quelle: <https://www.ifo.de/publikationen/2019/monographie-autorenschaft/ermittlung-wirtschaftlicher-kennzahlen-und-indikatoren>).

A.22.2 Auswertung der Monitoringsystem

Kurztitel:	Wackerbauer et al. (2019)
Autor*in (Jahr): Titel	Wackerbauer et al. (2019): Abschlussbericht – Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie
Link	https://www.ifo.de/DocDL/ifo_Forschungsberichte_104_2019_Monitoring-Bioökonomie.pdf
Welche Ansätze und Indikatoren werden zur Bewertung der verfügbaren Biomassepotenziale verwendet? Erfolgt eine Bewertung der umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenziale?	<p>Ansätze allgemein: Schwerpunkte auf ökonomische und innovative Beiträge nach Wirtschaftszweigen (WZ) der Bioökonomie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • WZ-Klassifizierung • Ökologische Bilanzierung • Kaskaden- und Kopplungsnutzungen <p>Indikatoren allgemein: Ökonomische Indikatoren (S. 29), zudem Indikatoren zu Innovationsprozessen (F&E; Publikationen & Patente, S. 64), plus insbes. Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung (S. 34). Zudem ökologische Indikatoren mit Top-Down- (S.36) und Bottom-Up-Ansatz (S. 38ff).</p> <p>Ansätze und Indikatoren hinsichtlich des Biomassepotentials: Neben den inländischen Flächen nach Nutzungsart werden Einfuhren (und Flächennutzung) vom Ausland in die Betrachtung einbezogen. Als Basis werden herangezogen: die „Verwerteten inländischen Entnahme biotischer Rohstoffe“ und der „Einfuhr von biotischen Rohstoffen“. Es wird vorgeschlagen neben der ökon. Rohstoffproduktivität auch die (inländische plus indirekte) Flächenproduktivität nach WZ anzugeben (S. 31ff).</p> <p>Zusätzlich werden begrenzende ökologische Indikatoren zu Emissionen (Luft), Phosphor, THG, Wasser/Abwasser mitberücksichtigt.</p> <p>Bewertung umweltgerecht verfügbarer Biomassepotentiale: Eine umweltgerechte Perspektive auf Biomassepotentiale kann mit den vorgeschlagenen ökologischen Indikatoren überwiegend indirekt abgeleitet werden. So wird die Ressourcen- und Flächenutzung auch bezogen auf die Einfuhren nach Wirtschaftszweigen vorgeschlagen. Hilfreich sind zudem die Indikatoren zu ökologischen Grenzen (Luft, Wasser, THG, etc.). Soziale und gesundheitliche Umweltaspekte sind weniger im Fokus.</p>
Mit welchen Ansätzen und Indikatoren wird der erwartbare <u>zusätzliche Bedarf</u> an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert?	<p>Ansätze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kaskaden- und Kopplungsnutzungen • Ökologische Bilanzierung <p>Indikatoren: Mittels des Top-Down-Ansatz können ökologischer Indikatoren auch auf Untersektoren der Bioökonomie umgelegt werden (Biobasierter Anteil eines Sektors – BBS, vgl. S. 36f). Es wird vorgeschlagen, zusätzlich Indikatoren der Ökobilanzierung (Bottom-Up) heranzuziehen, um z. B. Substitution fossiler Rohstoffe, Verbrauch von Phosphor, Dünger und Pestizideinsatz nach Bioökonomie-Sektor, bzw. WZ zu generieren (vgl. S. 38ff; Tabelle, S.40). Auf Treiber und Hemmnisse der Biomassenutzung wird eingegangen und vorgeschlagen, die Innovationsbefragungen auf den</p>

Kurztitel:	Wackerbauer et al. (2019)
	<p>Bioökonomiebereich auszuweiten, um Statusermittlung (Ist-Zustands und kurzfristige Entwicklung) erheben zu können (vgl. S. 108):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Treiber: Technologischer Fortschritt, Substitution fossiler Ressourcen, Beiträge der Bioökonomie zu Klima-/Umweltschutz und Ernährungssicherheit, Politische Unterstützung. • Hemmnisse: Kosten, Technologische Herausforderungen, Mangelndes Wissen und Zahlungsbereitschaft bei Verbrauchern, Finanzierungsbedarf, Politische Rahmenbedingungen, Rohstoffverfügbarkeit.
<p>Werden Verschiebungen der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie adressiert und bewertbar gemacht?</p>	<p>Verschiebungen werden ökonomisch, aber auch stofflich berücksichtigt, wobei die derzeitigen limitierenden Lücken der Datenerhebung zu Up- und Down-Stream-Ansätzen benannt werden. Ein Substitutionsfilter stellt die Verbindung zwischen fossil- und biobasierten Substitutionsgütern her. Er soll den Anteil der ersetzen fossilen Güter ausweisen. Damit kann berücksichtigt werden, dass biobasierte Güter z.T. unter Einsatz von fossilen Gütern gewonnen werden. (vgl. S. 21ff).</p> <p>Indikatoren zur Biomasseverwendung (S. 34):</p> <ul style="list-style-type: none"> • C 5 Materialeinsatz biotischer Rohstoffe zur Herstellung von Gütern • C 6 Erzeugung von Bioenergie • C 6.1 Elektrizitätserzeugung aus Biomasse • C 6.2 Wärmeerzeugung aus Biomasse • C 6.3 Erzeugung von Biokraftstoffen • C 7 Verwendung von Bioenergie in Produktionsbereichen • C 8 Biobasierter Anteil in einem Wirtschaftszweig • C 9 Erzeugung von biobasierten Produkten • C 10 Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig.
<p>Wie werden Umweltwirkungen der Biomassenutzungen und vor allem der neuen/ zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie bewertet?</p>	<p>Unter den Indikatoren „C 2 Inländischer Verbrauch biotischer Rohstoffe sowie Halb- und Fertigwaren aus Biomasse“ werden die verwertete inländische Entnahme biotischer Rohstoffe als auch Einführen und Ausführen berücksichtigt (S. 34).</p> <p>Umweltwirkungen werden berücksichtigt durch Indikatoren der Ökobilanzierung plus zusätzlich vorgeschlagene Indikatoren (bspw. THG- und Fossile Rohstoff-Einsparung, Phosphor, Pestizide, Stickstoff – vgl. S. 40).</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>Der Ansatz, Bioökonomie auf WZ-Ebene zu verstehen, mit dem Filter „Substitution endlicher Rohstoffe“, lenkt die Betrachtung auf Alternativen zu fossilen Prozessen und Produkten. (Der zweite Filter zur Abgrenzung der Bioökonomie schließt das Verarbeitende Gewerbe mit ein, vgl. S. 5).</p> <p>Mit dem Indikator „C 10 Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig“ kann der biobasierte Anteil, nicht aber der direkte Umweltvorteil abgelesen werden.</p> <p>Zumindest in der Gesamtschau, insb. mit den Indikatoren zur Umweltbilanzierung kann Umweltvorteilhaftigkeit abgeleitet werden.</p>
<p>Wird ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030</p>	<p>Mit den ökologischen Indikatoren, insb. zu Bilanzierungen (Top-Down & Bottom-Up) können z.T. Bezüge zu den Konzepten und Zielen planetarer Grenzen und der Agenda 2030 hergestellt werden. Auch wenn diese nicht priorisiert sind. Gesundheitliche- oder soziale</p>

Kurztitel:	Wackerbauer et al. (2019)
(Sustainable Development Goals) hergestellt? Und wenn ja, auf welche Weise?	Wirkungen, bzw. Differenzierung von Auswirkungen nach soziökonomischen Gruppen finden nicht statt.
Erfolgt eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren?	Ein deutlicher Fokus liegt auf der ökonomischen und innovativen Ausrichtung nach Wirtschaftszweigen der Bioökonomie. Von dort aus werden auch die ökologischen Dimensionen erschlossen.
Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?	Es findet keine direkte Gewichtung statt. Die Strukturierung nach Themen ist wie folgt geordnet: Indikatoren zur Ökonomie, Innovationsprozesse und Biomasseaufkommen und -verwendung.

