

Optionen und Maßnahmen



UniNETZ –
Universitäten und Nachhaltige
Entwicklungsziele

Österreichs Handlungsoptionen
zur Umsetzung
der UN-Agenda 2030
für eine lebenswerte Zukunft.

Bioökonomie als Beitrag zum Klimaschutz

13_09

Target 13.2

Autor_innen:

Greimel, Martin (*Universität für Bodenkultur Wien*);
Kastner, Bernhard (*Universität für Bodenkultur Wien*);
Kirchner, Mathias (*Universität für Bodenkultur Wien*);
Spittler, Nathalie (*Universität für Bodenkultur Wien*);
Fehr, Franz; Lang, Reinhold

Inhalt

3	13_09.1	Ziele der Option
3	13_09.2	Hintergrund der Option
6	13_09.3	Optionenbeschreibung
6	13_09.3.1	Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen
11	13_09.3.2	Erwartete Wirkungsweise
11	13_09.3.3	Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen Optionen
12	13_09.3.4	Zeithorizont der Wirksamkeit
12	13_09.3.5	Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann
13	13_09.3.6	Offene Forschungsfragen
14		Literatur

13_09.1 Ziele der Option

Ziel dieser Option ist, mittels eines beschleunigten Aufbaus einer kreislauforientierten, nachhaltigen und wissensbasierten Bioökonomie einen wichtigen Beitrag zum Abbau von THG-Emissionen, einer Erhöhung der (natürlichen) Kohlenstoffspeicherung zu leisten und nachhaltige Produktions- und Konsummuster zu etablieren.

Diese Option baut auf den Ausführungen und Maßnahmen des Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP) (Kirchengast et al., 2019) auf und erweitert und vertieft den Fokus im Rahmen der Bioökonomie. Diese trägt als holistisches Entwicklungskonzept im weiteren Sinne positiv zu Erreichung sämtlicher SDGs bei, befördert im engeren Sinne insbesondere die SDGs 9, 12, 13, 14 und 15, und knüpft inhaltlich bei Optionen zur Regionalentwicklung, Kreislaufwirtschaft und bewusstseinsbildenden Maßnahmen an. Die Bioökonomie liefert ein Narrativ für die Transformation in eine postfossile Gesellschaft.

13_09.2 Hintergrund der Option

Derzeit werden weltweit mehr natürliche Ressourcen vom Menschen verbraucht, als dem Planeten möglich ist, nachzuschaffen. Dabei beträgt der Bedarf in den Industrieländern ein Mehrfaches dieser planetaren Kapazitäten und ist auch in Österreich besonders hoch (Lin, Wambersie & Wackernagel, 2021; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021). Um begrenzte Ressourcen nicht zu erschöpfen und die Reproduktionsfähigkeit zu erhalten, liegt es vor allem in der Verantwortung dieser Volkswirtschaften, die Ansprüche an die natürlichen Ökosysteme zu reduzieren und verursachte Schäden zu reparieren. Klimawandel, Biodiversitätsverlust, gestörte Stoffkreisläufe und Rohstoffengpässe (z. B. Phosphor, Sand, aber auch Öl) sind allesamt Auswirkungen einer Wirtschaftsweise, die ihre Grundlagen erschöpft und daher nach Alternativen suchen muss (Rockström et al., 2009; Lenton et al., 2019; Carmona, Whiting, Wiedenhofer, Krausmann & Sousa, 2021; Duffy et al., 2021). Vor diesem Hintergrund stellen die Erhaltung und funktionale Wiederherstellung der überlebensnotwendigen (Öko)Systeme die grundlegenden Rahmenbedingungen der Bioökonomie dar. Ihre Aktivitäten sollen zur Instandhaltung und Restauration der Natur beitragen, anstatt sie auszubeuten und zu zerstören.

Land- und Forstwirtschaft spielen dabei eine zentrale Rolle. Zum einen werden durch diese Sektoren überlebensnotwendige Ressourcen bereitgestellt (Ernährungssicherheit, Bauen und Wohnen) und sind dabei gleichzeitig am stärksten von den Klimawandelauswirkungen betroffen. Zum anderen tragen sie auch signifikant zum Klimawandel bei. Der Anteil der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft an den österreichischen Gesamtemissionen betrug 2017 fast 9 % (Umweltbundesamt, 2019b), ist aber weitaus höher (bis zu 20 %), wenn die CO₂-Freisetzung aus drainierten Mooren, oder graue Emissionen wie der Energieeinsatz für Stickstoff-Mineraldünger, sowie Spillover-Effekte (Umweltschäden, die in anderen Ländern anfallen) wie Tropenwaldzerstörung durch Sojaanbau, miteinbezogen werden.

Für den Klimaschutz spielt Biomasse, insbesondere Holz, eine wichtige Rolle: für die stoffliche Nutzung, als natürlicher Kohlenstoffspeicher im Wald und in Holzprodukten, und als Energieträger. Die Nutzung von

Biomasse ist aber nicht automatisch nachhaltig und wird noch immer kontrovers diskutiert. Grundsätzlich besteht Einigkeit darüber, dass Biomasse aus nachhaltiger Produktion stammen muss, damit überhaupt über eine CO₂-Neutralität diskutiert werden kann, und dass stoffliche Nutzung der energetischen zu bevorzugen ist: Es gilt, den Kohlenstoff so lange wie möglich aus der Atmosphäre herauszuhalten, ihn idealerweise den natürlichen Prozessen der Biosphäre zu übergeben oder gar an seinen *fossilen Ursprung*, der Lithosphäre zurückzuführen. Die stoffliche Nutzung der Biomasse ist damit zentral und prioritär im Kontext der Bioökonomie. Ihre Senkenwirkung wird in der Option 13_11 *Naturverträgliche Kohlenstoffspeicherung* ausführlich beschrieben.

Die Bioökonomie beschreibt einen Ansatz, der bemüht ist, sektorübergreifend die Nutzung von Biomasse anstelle von fossilen Energieträgern und anderen nicht erneuerbaren Rohstoffen darzustellen. THG-Emissionsreduktionspotenzial entsteht in der Bioökonomie durch (1) den Speichereffekt einer verstärkten, innovativen und langfristigen Nutzung von Biomasse (in diesem Fall bisher ausschließlich in Bezug auf Holz) sowie (2) den Substitutionseffekt durch eine Vermeidung fossiler und mineralischer Produkte.

Die Kriterien der ökologischen und sozio-ökonomischen Nachhaltigkeit sind bei einer ganzheitlichen Bioökonomiestrategie eng mit den bioökonomischen Ansätzen verzahnt, um ökologische Gefahren (z. B. Vernachlässigung der Bodenfruchtbarkeit und der Biodiversität durch eine *nachhaltige Intensivierung*) oder ungerechte wirtschaftliche Bedingungen sowie fehlende gesellschaftliche Partizipation zu vermeiden (siehe dazu insbesondere die Optionen zu den Zielen 8, 13 und 15). Zudem gilt es, bei neuen technologischen Ansätzen, die Ergebnisse einer umfassenden Technikfolgenabschätzung und Nachhaltigkeitsbewertung zu berücksichtigen. Übersichtmäßig beruht der Beitrag der Bioökonomie zur Förderung des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel auf

- der Bereitstellung nachhaltiger Biomasse (mit Erhalt von Bodenkohlenstoff und Biodiversität; Optionen 13_11 und 15_12) und Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Nachhaltigkeit (siehe auch Optionen 01_02 und 10_01.5);
- dem Ersatz von Petrochemikalien und nicht erneuerbaren Materialien durch biobasierte, deren Produktion geringere oder keine Treibhausgasemissionen bedingt;
- dem Ersatz von energieintensiven Verarbeitungsprozessen durch energieeffiziente biobasierte Prozesse zur Reduzierung des energetischen Endverbrauchs;
- dem nachhaltigen Design von Produkten und Dienstleistungen zur Abfallvermeidung, Langlebigkeit, Reparierbarkeit, kaskadischen Nutzung und Rezyklierfähigkeit.