Bewertung Monitoringsystem:	Thema 1: Ökonomische Indikatoren	Thema 2: Indikatoren zu Innovationsprozessen	Thema 3: Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung
Umweltgerechte Biomassenpotenziale?	0	0	1
Zusätzlicher Bedarf an Biomassen?	1	1	2
Veränderungen der Nutzung und Ströme?	1	1	2
Umweltwirkungen der Ausweitung?	0	0	2
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit?	0	0	1
Planetare Grenzen und SDGs?	0	0	1
Hierarchisierung / Priorisierung?	1	0	0
Gewichtung?	1	0	0

Legende zu den Markierungsoptionen

?: unklar

0: nicht berücksichtigt

1: dafür verwendet / Bewertung erfolgt

2: Schwerpunkt

A.22.3 Analyse bestehender Indikatorensysteme

Systematisierung der Indikatoren

Quelle	Produktbezogen	Strategiebezogen bzw. politikbezogen	Landnutzung	Landnutzungsänderung	Biodiversität & Ökosysteme	Aspekte der Wertschöpfungskette	Ressourcenschonung
Wackerbauer et al. (2019)	x	x	x		(x)	x	x

Auswertung der Indikatoren

Titel	Wackerbauer et al. (2019)
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht verfügbaren Biomassepotenzialen?	<p>Die Indikatoren aus dem Themenbereich C – <i>Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung</i> erlauben die Bewertung (Quantifizierung) des verfügbaren Biomassepotenzials (C1 – C 4.2).</p> <p>Ob diese Potenziale als „umweltgerecht“ zu verstehen sind, wird durch die Indikatoren nicht dargestellt. Eine Ausnahme stellt der Indikator C 1.1.7 <i>Flächen im ökologischen Anbau</i> dar.</p> <p>Die Indikatoren umfassen auf Seite des Biomasseaufkommens die <i>Flächeninanspruchnahme</i> (C 1.1 - C 1.2), den <i>inländischen Verbrauch biotischer Rohstoffe sowie Halb- und Fertigwaren aus Biomasse</i> (C 2), sowie die <i>Produktionsmenge primärer und sekundärer biogener Rohstoffe</i> (C 3 - C 4).</p> <p>→ z. B.: C 1.1.3 Ackerfläche, C 4.2 Produktionsmenge Abfallstoffe</p>
Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?	<p>Eine Verschiebung/Veränderung der Biomassenutzung bzw. -verwendung kann mit den Indikatoren zur Biomasseverwendung (C 5 – C 10) aus dem Themenbereich C - <i>Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung</i> abgebildet werden.</p> <p>Hierfür ist eine entsprechende temporale Auflösung erforderlich. Unter der Voraussetzung eines konstanten Biomassepotenzials kann grundsätzlich jegliche Dynamik innerhalb der Bioökonomie durch Veränderungen/Verschiebungen der Indikatorwerte (C 5 – C 10) nach dem „je-mehr-vom-einen-desto-weniger-vom-anderen-Prinzip“ dargestellt werden. Beispielsweise kann eine Zunahme der Erzeugung von Biokraftstoffen mit einer Verringerung der Wärmeerzeugung aus Biomasse einhergehen.</p> <p>→ z. B.: C 6.3 Erzeugung von Biokraftstoffen</p>
Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?	<p>Neue Nutzungen können grundsätzlich durch <i>Innovationsindikatoren</i> des Themenbereichs B in ihrer Quantität (Anzahl, Häufigkeit etc.) bewertet werden (z. B.: Anzahl Patente B1).</p> <p>Eine weitergehende Umweltbewertung im qualitativen Sinne (welche Umweltwirkungen treten auf?) dieser neuen Nutzungen ist jedoch nur bedingt mit den Indikatoren möglich. Hierzu bedarf es gegebenenfalls indirekter Ansätze, indem beispielsweise über die Zunahme der Produktionsmenge tierischer Erzeugnisse (C 3.2)</p>

Titel	Wackerbauer et al. (2019)
	<p>Rückschlüsse auf Umweltwirkungen (THG-Anstieg) gezogen werden. In ähnlicher Art und Weise kann beispielsweise durch die Zunahme der Flächen im ökologischen Anbau (C 1.1.7) auf positivere Umweltwirkungen geschlossen werden. Insofern können die Indikatoren C 1 – C 4.2 aus dem Themenbereich C - <i>Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung</i> für eine indirekte Bewertung der Umweltwirkungen von neuen/zusätzlichen Nutzungen verwendet werden. Wie auch bei vorherigen Ausführungen spielt die temporale Auflösung eine essenzielle Rolle, um entsprechende Vergleiche ziehen zu können.</p> <p>Darüber hinaus können die ökologischen Indikatoren verwendet werden. Hierfür gilt es jedoch zu klären, ob die Indikatoren auf S. 36 und S. 40 Bestandteil des Indikatorensatzes von Wackerbauer et al. (2019) sind oder nicht. Besonders geeignet für das Darstellen der Umweltwirkungen sind bei dem Top-Down Ansatz die Indikatoren mit THG-Bezug (Emissionen von Luftschaftstoffen, THG-Emissionen in CO₂-Äq), Wassereinsatz, Abwasser und Phosphor in Fließgewässern. Bei dem Bottom-up Ansatz wären alle Indikatoren aus Tabelle 2, S. 40 von Interesse.</p> <p>→ z. B.: C 1.1.7 Flächen im ökologischen Anbau, Versauerungspotenzial, Abwasser</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten?</p>	<p>Mit Hilfe des Indikators <i>Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig</i> (C 10) innerhalb des Themenbereichs C - <i>Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung</i> kann die Wirkung einer Substitution bewertet werden.</p> <p>Darüber hinaus kann indirekt, über den biobasierten Anteil in einem Wirtschaftszweig, eine Zunahme bzw. Abnahme der Substitution ermittelt werden, da davon ausgegangen werden kann, dass mit einer Zunahme biobasierter Produktion eine erhöhte Substitution fossiler/abiotischer Produkte einhergeht. Somit können grundsätzlich alle Indikatoren aus dem Bereich <i>Biomasseverwendung</i> (C 5 – C 10) zur indirekten Darstellung der Substitution verwendet werden. Darüber hinaus kann auch hierfür auf die ökologischen Indikatoren, insbesondere auf den Indikator Substitution (Einsparung fossiler Rohstoffe) aus Tabelle 2, S. 40 (Bottom-up-Ansatz) zurückgegriffen werden.</p> <p>→ z. B.: C 10 Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig</p>
<p>Erlauben die Ansätze eine Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit der biobasierten Prozesse/ Produkte gegenüber den herkömmlichen Prozessen/ Produkten?</p>	<p>In diesem Kontext können insbesondere die Indikatoren zur Substitution <i>Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig</i> (C 10) verwendet werden.</p> <p>Unter der Annahme, dass eine Zunahme der Biomasseverwendung mit einer Zunahme an Substitution einhergeht, können theoretisch die Indikatoren zur Biomasseverwendung (C 5 – C 10) – in indirekter Art und Weise – zur Darstellung einer zunehmenden Umweltvorteilhaftigkeit herangezogen werden. Weitergehend kann vor allem durch die Verwendung der ökologischen Indikatoren aus Tabelle 2, S. 40 die Umweltvorteilhaftigkeit dargestellt werden. Eine geringe Ausprägung dieser Kennzahlen (beispielsweise ein geringerer Anteil an Pestiziden) kann die Umweltvorteilhaftigkeit eines</p>

Titel	Wackerbauer et al. (2019)
<p>Welche Indikatoren ermöglichen es, einen Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen oder vergleichbarer Konzepte sowie zu den Zielen der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals) herzustellen?</p>	<p>biobasierten Produktes gegenüber einem herkömmlichen Produkt abbilden.</p> <p>➔ z. B.: C 10 Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig, Pestizide im Boden</p> <p>Ein Bezug zum Konzept der planetaren Grenzen, insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, kann über die <i>ökologischen Indikatoren</i> mit THG-Bezug (Emissionen von Luftschaftstoffen, THG-Emissionen in CO₂-Äquivalente (CO₂-ÄQ) aus Tabelle 1, S. 36 erfolgen.</p> <p>Im Hinblick auf die Dimension Landnutzungsänderung, stellen Änderungen innerhalb der Indikatoren zur <i>Flächeninanspruchnahme</i> (C 1.1 – C 1.2) ebenfalls potenzielle Anknüpfungspunkte an das Konzept der planetaren Grenzen dar.</p> <p>Mit Blick auf die Ziele der Agenda 2030, können Indikatoren aus dem <i>Themenbereich A – Allgemeine ökonomische Indikatoren</i> verwendet werden.</p> <p>Beispielsweise kann der Indikator <i>Beschäftigte</i> (A 6) in Verbindung zu SDG1 "No poverty" stehen. Weitere Verbindungen zu SDG 6 "Clean water", SDG 7 "Clean energy", SDG 8 "decent work and economic growth", SDG 9 "Industry, Innovation and infrastructure", SDG 12 "responsible consumption and production", SDG 13 "climate action" und SDG 15 "Life on land" können hergestellt werden.</p> <p>➔ z. B.: A6 Beschäftigte</p>
<p>Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?</p>	<p>Es liegen keine Indikatoren mit direktem Bezug zu Biodiversitätsaspekten im Indikatorenset A - C vor.</p> <p>Wie auch bei den Umweltwirkungen können Biodiversitätsaspekte indirekt, d. h. über Rückschlüsse, bewertet werden. Hierbei können die Indikatoren aus dem Themenbereich C - <i>Indikatoren für Biomasseaufkommen und -verwendung</i> Anwendung finden. Die ökologischen Indikatoren aus Tabelle 1, S. 36 und insbesondere Tabelle 2, S. 40 erlauben jedoch die Bewertung von Biodiversitätsaspekten. Die Indikatoren <i>Verursachung von Pestiziden im Boden, Behandlungshäufigkeit, Wirkstoffmenge eingesetzter Pestizide und Düngereinsatz Stickstoffdünger</i> können direkt verwendet werden, um den Erhalt und die Stärkung der Biodiversität bewerten zu können.</p> <p>➔ z. B.: Wirkstoffmenge eingesetzter Pestizide</p>
<p>Lassen sich die Indikatoren in das Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren?</p>	<p>Ja, die Indikatoren aus dem Themenbereich A - C lassen sich in ein Monitoringkonzept der Bundesregierung integrieren.</p> <p>Um die Verwendung der ökologischen Indikatoren zu ermöglichen, gilt es in Erfahrung zu bringen, ob die Indikatoren auf S. 36 und S. 40 Bestandteil des Indikatorensets von Wackerbauer et al. (2019) sind. Für den Fall, dass auch diese Indikatoren verwendet werden können, ist eine detaillierte Selektion der Indikatoren erforderlich um Dopplungen (z. B.: es gibt mehrere Substitutionsindikatoren) zu vermeiden.</p> <p>Wackerbauer et al. (2019) diskutieren u.a. den Einbezug in ein systematisches Monitoring. Dabei wird insbesondere eine vertiefte</p>