Die Bioökonomiestrategie der österreichischen Bundesregierung (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2019) steckt bereits einzelne Handlungsfelder der Bioökonomie ab. Dabei werden für die Umsetzbarkeit zentrale Punkte angesprochen, wie etwa Zielkonflikte zwischen der Nutzung von biogenen Rohstoffen, der Ernährungssicherheit, dem Wald als Kohlenstoffspeicher und anderen Landnutzungen. Ziel ist es, nicht einfach die Substitution fossiler Energieträger durch Biomasse anzustreben, sondern auch Rahmenbedingungen zu schaffen, um derartige Konkurrenzen zu verhindern. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit der Ressource Boden folgert und fordert die österreichische Bioökonomiestrategie daher eine *konsistente* (d.h. ökologisch nachhaltige) und möglichst *effiziente* Nutzung der Ressource bei gleichzeitiger Reduktion der Ansprüche an sie (*Suffizienz*).

Daraus folgt, dass sich wirtschaftliche Tätigkeit an den Kapazitäten und Funktionsweisen der natürlichen Kreisläufe orientieren muss. Für die Ressourcenentnahme bedeutet dies vor allem eine Erhöhung der Effizienz im gesamten Wertschöpfungskreislauf durch verbesserte Technologien und ökonomische Optimierung bei gleichzeitiger Minimierung der Umweltauswirkungen der Prozesse. Eine derart verbesserte Produktion reduziert aber nur dann ihren ökologischen Fußabdruck, wenn die gewonnene Effizienzsteigerung nicht durch einen Mehrkonsum kompensiert wird (Rebound-Effekt). Das Prinzip der *Suffizienz* wird damit zum Dreh- und Angelpunkt nachhaltiger Gesamtlösungen.

Suffizienz bedeutet Genügsamkeit im Sinne von *ausreichend* oder *genug haben*. Die Konnotation der *Reduktion* in der öffentlichen Debatte entspricht zwar durch die systematische Nicht-Nachhaltigkeit des bestehenden Wirtschaftssystems mitunter der Realität, angestrebt wird aber langfristig die Erhaltung bzw. Wiederherstellung des aktuellen Lebensstils durch einen Umbau zu einem nachhaltigen Wirtschaftssystem. Weil unter den aktuellen Bedingungen ein nachhaltiger Ausbau des materiellen Wohlstands nicht möglich ist, weitere Produktivität zusätzliche CO₂-Emissionen bedeutet (Haberl et al., 2020) und damit einen beschleunigten Klimawandel, soll unter dem Begriff Suffizienz zunächst eine *Zufriedenheit* verstanden werden, im Sinne von *zufrieden sein mit dem, was ich habe*.

Zufriedenheit hat jedoch einen höchst subjektiven Maßstab inne. Verschiedene Menschen empfinden unterschiedliche Dinge als *notwendig* oder als *verzichtbar*, in Anbetracht der ökologischen Katastrophen im Fahrwasser unseres Lebensstils ist jedoch auf jeden Fall eine Diskussion über den notwendigen Kompromiss zu führen. Die ökologische Notwendigkeit einer ideologischen Debatte weist auf die zentrale Rolle der sozialen Aspekte in der Bioökonomie hin. Diese Aspekte umfassen neben den direkt davon ableitbaren Notwendigkeiten wie etwa der Wertedebatte auch indirekte Auswirkungen, die durch den Umbau der Produktionsstrukturen zu erwarten sind (siehe weiter unten). Ihre negativen Effekte werden durch entsprechende Maßnahmen berücksichtigt und abgefedert.

Das Verständnis der Bioökonomie konvergiert besonders im europäischen Raum – mit einer österreichischen Vorreiterrolle – zu einem nachhaltigen, wissensbasierten Paradigma, das nachwachsende Rohstoffe verwendet um biobasierte Produkte, Dienstleistungen und Energie bereitzustellen (International Advisory Council – Global Bioeconomy Summit (IACGB), 2020; Patemann & Aguilar, 2021; BMNT, BMBWF & BMVIT, 2019; Zentrum für Bioökonomie (ZfB), 2021). Wenngleich noch keine einheitliche Definition vorliegt, können die wesentlichen Merkmale einer solchen Bioökonomie bereits bezeichnet werden mit

1. der Vermeidung fossiler Kohlenstoffquellen und nicht nachwachsender Ressourcen;
2. der Kreislauforientierung;
3. der Anerkennung sozialer und ökologischer Rahmenbedingungen;
4. der wissensbasierten Entscheidungsfindung und forschungsgeleiteten Entwicklung.