Titel	Wackerbauer et al. (2019)
	Untersuchung der Treiber und Hemmnisse der Bioökonomie empfohlen.
Stärken	<p>Stärken des Indikatorensatzes von Wackerbauer et al. (2019) liegen einerseits in der Bereitstellung von Indikatoren mit direktem Bezug zur Biomasse, als auch in der Granularität des Indikatorensatzes.</p> <p>Insbesondere im Bereich ökologische Kriterien kann sowohl auf den Top-Down-Ansatz, als auch auf den Bottom-Up-Ansatz zurückgegriffen werden. Eine weitere Stärke des Indikatorensatzes liegt in der Prüfung der Datenverfügbarkeit. Somit ist sichergestellt, dass für die Indikatoren aus Wackerbauer et al. (2019) entsprechende Daten vorliegen.</p>
Schwächen	<p>Schwächen liegen primär im Bereich der Lücken des Indikatorensatzes.</p> <p>Der Themenbereich A – C des Indikatorensatzes enthält grundsätzlich sehr wenig Indikatoren bzw. Bezüge zu Biodiversität und Ökosystemen, somit muss für diese Bereiche auf indirekte Ansätze oder die Verwendung der ökologischen Indikatoren zurückgegriffen werden. Weitergehend ist das Indikatorensatz leicht unübersichtlich strukturiert, da nicht offensichtlich ist welche der ökologischen Indikatoren nun zum Indikatorensatz von Wackerbauer et al. (2019) gehören und nicht.</p>
Nutzbarkeit	Einige Indikatoren aus dem Indikatorensatz sind nutzbar, allerdings ist eine Prüfung der ökologischen Indikatoren und eine anschließende Selektion erforderlich.

A.22.4 Zusammenstellung der Indikatoren

Liste der Indikatoren
<p><i>Allgemein ökonomische Indikatoren</i></p> <p>A 1 Anzahl der Unternehmen3</p> <p>A 2 Anzahl der Betriebe4</p> <p>A 3 Umsatz</p> <p>A 4a Inlandsumsatz</p> <p>A 4b Auslandsumsatz</p> <p>A 5 Lohnsumme</p> <p>A 6 Beschäftigte</p> <p>A 7 Arbeitsintensität</p> <p>A 8 Investitionen</p> <p>A 9 Bruttonproduktionswert</p> <p>A 10 Materialverbrauch</p> <p>A 11 Sonstige Vorleistungen</p> <p>A 12 Nettoproduktionswert</p> <p>A 13 Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen</p> <p>A 14 Verbrauchssteuern</p> <p>A 15 Kostensteuern abzüglich Subventionen</p> <p>A 16 Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten</p> <p>A 17 Abschreibungen</p> <p>A 18 Nettowertschöpfung zu Faktorkosten</p>

Liste der Indikatoren

A 19 Bruttoeinkommen aus selbständiger Arbeit
A 20 Subventionen

Biomasseaufkommen

C 1 Fläche für die Produktion von Biomasse
C 1.1 Landwirtschaftlich genutzte Fläche
C 1.1.1 Fläche für die Produktion von Industriepflanzen
C 1.1.2 Fläche für die Produktion von Energiepflanzen
C 1.1.3 Ackerfläche
C 1.1.4 Dauerkulturen
C 1.1.5 Dauergrünland
C 1.1.6 Stilllegungsflächen/Brache
C 1.1.7 Flächen im ökologischen Anbau
C 1.2 Waldfäche
C 2 Inländischer Verbrauch biotischer Rohstoffe sowie Halb- und Fertigwaren aus Biomasse
C 2.1 Verwertete inländische Entnahme biotischer Rohstoffe
C 2.2 Einfuhr von Gütern aus Biomasse (Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren)
C 2.3 Ausfuhr von Gütern aus Biomasse (Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren)
C 3 Produktionsmenge primärer, biogener Rohstoffe
C 3.1 Produktionsmenge pflanzlicher Erzeugnisse
C 3.2 Produktionsmenge tierischer Erzeugnisse
C 3.3 Produktionsmenge landwirtschaftlicher Erzeugnisse
C 3.4 Produktionsmenge forstwirtschaftlicher Erzeugnisse
C 3.5 Produktionsmenge Fischerei- und Aquakulturerzeugnisse
C 4 Produktionsmenge sekundärer, biogener Rohstoffe
C 4.1 Produktionsmenge Reststoffe
C 4.2 Produktionsmenge Abfallstoffe

Biomasseverwendung

C 5 Materialeinsatz biotischer Rohstoffe zur Herstellung von Gütern
C 6 Erzeugung von Bioenergie
C 6.1 Elektrizitätserzeugung aus Biomasse
C 6.2 Wärmeerzeugung aus Biomasse
C 6.3 Erzeugung von Biokraftstoffen
C 7 Verwendung von Bioenergie in Produktionsbereichen
C 8 Biobasierter Anteil in einem Wirtschaftszweig
C 9 Erzeugung von biobasierten Produkten
C 10 Substitutionsanteil in einem Wirtschaftszweig

Innovationsindikatoren

B 1 Anzahl der Patente
B 2 Patentsignifikanz
B 3 Patentspezialisierung (RPA – Revealed Patent Advantage)
B 4 Patentanzahl nach Teilsegmenten
B 5 Anzahl der Publikationen
B 6 Publikationssignifikanz
B 7 Publikationsspezialisierung (RLA – Revealed Literature Advantage)
B 8 Publikationsanzahl nach Teilsegmenten
B 9 Öffentliche FuE-Aufwendungen
B 10 Private FuE-Aufwendungen
B 11 Qualifikation der Beschäftigten
B 12 Hochschulabsolventen/-studenten
B 13 Auszubildende

Liste der Indikatoren

Ökologische Indikatoren (nicht vollständig):

- Verbrauch fossiler Rohstoffe in Terajoule
- Substitutionsanteil in Prozent
- Biogener Rohstoffeinsatz in Tonnen
- Flächenbedarf in Hektar
- Energieverbrauch in Terajoule
- Treibhausgasemissionen der Rohstoffproduktion in t CO₂-Äquivalent

B Anhang: Leitfaden für die Expert*innenbefragung

Für die Experteninterviews wurde der folgende Interviewleitfaden (bzw. seine englische Übersetzung) verwendet. Die Befragten hatten die Möglichkeit, die schriftlichen Fragen im Voraus zu erhalten, um sich auf das Gespräch vorzubereiten.

Interviewleitfaden zum Monitoring der Bioökonomie

*Beschreibung: Zehn Expert*innen werden mittels eines Leitfadens interviewt. Dieser beginnt mit der Kernfrage und enthält weitere offene Fragen (abgestimmt mit dem Auftraggeber). Für anschließende Kurzprotokolle wird das Einverständnis zur Aufzeichnung eingeholt/alternativ live mitprotokolliert. Erlaubnis zur Erstellung und Weiterverarbeitung der Kurzprotokolle wird eingeholt (auf Wunsch anonymisiert).*

Länge des Interviews: ~30-50 Minuten

Hintergrund:

Das Projekt 'Weiterentwicklung des „Monitoringsystem Bioökonomie“ unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des vorsorgenden Umweltschutzes“ wird vom Ecologic Institut und Partnern im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchgeführt. Die Studie soll im Rahmen der stattfindenden Transformation hin zu einer biobasierten Wirtschaft durch die Entwicklung eines Monitoringsystems mit relevanten und aussagekräftigen Bioökonomie-Indikatoren zur Nachhaltigkeit und zum effektiven Schutz der natürlichen Systeme beitragen.

Telefoninterviews werden durchgeführt, um Einschätzungen von Experten zu folgenden Themen einzuholen: 1) Welche Informationen soll ein Monitoring im Kontext des Umwelt- und Naturschutzes liefern, und 2) ob und inwieweit diese im jetzigen Monitoring Berücksichtigung finden. Die Kernfrage ist dabei, welche Aspekte und Bereiche der ökologischen Nachhaltigkeit einer Bioökonomie bisher nicht (adäquat) einbezogen und durch Indikatoren beschrieben werden.

Interviewfragen:

1. **Fachgebiet:** Was ist der Schwerpunkt ihrer aktuellen Arbeit in Bezug auf Bioökonomie-Indikatoren?
2. **Aktuelles Monitoring:** Kennen Sie aktuelle Projekte oder Veröffentlichungen, die sich mit den Umweltauswirkungen der Bioökonomie befassen?
3. **Kernfrage:** Welche Aspekte und Bereiche der ökologischen Nachhaltigkeit einer Bioökonomie werden bisher im bestehenden Monitoringsystem der Bioökonomie [in Deutschland] nicht (adäquat) einbezogen und durch Indikatoren beschrieben? (**siehe Tabelle unten**)
4. **Kurzfristige Prioritäten:** Welche Umweltthemen könnten in naher Zukunft gut durch Indikatoren erfasst werden, d. h. sie sind sowohl von hoher Bedeutung als auch robuste Messgrößen sind vorhanden oder könnten zeitnah entwickelt werden?

5. **Längerfristige Prioritäten:** Welche Umweltaspekte sind Ihrer Meinung nach wichtig zu messen, obwohl es besonders schwierig sein wird, robuste Indikatoren zu entwickeln?
6. **Nächste Schritte:** Welche Aktivitäten würden Sie in Bezug auf die Entwicklung von Indikatoren und deren Umsetzung priorisieren?
7. **Abschlussfrage:** Welche weiteren Aspekte und Indikatoren der ökologischen Nachhaltigkeit der Bioökonomie [in Deutschland] fehlen nach ihrer Einschätzung noch, bzw. müssen zusätzlich erwähnt werden?

Dank und Verabschiedung.

3. Kernfrage:

Die Befragten werden zuerst gebeten, Fehlstellen und bisher ausgeblendete Aspekte allgemein zu benennen. Nach dieser eröffnenden Kernfrage werden zentrale Themen der ökologischen Nachhaltigkeit abgefragt mit Fokus auf 1) welche Aspekte und Bereiche der ökologischen Nachhaltigkeit einer Bioökonomie werden bisher nicht (adäquat) einbezogen und durch Indikatoren beschrieben; 2) vielversprechende Ansätze und Indikatoren; und 3) zentrale Herausforderungen bei der Entwicklung von robusten Indikatoren.

In der nachfolgenden Tabelle sind die relevanten Themen aufgeführt.

Tabelle B-1: Zentrale Fragen nach Themenbereichen

Themen	Frage 1	Frage 2	Frage 3
Umweltgerechte Biomassepotenziale Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von umweltgerecht* verfügbaren Biomassepotenzialen? *z. B. THG-Emissionen, Biodiversität, Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung	<i>Adäquat einbezogen und durch Indikatoren beschrieben?</i>	<i>Vielversprechen de Ansätze und Indikatoren?</i>	<i>Zentrale Herausforderung bei der Entwicklung von robusten Indikatoren?</i>
Zusätzliche Bedarf an Biomassen Mit welchen Ansätzen und Indikatoren kann der erwartbare zusätzliche Bedarf an Biomassen durch eine Ausweitung der Bioökonomie adressiert werden?			
Veränderungen der Nutzung und Ströme Welche Indikatoren ermöglichen die Bewertung einer Verschiebung der Biomassenutzungen/ Veränderungen der Biomasseströme innerhalb der Bioökonomie?			
Biodiversität Welche Indikatoren erlauben die Bewertung von Biodiversitätsaspekten der Biomassenutzungen?			
Umweltwirkungen der Ausweitung Welche Indikatoren erlauben die Bewertung der Umweltwirkungen vor allem von neuen/zusätzlichen Nutzungen durch die Ausweitung der Bioökonomie?			
Bewertung der Umweltvorteilhaftigkeit* Welche Indikatoren erlauben eine Bewertung der Wirkungen einer Substitution von fossilen/abiotischen Produkten mit biotischen Produkten? *z. B. THG-Emissionen, Biodiversität, Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung			

Themen	Frage 1	Frage 2	Frage 3
Hierarchisierung / Priorisierung Halten Sie eine Hierarchisierung /Priorisierung der Indikatoren für notwendig? Wie könnte diese erfolgen?			
Gewichtung Wie erfolgt ggfls. eine Gewichtung der Indikatoren?			

C Anhang: RACER Screeninganalysen

C.1 Zertifizierung unter Berücksichtigung der landschaftlichen Gegebenheiten

Indikator: Zertifizierung unter Berücksichtigung der landschaftlichen Gegebenheiten

Beschreibung: Eine Zertifizierung, die den landschaftlichen Gegebenheiten Rechnung trägt, könnte dazu beitragen, Landnutzungsänderungen zu verhindern oder zu verlangsamen, die der biologischen Vielfalt und der natürlichen Umwelt schaden. Ein Beispiel für ein solches Zertifizierungssystem ist die „ISCC Landscape Approach“ der Internationale Nachhaltigkeits- und Kohlenstoffzertifizierung (ISCC 2023).

Einheit: verschiedene Einheiten, z. B. tonne (oder %) Trockenmasse zertifiziert, Hektar (oder %) zertifiziert; % diverse Zertifizierungen könnte einbezogen werden

Einordnung EU-BMS Taxonomie: mehrere

Einordnung DPSIR-Framework: mehrere

Quelle: Beispiel: <https://www.iscc-system.org/about/objectives/>

Adressierte Fehlstelle(n) im bisherigen Monitoring der Bioökonomie: Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen stehen im Zusammenhang mit der Biodiversitäts- und Klimakrise und sind daher eine zentrale Herausforderung bei der Umsetzung einer nachhaltigen Bioökonomie. Die Zertifizierung könnte dazu beitragen, zu überprüfen, ob Biomasse, die im Inland oder weltweit bezogen wird, nicht zu schädlichen Landnutzungsänderungen führt (Beck-O'Brien und Henke 2023). Zertifizierungs- und Kennzeichnungssysteme auf der Ebene des landwirtschaftlichen Betriebs oder der Plantage sind jedoch nicht gut geeignet, um Vorteile auf Landschaftsebene zu erzielen und Landnutzungsänderungen zu verhindern, die der biologischen Vielfalt und der natürlichen Umwelt schaden (van der Ven et al. 2018). Das EU-BMS enthält Zertifizierungsindikatoren (2.2.a.6 Zertifizierte Wälder und 5.6.a.2 Anzahl der gekennzeichneten oder zertifizierten biobasierten Produkte), und Egenolf und Bringezu (2019) nennen den "Anteil der für nachhaltige Produktion zertifizierten Produkte am Endverbrauch" als einen potenziellen Indikator. Das EU-BMS legt jedoch bisher keine Daten für seine Zertifizierungsindikatoren vor. Auch der Pilotbericht zum Bioökonomie-Monitoring für Deutschland enthält keinen Zertifizierungsindikator. Die Zertifizierung wird jedoch auf der Website des Monitoring Bioeconomy an prominenter Stelle als ein Element der Monitoring-Toolbox erwähnt (Beck-O'Brien und Henke 2023).

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Eine Zertifizierung unter Berücksichtigung der landschaftlichen Bedingungen würde eine wichtige Monitoring-Lücke schließen, nämlich dass die Nachhaltigkeit der Biomasseproduktion mit den Systembedingungen auf der Ebene der lokalen und regionalen Landschaft und ihrer Ökosysteme zusammenhängt.
- ▶ **Akzeptiert:** Zertifizierungssysteme spielen bereits eine wichtige Rolle im europäischen politischen Rahmen, der regelt, welche Biokraftstoffbestände im Rahmen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) als nachhaltig gelten (Europäische Kommission 2018b). Die Europäische Kommission hat mehrere freiwillige und nationale Zertifizierungssysteme offiziell anerkannt (Europäische Kommission 2023b).
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Nach Beck-O'Brien und Henke (2023) gibt es nur wenige Studien über die Wirksamkeit von Zertifizierungen, und die Ergebnisse widersprechen sich in Bezug

auf den Grad der Wirksamkeit und Strenge. Darüber hinaus kann ein großes und vielfältiges Angebot an Zertifizierungszeichen zu Verwirrung und dem Vorwurf des Greenwashing führen. Die Autoren verweisen auf Innovationen bei Zertifizierungsansätzen, die Aspekte der Landschaft und der biologischen Vielfalt abdecken, und auf erhebliche Investitionen in Stringenz, Qualität und Effektivität.