13_09.3 Optionenbeschreibung

13_09.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen

Mit der Integration der soziokulturellen Dimension werden technisch-ökonomische Maßnahmen zu einer holistischen Option vervollständigt. Die folgenden Maßnahmen bedienen zentrale Hebel der Transformation zu einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft.

- **Maßnahme 1: Bewusstseinsbildung für die sozial-ökologische Transformation:** Die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels und das Verhindern seines Fortschreitens ist eine immense Aufgabe für die globale Gemeinschaft. Ein derartiges Unterfangen lässt sich nur durch die Beteiligung der gesamten Gesellschaft bewerkstelligen. Damit alle am selben Strang ziehen, muss von allen die Notwendigkeit erkannt werden, am entsprechenden Strang ziehen zu müssen. Das notwendige Problembewusstsein und Verantwortungsgefühl kann beispielsweise durch bekannte Formen und Instrumente der Informationsverbreitung wie Marketing, Nudging, etc., wie auch durch eine zeitgemäße Bildung (siehe auch Optionen für SDG 4) gefördert werden.
- **Maßnahme 2: Gesellschaftlicher Diskurs:** Daran anschließend führt eine breite gesellschaftliche Debatte über das Thema zu einer aktiven Auseinandersetzung mit der Problematik. Über runde Tische, Fernsehdiskussionen und dergleichen werden exemplarische Debatten in die Haushalte gebracht und strukturieren den Diskurs vor. Regionale Initiativen, Bürger_innenforen, Stammtische und zivilgesellschaftliche Engagements fördern – ggf. mit sachkundiger Moderation – die Entwicklung visionärer Ideen, die in den jeweiligen lokalen und regionalen Kontexten umsetzbar sind.
- **Maßnahme 3: Best-practices fördern:** Alltäglich anwendbare Praktiken sollen etabliert und ausgebaut werden. *Repair-Cafés* im lokalen Kontext, Bioraffinerien und Reststoffbörsen auf kleinregionaler Ebene, interkommunale Mobilitätskonzepte, partizipative Regionalplanung (z.B. bioökonomische Modellregionen), Aufbau regionaler Vertriebsstrukturen (Lebensmittelhandel ebenso wie Handwerk und andere Branchen), Verwendung von biobasierten und/oder recycelten Baustoffen fördern, Beratungsstellen und Anreize für nachhaltige Lebensführung (Konsumreduktion, Ernährungsumstellung) schaffen, *Sharing Economy* erleichtern, Vorbildwirkung der öffentlichen Hand. Kurzum: mit gutem Beispiel vorangehen, Alternativen anbieten, den Umstieg erleichtern.
- **Maßnahme 4: Bildung und Ausbildung:** Um auf die neuen Chancen und Herausforderungen eines umgebauten bzw. in Umbau befindlichen Wirtschaftssystems vorbereitet zu sein, gilt es, entsprechende Fähigkeiten und Kenntnisse im Rahmen von Bildung, Aus- und Weiterbildung zu vermitteln.
- **Maßnahme 5: Verantwortung übernehmen:** Der lokale Konsum verursacht andernorts Schäden. Diese Auslagerung der Probleme und Abwälzung der Verantwortung ist sowohl ein ökologisches als auch ein moralisches Problem und soll durch entsprechende Rahmenbedingungen verhindert werden (siehe z. B. Option 08_04); durch strengere Lieferkettengesetze und entsprechende Ausfuhrbestimmungen für Reststoffe können beispielsweise systemische Ungleichheiten und Benachteiligungen verringert werden (neue Kooperationsformen könnten neoliberale Folgeerscheinungen der – wenngleich gut gemeinten – klassischen Entwicklungspolitik verhindern und postkoloniale Phänomene wie *land grabbing*

verhindern).