- ▶ **Einfach:** Ein Zertifizierungssystem auf Landschaftsebene könnte auf bestehenden Zertifizierungssystemen basieren und um die zusätzlichen Komponenten ergänzt werden, die erforderlich sind, um Probleme auf Landschaftsebene zu lösen. Die Ausweitung der Zertifizierung auf die Landschaftsebene und die biologische Vielfalt erhöht die Komplexität der Zertifizierungsbewertungen.
- ▶ **Robust:** Die Ausweitung des Umfangs der zu untersuchenden Zusammenhänge bedeutet, dass ein umfassenderer Anspruch hinsichtlich der Kausalität erhoben wird, nämlich dass die Auswirkungen der zertifizierten Tätigkeit auf Landschaftsebene gut verstanden werden und die Menge und Art der bei der Zertifizierung berücksichtigten Nachweise ausreichen, um diese Ansprüche zu stützen. Ein Zertifizierungssystem auf Landschaftsebene könnte immer noch weitreichende Auswirkungen aufgrund der globalen Marktdynamik (z. B. indirekte Landnutzungsänderungen in anderen Regionen oder Ländern, die durch eine allgemeine Ausweitung der Biomasseproduktion verursacht werden) verpassen. Die Bedenken über Greenwashing könnten fortbestehen und sich aufgrund der zusätzlichen Komplexität und der Einbeziehung schwächerer Kausalzusammenhänge noch verstärken (z. B. wegen Verbindung von Aktivitäten auf der Ebene von Farmen und Plantagen mit Auswirkungen und Schwellenwerten auf Landschaftsebene).

Punktebewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: NA	Einfach: 1	Robust: NA
-------------	---------------	-----------------	------------	------------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.2 Netto THG-Emissionen der Bioökonomie

Indikator: Netto THG-Emissionen der Bioökonomie

Beschreibung: Der Indikator bilanziert die Treibhausgas (THG)-Emissionen sowie THG-natürliche und technische Entnahmen aus den unterschiedlichen Sektoren der Bioökonomie. Er umspannt die Abfall-, Energie-, Industrie-, Fischerei und Aquawirtschaft sowie die Landwirtschaft, Landnutzung und Forstwirtschaft. THG-Emissionen fallen dort durch die Produktion, Bearbeitung und Weiterverarbeitung von Biomasse an. THG-Entnahmen werden durch die natürlichen Senken realisiert oder durch technische Lösungen wie etwa bei der Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung.

Einheit: t CO₂-Äqu.

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 4.1 *Climate change mitigation and adaptation are pursued*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure*

Quellen: Bringezu et al. (2020); Egenolf und Bringezu (2019).

Adressierte Fehlstelle(n): Die netto THG-Emissionen aus Biokraftstoffen, Bioabfällen sowie der Fischerei und Aquakultur werden auf der europäischen Ebene entweder nicht umfassend oder gar nicht bilanziert (Kilsedár et al. 2021, S. 33f.). Dies führt dazu, dass die zugrundeliegende Entwicklung der europäischen THG-Emissionen nur unzureichend beleuchtet ist, da bisher lediglich die Emissionen der Landwirtschaft und LULUCF bilanziert werden. In Deutschland modellieren Bringezu et al. (2020, S. 96 f.) die THG-Emissionen der inländischen Bioökonomie nach dem Territorialprinzip. Dabei berücksichtigen sie einerseits, wie hoch die Ab- und Zuflüsse von Biomasse ins bzw. vom Ausland sind als auch die Höhe des inländischen Konsums an biogener Masse. Anschließend berechnen sie den THG-Fußabdruck der Bioökonomie, indem sie die Emissionen aus dem Gast-, Bau- und verarbeitenden Gewerbe, der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei sowie Forschung und Entwicklung aggregieren.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Der Bestand an Biomasse kann sich durch Veränderungen von Konsum- und Produktionsweisen reduzieren und zusätzliche THG-Emissionen in die Atmosphäre freisetzen. Zur Sicherstellung, dass die Klimaziele der Bundesregierung erreicht werden, ist es daher relevant die netto THG-Emissionen der Bioökonomie zu erfassen, um rechtzeitig gegensteuern zu können, falls diese nicht im ausreichenden Maße zur THG-Emissionsreduktion und THG-Entnahme beiträgt.
- ▶ **Akzeptiert:** Der Ansatz zur Bilanzierung der THG-Emissionen der Bioökonomiesektoren findet bislang weder in der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen noch in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie Verwendung (Bringezu et al. 2020, S. 95). Auf der deutschen Ebene nutzen Bringezu et al. (2020, S. 95ff.) einen Ansatz, um den „Klimafußabdruck“ der Bioökonomie ganzheitlich zu bilanzieren. Sie berechneten, dass die Bioökonomie 2017 rund 13% aller deutschen THG-Emissionen verursachte und weitere Maßnahmen nötig wären, damit die Emissionen sinken. Vor dem Hintergrund zuletzt gestiegener THG-Emissionen der Bioökonomie ist eine ganzeinheitliche Bilanzierung gerechtfertigt, da es der Politik erlaubt, zugrundeliegende Trends genauer nachvollziehen und entsprechende Klimaschutzmaßnahmen formulieren zu können. Durch die Bilanzierung lassen sich außerdem Wechselwirkungen zwischen Bioökonomie und anderen Bereichen wie Biodiversität, Umwelt oder Gesundheit erfassen. Dies ermöglicht, einen integrierten Ansatz zu verfolgen, der Produktions-, Handels- und Konsumententscheidungen der

Bioökonomie mit anderen Bereichen in Einklang bringt und eine möglichst hohe Klimaschutzwirkung entfaltet.

- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Die Berechnung der netto THG-Emissionen ist aufgrund der zahlreichen Einflussgrößen relativ komplex und könnte der Glaubwürdigkeit des Indikators schaden. Zu berücksichtigen wären unter anderem die miteinander verflochtenen Sektoren der Bioökonomie, ihre verwendeten Rohstoff-, Prozess- und Produktarten als auch externe Faktoren wie die Auswirkungen eines fortschreitenden Klimawandels. Bringezu et al. (2020, S. 96) weisen außerdem darauf hin, dass es bislang unklar ist, ob und inwiefern die energetische Nutzung von Biomasse der Bioökonomie zuzuordnen ist. Eine vollständige Zuweisung zur Bioökonomie würde ihre THG-Emissionen etwa verdoppeln. Diese Unsicherheiten müssten jedoch adressieren werden, um die Glaubwürdigkeit des Indikators sicherzustellen.
- ▶ **Einfach:** Die Berechnung ist relativ komplex, da sie viele dynamische Einflussfaktoren berücksichtigen und teilweise auf Annahmen zurückgreifen müsste. Bringezu et al. (2020, S.96) nutzen dafür eine Modellrechnung. Aller Voraussicht nach müssten die Parameter solcher Berechnungen nach gewissen Zeitabständen aktualisiert werden, um dem Charakter der Bioökonomie gerecht zu werden. Dies verkompliziert die Bilanzierung der netto THG-Emissionen.
- ▶ **Robust:** Da hier kein Datensatz vorliegt, kann diese nicht abgeschätzt werden. Die THG-Inventare sind allerdings über Berichtsvorgaben und Qualitätscheck als robust einzuschätzen.

Punktebewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 1	Robust: NA
-------------	---------------	----------------	------------	------------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.3 Landnutzung und Landnutzungsänderung

Indikator: Land Use and Land-Use Change

Beschreibung: Landnutzung und die dafür begrenzt zur Verfügung stehenden Potenziale sind der Ausgangspunkt der Biomasseproduktion und damit der Grundlage der Bioökonomie. In Folge der zunehmenden Flächeninanspruchnahme kommt es dabei zu Landnutzungsänderung, die wiederum Veränderungen des Kohlenstoffspeichers der Landbedeckung verursachen können. Aus der Bilanzierung von THG Emissionen (bspw. nach Kyoto-Protokoll oder Pariser Klimaabkommen) hat sich die Bezeichnung des LULUC(F) Sektors (Land Use, Land-Use Change and Forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft)) etabliert, für den nicht nur THG Emissionen sondern eine Vielzahl von Umweltauswirkungen bilanziert werden können, wie bspw. Biodiversität, Bodenveränderungen, Einflüssen auf den Wasserkörper oder auch soziale Auswirkungen die insbesondere im globalen Kontext von Bedeutung sind.