- **Maßnahme 6: Fördern und Steuern:** Eine konsistente Fiskalpolitik schafft Vertrauen für langfristige Investitionen in nachhaltige Wertanlagen und gestaltet gemeinsam mit großen Fördertöpfen (wie etwa der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik oder dem European Green Deal) auch die internationale Finanzwirtschaft. Nationale Impulse setzen die Förderung von bioökonomischen Aktivitäten und die Besteuerung nicht-nachhaltiger Praktiken (siehe Optionen zu SDG 10). Beispiele für Förderungen sind die Folgenden: Anschubfinanzierungen und Startup-Förderungen für nachhaltige Geschäftsideen und Pilotprojekte; Einspeisungsvergütung für Solar-, Wind- und geothermische (d. h. nicht biogene) Energie; Biolandbauförderung, Unterstützung nachhaltiger Forstwirtschaft, verarbeitendem Gewerbe den Umstieg erleichtern (z. B. Sägewerke für die *neuen* Ressourcen Hart- und Krummholz oder größere Durchmesser bereitmachen), sowie Förderungen nachhaltiger Beschaffung. Auf der anderen Seite steht die Besteuerung von CO₂-Emissionen (siehe hierzu Option 13_01) und dem Emissionshandel. In dasselbe Horn stößt das Streichen von umweltschädlichen Förderungen (Diesel, Kerosin, Heizöl), das Verbot obsoleter Technologien (Verbrennungsmotor), Mindestquoten (bei Rezyklaten, Energiemix), Höchstquoten (Emissionsrechte, Fördervolumen), oder Flächenversiegelungsabgabe (u. U. auch von Gemeinden zu entrichten!).
- **Maßnahme 7: Rechtssicherheit:** Gesetzliche Rahmenbedingungen (etwa für den Ersatz fossiler Rohstoffe) bei der Charakterisierung von Abfällen, um deren Wiederverwendbarkeit zu erleichtern, oder einer Anpassung der Bau- und Raumordnungen zur besseren Nutzbarkeit von Holz als Baustoff und Sicherung der notwendigen Flächen für die Produktion von Biomasse (auch vertikal), schaffen Sicherheit und Vertrauen in einen beständigen Wandel und erhöhen die Investitionsbereitschaft in nachhaltige Produkte und Wertanlagen (siehe auch Optionen 13_05, 13_06 und 13_10).
- **Maßnahme 8: Sustainability by design:** Es sind Richtlinien zu erlassen, die sicherstellen, dass in Österreich produzierte (und verkaufte) Produkte nach dem jeweils neuesten Stand der Technik nachhaltiger Prinzipien im Sinne der Abfallvermeidung, Wiederverwendbarkeit, Reparierbarkeit, Weiterverwendbarkeit und Rezyklierfähigkeit folgen. Der Aufbau einer geeigneten Infrastruktur für Reparatur und Instandhaltung sowohl für Gebrauchsgegenstände (Reparaturshops, Müllsammlung und -trennung) als auch größere Erzeugnisse (Handwerk für z. B. Möbel, Gebäude) ist zu fördern (siehe dazu die Optionen zu den SDGs 12 und 9).
- **Maßnahme 9: Regionalisierung:** Förderung von regionaler Produktion und Verarbeitung (Wertschöpfung) von und aus Biomasse unter Berücksichtigung der Zielkonflikte, Unterstützung beim Aufbau von (über)regionalen, resilienten und autarken Produktionsnetzwerken (regionales *cradle-to-cradle*). Damit wird sowohl die regionale Wertschöpfung erhöht und der Bezug zu den eigenen Erzeugnissen, als auch zu den selbst verursachten Umweltauswirkungen, gestärkt (siehe auch Maßnahme 5).
- **Maßnahme 10: Bioraffinerien:** Upcycling von Neben- und Koppelprodukten aus der Urproduktion zu Plattformmolekülen für die Kunststoff-, Zellstoff- und gesamte sonstige chemische Industrie.
- **Maßnahme 11: Erschließung neuer Ressourcen:** Ein Vorteil der Biomasse ist die Vielfältigkeit ihrer Produzenten. Große Potentiale finden sich in neuen Früchten und Baumarten, dem Aufbau von Aquakulturen, der Digitalisierung der Landwirtschaft, den Ausbau von Fasermaterialien (z. B. Hanf), oder der Erschließung neuer hochwertiger Nahrungsquellen aus Insekten oder Algen, etc. (siehe

SDGs 2 und 15).