Einheit: unterschiedliche Einheiten

Einordnung EU-BMS Taxonomie: *2.2 Primary production sectors are managed sustainably; 4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure*

Quellen: (SYMOBIO 2018), (Brinzeu et al. 2020), (Monitoring Bioökonomie 2023), (Hargita et al. 2016), (Bruckner et al. 2017).

Adressierte Fehlstelle(n): Im Monitoring der Deutschen Bioökonomie sind LULUCF einerseits über die Landwirtschafts- und Forstwirtschaftsfußabdrücke dargestellt, die die globalen Flächen in Hektar bilanzieren, welche für die deutsche Bioökonomie in Anspruch genommen werden. Andererseits durch die Wasser- und Klimafußabdrücke, die die globalen LULUCF-Auswirkungen der deutschen Bioökonomie als Wasserverbrauch in m³ und Klimaauswirkungen in CO₂ eq. bilanzieren. Dabei werden allerdings nur die unmittelbaren Anbauflächen für land- und forstwirtschaftliche Produkte sowie die Auswirkungen dieser Anbauflächen(-änderungen) erfasst, allerdings nicht die Auswirkungen auf Biodiversität, Bodenveränderung, soziale Aspekte, die durch sonstige ökonomische Prozesse der Bioökonomie verursachten LULUCF(-Auswirkungen) oder indirekte Effekte (bspw. iLUC).

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Eine Weiterentwicklung und Erweiterung der LULUCF Methodiken und Indikatoren ist von hoher Relevanz, da der Flächenverbrauch und die Flächenverfügbarkeit sowie die damit verbundenen Auswirkungen eine der bedeutendsten und engsten planetaren Grenzen für die Bioökonomie sind.
- ▶ **Akzeptiert:** Die damit verbundenen Indikatoren sind politisch und wissenschaftlich weitgehend akzeptiert. Allerdings sind die Definitionen des LULUCF-Sektors politisch umstritten, bspw. die exakte Berechnung der Kohlendioxid-Einsparungen durch LULUCF-Maßnahmen oder die Definition des Begriffs "Wald". Dabei gibt es insbesondere das Risiko der Schaffung von Schlupflöchern für THG Emissionen.
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Die Glaubwürdigkeit besteht zwar hinsichtlich der Indikatoren und wissenschaftlichen Methoden, ist allerdings durch die politischen Diskussionen um die Sektordefinition oder THG-Gutschriften in ihrer Anwendung begrenzt.

- **Einfach:** Die Indikatorenmethodik ist insbesondere für die Fußabdrücke recht komplex, die eigentliche Herausforderung besteht allerdings in einer konsistenten Darstellung der LULUCF Indikatoren im Kontext der anderen Indikatoren des Monitorings.
- **Robust:** Die Datengrundlage besteht in der Regel aus monetären Input/Output-Daten aus Handelsbilanzen und der Ableitung von Flächenbelegungen und deren Änderungen daraus. Die Robustheit der Daten kann durch zukünftige direkte Erhebungsverfahren, bspw. über Fernerkundungsmethoden via Satelliten, verbessert werden.

Punktebewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 1	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.4 Fußabdruck des EU-Verbrauchs in der EU (Verbindung zu Entscheidungsgrundlagen, z. B. Schwellenwerte, Ziele)

Indikator: Landfußabdruck der EU

Beschreibung: Für die Quantifizierung der konsumbasierten weltweiten Landnutzungen (Ackerland, Grünland sowie Waldflächen) einer bestimmten Region, bspw. Deutschland oder EU, stehen verschiedene Ansätze und Methoden zur Verfügung. Es wird häufig zwischen den folgenden Ansätzen unterschieden: i) ökonomischen Bilanzierungsansätze unter der Verwendung monetärer Input/Output-Daten (Top-Down), ii) physischen Bilanzierungsansätze basierend auf tatsächlichen Stoffströmen von Produktionssystemen (Bottom-up), sowie iii) hybriden Bilanzierungsansätze als Kombination von i) und ii). Die Varianz der Ergebnisse ist methodisch bedingt sehr hoch, da i) einen geringeren Detaillierungsgrad aufweisen und durch die monetäre Datengrundlage verzerrt sind, die Erhebung von ii) aber sehr aufwendig ist und nur eine geringe globale Abdeckung und geringe Wechselwirkung mit anderen Sektoren abbilden kann.

Einheit: ha

Einordnung EU-BMS Taxonomie: *3.4 Consumption patterns of bioeconomy goods match sustainable supply levels of biomass*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure*

Quellen: (SYMOBIO 2018) (Bringezu et al. 2020) (Monitoring Bioökonomie 2023) (UBA 2017)

Adressierte Fehlstelle(n): Wie bereits für die LULUCF-Indikatoren beschrieben werden im bisherigen Bioökonomie-Monitoring die Flächenfußabdrücke der deutschen Bioökonomie im In- und Ausland bilanziert, allerdings nur für die Flächen die unmittelbar aus den Primärsektoren Land- und Forstwirtschaft resultieren und nur mit Ansätzen nach i). Daraus ergeben sich allerdings Fehlstellen in Form von Landfußabdrücken der Bioökonomie aus dem Sekundär- und Tertiärsektor die nicht berücksichtigt werden sowie direkte stoffliche Landfußabdrücke konkreter Produktionssysteme, die bisher nur für Einzelfälle bestimmt wurden. Hier empfiehlt sich die Etablierung und Anwendung hybrider Methoden iii).

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Wie schon für die LULUCF-Indikatoren ist die Abbildung der konsumbasierten Landfußabdrücken von hoher Relevanz da der Flächenverbrauch und die Flächenverfügbarkeit sowie die damit verbundenen Auswirkungen eine der bedeutendsten und engsten planetaren Grenzen für die Bioökonomie sind.
- ▶ **Akzeptiert:** Die Landfußabdrücke selbst sind eine etablierte Methodik, die sich vergleichsweise einfach kommunizieren lässt und auf eine entsprechende Akzeptanz stößt.
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Wie bei allen Indikatoren ist die Glaubwürdigkeit abhängig von der Datengrundlage, die bei monetären Bilanzierungen erhebliche Lücken enthalten kann, wenn bestimmte Stoff- und Warenströme nicht regulär erfasst werden.
- ▶ **Einfach:** Wie bei allen Fußabdrucksberechnung ist die Methodik komplex, insbesondere wenn hybride Ansätze verfolgt werden sollen.
- ▶ **Robust:** Die verschiedenen Ansätze und Datengrundlage sind im Vergleich zueinander nur begrenzt robust, da sich je nach Methodik hohe Varianzen ergeben können

Punktebewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 0	Robust: 0
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt;
X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.5 Kohlenstoffintensität, gemessen an den THG-Emissionen im Lebenszyklus (gr Äq. CO₂ / Produkteinheit)

Indikator: Lebenszyklus THG-Emissionen

Beschreibung: Mittels der Lebenszyklusanalyse (LCA) Methoden nach ISO 14040/14044 können produktsspezifische Umweltauswirkungen wie THG-Emissionen auf Produkt- und Produktionssystemebene ermittelt werden. Dabei werden umfangreiche Datenbanken (bspw. ecoinvent) beispielhafter Produktionsprozesse verwendet und auf konkrete Fallstudien angepasst bzw. durch konkrete lokale Daten ergänzt. Als Ergebnisse lassen sich relative (Produktionssystem A verglichen mit B) oder absolute (THG Emissionen eines Produkts oder Sektor, ggf. Bezug zu planetaren Grenzen) Aussagen treffen, Hot-Spots, Synergien und Trade-offs sowie Optimierungspotenziale identifizieren.

Einheit: eq. CO₂ kg

Einordnung EU-BMS Taxonomie: 4.1 *Climate change mitigation and adaptation are pursued*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure*

Quellen: (Bringezu et al. 2020) (Monitoring Bioökonomie 2023) (Zeug et al. 2023a) (Zeug et al. 2023b)

Adressierte Fehlstelle(n): Im Monitoring der Bioökonomie werden vereinzelte LCAs zu spezifischen Produkten durchgeführt, auch unter Betrachtung der absoluten THG-Emissionen der einzelnen Produkte. Für eine verbesserte Aussagekraft wären allerdings Flächendeckende LCAs für eine Vielzahl von bioökonomischen Produkten und Produktionssystemen notwendig um Aussagen für die gesamte Bioökonomie ableiten und mit anderen Bilanzierungsansätzen (bspw. Fußabdrucksberechnungen) zu vergleichen. Ebenso können relative LCAs, bei denen Bioökonomieprodukte mit fossil-basierten Produkten verglichen werden, die im Einzelfall oder für die gesamte Bioökonomie bestehenden THG-Minderungspotenziale sichtbar machen.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Die Ermittlung produktsspezifischer THG Emissionen allein ist von nur begrenzter Relevanz, wenn nicht eine Kontextualisierung mit anderen Produkten oder den planetaren Grenzen erfolgt, um entsprechende Ableitungen zu treffen sowie andere Indikatoren ebenfalls betrachtet werden.
- ▶ **Akzeptiert:** Die THG-Bilanzierung von Produkten mit LCA ist eine standardisierte und akzeptierte Methode.
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Die Glaubwürdigkeit und die Vermittlung der Ergebnisse sind etabliert.
- ▶ **Einfach:** Simple LCAs können mittels der Datenbanken relativ einfach durchgeführt werden, eine Vielzahl von Produktbetrachtungen oder weiter entwickelte Methodiken können aber komplex und zeitintensiv sein.
- ▶ **Robust:** Die Datenbasis und Berechnungsmethodik sind vergleichsweise sehr robust.

Punktebewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 1	Akzeptiert: 2	Glaubwürdig: 2	Einfach: 2	Robust: 2
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt;
X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.6 Biodiversität (Waldfragmentierung)

Indikator: Waldfragmentierung, Fläche des zusammenhängenden Waldes und Fläche der durch waldfreie Flächen getrennten Waldstücke

Beschreibung: Der Indikator Waldfragmentierung umfasst einerseits den Anteil zusammenhängender Wälder und andererseits den Anteil der Waldflächen, die durch waldfreie Gebiete getrennt sind. Waldfragmentierung entspricht der Zerschneidung großflächiger Wälder in kleine waldfreie Flächen. Diese waldfreien Flächen werden häufig als Verkehrswege, Trassen o.ä. genutzt. Mit der Fragmentierung (Lebensraumzerschneidung) werden Eingriffe in die Habitate und Isolationseffekte abgebildet. Die Lebensraumzerschneidung hat wiederum weitreichende Auswirkungen auf den Artenverlust und die Evolution.

Einheit: %; Anteil der zusammenhängenden Wälder (an der gesamten Waldfläche); Anteil der Waldflächen, die durch waldfreie Gebiete getrennt sind

Einordnung EU-BMS Taxonomie: *2.1 Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure, State*

Quelle: (Forest Europe 2020)

Adressierte Fehlstelle(n): In bisherigen Monitoringsystemen der Bioökonomie auf deutscher und europäischer Ebene besteht bisher kein Ansatz zum Abbilden der Auswirkungen (bio-)ökonomischer Aktivitäten auf die Biodiversität. Die Fragmentierung, welche einen Aspekt des Biodiversitätsverlusts adressiert und ein zentraler Treiber dessen ist, wird zwar im Bericht der Implementierung des europäischen Monitoringsystem als Indikator *landscape fragmentation index and forest fragmentation and connectivity index* erwähnt (Kilsedar et al. 2021), wird jedoch nicht weiter erläutert, findet noch keine breite Anwendung und ist auch im deutschen Monitoringsystem noch nicht beinhaltet.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Durch die Fragmentierung von Ökosystemen können Arten isoliert werden und ihre Habitate werden zerstört, was wiederum zum Biodiversitätsverlust und zum Verlust genetischer Vielfalt führt. Fragmentierung ist somit ein zentraler Treiber des Biodiversitätsverlusts. Darüber hinaus reduziert Fragmentierung die Resilienz von Waldökosystemen (Vogt et al. 2019). Der Indikator Waldfragmentierung ist somit grundsätzlich als relevant einzustufen, da er einzelne Aspekte der Biodiversität adressiert. In einem Bioökonomie-Monitoring ist er jedoch nur teilweise als relevant einzustufen, da er nur bedingt Hilfestellung beim Monitoring der Bioökonomie bietet. Unklar ist die Frage, inwieweit ein hoher Fragmentierungsgrad mit bioökonomischer Aktivität in Verbindung zu bringen ist. Aufgrund dieser Unsicherheit wird der Indikator als teilweise relevant (1) bewertet.
- ▶ **Akzeptiert:** Der Indikator kann als akzeptiert im Rahmen des JRC und Forest Europe erachtet werden. Neben einer Pilotstudie von Forest Europe (Raši and Schwarz 2019) und der Vorläuferpräsentation des JRC (Vogt et al. 2019) wird im Statusbericht der europäischen Wälder auf den Indikator eingegangen (Forest Europe 2020). Der Autorenschaft ist zum Zeitpunkt dieser Analyse (2023) jedoch nicht bekannt, dass der Indikator von den Stakeholdergruppen als allgemein akzeptiert anerkannt wird. Somit wird der Indikator mit 1 eingestuft.

- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Als Datengrundlage für den Indikator dient das Corine Land Cover (CLC) dataset, welches ein Produkt von Copernicus, einem Programm der Europäischen Union, ist. Die Daten in der Datenbank werden mittels Fernerkundungsanalysen generiert. Somit bilden Satellitendaten die Basis für die Datenbank. In einer Vorläuferpräsentation (Vogt et al. 2019) des Indikators 4.7 im Bericht State of Europe's Forests (Forest Europe 2020), wird der Algorithmus der Berechnung der Fragmentierung ausführlich beschrieben. Somit sind sowohl Methodik als auch Datengrundlage eindeutig und transparent. Der Indikator wird somit als besonders glaubwürdig eingestuft.
- ▶ **Einfach:** Der Indikator kann als besonders einfach bewertet werden, da sowohl die technische Machbarkeit garantiert ist als auch die erforderlichen Daten direkt verfügbar sind.
- ▶ **Robust:** Der Indikator basiert auf soliden Theorien. Er ist als besonders robust eingestuft, da er empfindlich auf Änderungen der Input-Parameter reagiert, wodurch Unterschiede zwischen Regionen und Jahren abgebildet werden können. Darüber hinaus ist die Datengrundlage von ausreichender Qualität. Aufgrund seiner Reproduzierbarkeit ist er ebenso verlässlich. Auch im Hinblick auf Vollständigkeit kann der Indikator als robust eingestuft werden.

Punktbewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 1	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 2	Einfach: 2	Robust: 2
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.7 Naturschutz (Renaturierung)

Indikator: Renaturierung

Beschreibung: Der Indikator Renaturierung bildet die Fläche ab, die aus einem geschädigten Zustand (z. B. verseucht, versalzen, erodiert) wiederhergestellt, d. h. renaturiert wurde. Hohe Werte deuten darauf hin, dass eine große Fläche renaturiert wurde, während geringe Werte aufzeigen, dass ein Großteil der degradierten Flächen nach wie vor geschädigt ist. Eine detaillierte Beschreibung des Indikators kann (Allen et al. 2020) nicht entnommen werden. Allerdings wird auf der Webseite des World Resources Institut (Martin et al. 2023) erläutert, wie ein Renaturierungsmonitoring erfolgen kann.

Einheit: ha

Einordnung EU-BMS Taxonomie: *2.1 Ecosystem capacity to produce services is maintained or enhanced*

Einordnung DPSIR-Framework: *Pressure, State*

Quelle: Allen et al. (2020)

Adressierte Fehlstelle(n): Bisherige Monitoringsysteme auf europäischer und deutscher Ebene betrachten den Aspekt der Renaturierung nicht. In Egenolf und Bringezu (2019) werden mehrere Indikatoren unter dem Kernziel „Vermeidung von Flächendegradation im Sinne der Landdegradationsneutralität zusammengefasst. Darunter fallen insbesondere Indikatoren des Kriteriums Flächenverbrauch, Flächenbelegung und Flächennutzungsänderung. Zu den Indikatoren zählen beispielsweise der Indikator „Anteil degraderter landwirtschaftlicher Flächen“, und der Indikator „Verlust an Acker- oder Waldflächen“. Renaturierung ist jedoch in zweierlei Hinsicht von besonderer Wichtigkeit: Zum einen werden dadurch natürliche Senken wiederentwickelt, wodurch Renaturierung einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz leistet; zum anderen können sich dadurch Habitate wiederentwickeln, welche im Kontext Biodiversitätsschutz von besonderem Interesse sind.

Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien:

- ▶ **Relevant:** Es bestehen mehrere Gründe degradierte Flächen zu renaturieren. Dazu zählen beispielsweise das Erfordernis Habitate wiederherzustellen, um dem Biodiversitätsverlust entgegenzuwirken oder auch das Erfordernis natürliche Kohlenstoffsenken zu etablieren, um auf natürliche Art und Weise Treibhausgase der Atmosphäre zu entziehen. Im IPBES Bericht wurde betont, dass die Renaturierung degraderter Flächen hohe Priorität hat, um Biodiversität und Ökosystemleistungen zu schützen (IPBES 2018). Gleichermassen wurde die Renaturierung auf europäischer Ebene stark in den Fokus gerückt, indem im Jahre 2022 ein Gesetz zu Wiederherstellung degraderter Systeme vorgeschlagen wurde, welches vorsieht bis 2030 auf mindestens 20 Prozent der Land- und Meeresflächen der EU-Maßnahmen zur Wiederherstellung der Natur durchzuführen (Europäische Kommission 2022). Eine Studie aus dem Jahr 2022, die sich mit den Renaturierungspotenzialen befasst hat aufgezeigt, dass global betrachtet auf lediglich einer Milliarde Hektar Verpflichtungen zur Renaturierung bestehen, dies jedoch nur ein Fünftel der potenziellen Renaturierungspotenziale darstellt (van der Esch et al. 2022). Aufgrund der Dringlichkeit nach Renaturierung und der Tatsache, dass der Indikator für eine Fortschrittsmessung, zur Identifizierung von Trends und zur Vorhersage und Modellierung geeignet ist, ist der Indikator als sehr relevant einzustufen. Da jedoch offenbleibt, inwieweit Renaturierung mit bioökonomischem Wirtschaften zusammenhängt, wird der Indikator im Rahmen dieser Screeninganalyse als mittelmäßig relevant eingestuft.

- ▶ **Akzeptiert:** Zwar ist Renaturierung an sich eine als besonders dringliche Thematik anerkannt, wie beispielsweise das EU-Gesetz zur Wiederherstellung degraderter Systeme zeigt, der Indikator ist jedoch kein allgemein akzeptiert oder anerkannter Indikator. Somit wird das Kriterium der Akzeptanz nur teilweise erfüllt.
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Der Indikator ist einfach verständlich und somit geeignet eine klare Botschaft zu vermitteln. Aufgrund mangelnder Informationen in (Allen et al. 2020) kann die Methodik jedoch nicht als transparent erachtet werden. In (Martin et al. 2023) ist die Berechnung der Renaturierung weitestgehend offengelegt und reproduzierbar. Für eine Anwendung im Rahmen des Bioökonomie-Monitorings fehlen jedoch zentrale methodische Hinweise zur Berechnung und insbesondere zu Daten. Aufgrund dieser Gegebenheiten wird der Indikator als nur teilweise glaubwürdig eingestuft.
- ▶ **Einfach:** Für den Indikator liegen keine Daten in Form einer Datenbank vor. Grundsätzlich ist die Berechnung des Indikators technisch machbar, da jedoch die entsprechenden Daten nicht vorliegen, sondern meist eher in Form von Fallbeispielen kann der Indikator nur als mittelmäßig einfach bewertet werden.
- ▶ **Robust:** Auch im Hinblick auf seine Robustheit wird der Indikator als teilweise robust eingestuft. Der Indikator an sich weist eine solide Theorie auf und reagiert empfindlich in Bezug auf veränderte Input-Parameter. Darüber hinaus ist der Indikator als verlässlich und vollständig zu betrachten. Da keine konkreten Daten für die Verwendung des Indikators vorliegen, kann im Hinblick auf die Datenqualität die Robustheit des Indikators nur als teilweise erfüllt eingestuft werden.

Punktbewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 1	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 1	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich

C.8 Biomasse kohlenstoffreicher Flächen

Indikator: Biomasse kohlenstoffreicher Flächen

Beschreibung: Der Indikator Biomasse kohlenstoffreicher Flächen bildet den Anteil der eingesetzten Biomasse ab, welche von kohlenstoffreichen Flächen, d. h. organischen Böden mit hohem C-Gehalt, stammt. Geringe Werte deuten darauf hin, dass entweder keine Biomasse von diesen Flächen stammt oder dass die Beschaffung reduziert wurde. Hohe Indikatorwerte bedeuten, dass viel Biomasse von kohlenstoffreichen Flächen stammt.

Einheit: % der Biomasse, die von Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand (z. B. Torf- oder Feuchtgebiete) stammt

Einordnung EU-BMS Taxonomie: *4.1 Climate change mitigation and adaptation are pursued*

Einordnung DPSIR-Framework: *State*

Quelle: Allen et al. (2020)

Addressierte Fehlstelle(n): In bisherigen Monitoringsystemen wird im Kontext organische Böden lediglich der Indikator Bodenkohlenstoff verwendet. Ein Bezug zur Biomasse ist jedoch von besonderem Interesse, da insbesondere die Nutzung von Biomasse aus kohlenstoffreichen Flächen, wie beispielsweise aus Torfgebieten, zu einer Verringerung der Kohlenstoffsenke führt. Die Berücksichtigung der Kohlenstoffsenke in einem Bioökonomie-Monitoring ist essenziell, da im Kontext Klimaschutz neben der Reduktion von THG-Emissionen der Schutz und die Entwicklung von natürlichen Senken besonders wichtig ist, um THG-Emissionen der Atmosphäre zu entziehen.

- ▶ **Relevant:** In ähnlicher Art und Weise zu dem Indikator „Biomasse kohlenstoffreicher Flächen“ aus (Allen et al. 2020) ist der Aspekt der kohlenstoffreichen Flächen als Nachhaltigkeitskriterium in die Erneuerbare Energien Richtlinie (REDII) aufgenommen (Europäische Kommission 2018b). So wird in Artikel 29 „Nachhaltigkeitskriterien und Kriterien für Treibhausgaseinsparungen für Biokraftstoffe, flüssige Brennstoffe und Biomasse-Brennstoffe“ aufgeführt, dass Biobrennstoffe nicht aus Rohstoffen hergestellt werden dürfen, die auf Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand gewonnen werden. Zu diesen Flächen gehören beispielsweise Feuchtgebiete oder kontinuierlich bewaldete Gebiete. Um die nachhaltige Produktion von Biomasse zu garantieren, ist dieser Indikator folglich besonders wichtig. Für das Bioökonomie-Monitoring ist er dementsprechend ebenso relevant, da es explizit um die Bereitstellung von Biomasse, welche in der Bioökonomie eingesetzt wird, geht. Ebenso ist der Indikator zur Fortschrittsmessung geeignet, indem er Hilfestellung bietet beim Monitoring dieser politischen Vorgaben. Damit können Trends identifiziert werden, Modellierungen erfolgen und Vorhersagen getroffen werden. Somit wird der Indikator als besonders relevant bewertet.
- ▶ **Akzeptiert:** Zwar ist der Indikator auf politischer Ebene von besonderem Interesse, wie die REDII zeigt, jedoch besteht keine Datenbank über den Anteil von Biomasse kohlenstoffreicher Flächen, welche auf eine breite Akzeptanz und Anerkennung schließen lässt. Folglich wird der Indikator als teilweise akzeptiert eingestuft.
- ▶ **Glaubwürdig (Credible):** Der Indikator ist ein eindeutiger Indikator, der eine klare Botschaft vermittelt und somit sowohl für politische Entscheidungsträger*innen, wie auch die breite Öffentlichkeit verständlich ist. Im Hinblick auf Transparenz schneidet der Indikator jedoch deutlich schlechter ab, da in (Allen et al. 2020) keine Hinweise zur Methodik und zu Daten aufzufinden sind. Eine kurze Desktoprecherche ergab, dass zu

diesem Indikator, wie er in (Allen et al. 2020) dargestellt wird, keine weiteren Informationen vorliegen. Somit wird der Indikator als nur teilweise glaubwürdig bewertet.

- ▶ **Einfach:** Auch wenn der Indikator als eindeutig und verständlich bewertet wurde, wird das Kriterium der Einfachheit nicht erfüllt. Dies begründet sich folgendermaßen: Die Verfügbarkeit der Daten ist nicht gewährleistet. Es bestehen zwar Daten zu Flächen einzelner Ökosysteme (Mooren, Wäldern etc.), es liegen jedoch keine Daten vor, welche einen gesamten Überblick über kohlenstoffreiche Flächen und insbesondere zur Biomasse dieser Flächen geben. Dies reduziert auch die technische Machbarkeit. Somit wird das Kriterium der Einfachheit nicht erfüllt.
- ▶ **Robust:** Dem Indikator liegt eine vertretbare Theorie zugrunde und es ist davon auszugehen, dass er empfindlich in Bezug auf geänderte Inputparameter reagiert. Somit können beispielsweise Änderungen in der Biomasseentnahme dieser Flächen aufgezeigt werden. Auch wenn der Indikator durch seine Wiederholbarkeit und Vollständigkeit überzeugt, kann aufgrund der mangelnden Datenverfügbarkeit der Indikator als nur teilweise robust bewertet werden.

Punktbewertung der Screening-Analyse entlang der RACER-Kriterien

Relevant: 2	Akzeptiert: 1	Glaubwürdig: 1	Einfach: 0	Robust: 1
-------------	---------------	----------------	------------	-----------

Legende: 2: Kriterium vollständig erfüllt; 1: Kriterium teilweise erfüllt; 0: Kriterium nicht erfüllt; X: Kriterium nicht erfüllt (disqualifizierend); NA: keine Einschätzung möglich