- **Maßnahme 12: Förderungen für Forschung und Entwicklung:** Der langfristige Nutzen wissenschaftlicher Forschung ist nicht zu unterschätzen (wie etwa Covid-19 und die vorangegangene, jahrzehntelange Grundlagenforschung zur Impfstoffentwicklung zuletzt eindrücklich bewiesen haben). In einer Welt, in der das künftige Überleben von der Kenntnis über Zustand und Funktionsweise von Ökosystemen abhängt, und das Wissen, die Entwicklung und der verantwortungsvolle Einsatz von Technik existentiell sind, kann der Wissenschaftsförderung nicht genug Bedeutung zugemessen werden. Die Freiheit der (Grundlagen) Forschung ist sicherzustellen, sowohl durch finanzielle Unterstützung als auch durch formelle und faktische Weisungsungebundenheit.
- **Maßnahme 13: Instrumente für wissensbasierte Entscheidungen:** Die wissensbasierte Bioökonomie zeichnet sich dadurch aus, dass aufbauend auf Kenntnis des aktuellen Zustands (Systemwissen) und einer Vorstellung davon, wie der Zustand künftig aussehen kann (normatives Wissen), Wissen über notwendige Handlungen zur Erreichung des Zielzustandes (transformatives Wissen) generiert werden kann (Urmetzer, Schlaile, Bogner, Mueller & Pyka, 2020; Andes, Lützkendorf, Ströbele, Kopfmüller & Rösch, 2019). Je umfangreicher und ausgefeilter die Instrumente zur Entscheidungsfindung sind, umso effizienter und zielgenauer sind die resultierenden Handlungen. Die wichtigsten Instrumente, die in diesem Kontext zu fördern sind, sind die Lebenszyklusanalyse, die Stoffstromanalyse, die Nachhaltigkeitsbewertung und die Technikfolgenabschätzung.

a. Beschreibung von potenziellen Konflikten und Systemwiderständen sowie Barrieren

Der klassische Zielkonflikt bei der Nutzung von Biomasse ist unter dem Namen *Tank-Teller-Trog-Debatte* bekannt und wird in der Bioökonomie um *Textilien* erweitert, bzw. umfasst dank (bio)technologischer und handwerklicher Verfahren sämtliche Produkte vom Bioplastik bis zur Hauswand. Die erforderliche Qualität der Ausgangsstoffe unterscheidet sich je nach Anwendungsmöglichkeit allerdings fundamental. So stehen beispielsweise die Erzeugnisse aus Algenreaktoren nicht zwangsläufig in direkter Konkurrenz zu Landpflanzen, sondern erstere stellen für viele Anwendungen (Nahrungs- und Futtermittel, Wasser- und Treibstoffproduktion) ergänzende oder schlichtweg effizientere Lösungen dar. Dennoch wird die Verfügbarkeit von Biomasse und die dafür notwendige *Fläche als Flaschenhals* beim Umstieg auf eine vollständig dekarbonisierte Wirtschaft gesehen. Diese muss von weiteren Maßnahmen begleitet werden (vgl. Suffizienz) und stellt derzeit noch zu hohe Ansprüche an die begrenzte Ressource Boden.

Mehrfachnutzen aus Mehrfachnutzung durch beispielsweise Agrophotovoltaik oder Flachdachfarmen stoßen an kapazitative Grenzen, ebenso wie Änderungen und Intensivierung der Landnutzung zu erhöhten Treibhausgasemissionen, Biodiversitätsverlust und weiteren unerwünschten Nebenwirkungen führen (können). Große Flächen sind zudem in Österreich schlecht bis gar nicht nutzbar (hoch- und alpine Regionen), dazu ist aus Gründen des Biodiversitätserhalts, des generellen Naturschutzes, für die Erholungsnutzung, zur Kohlenstoffspeicherung und der Katastrophenvorsorge (siehe dazu auch Target 13.1) weiterer Boden von Bebauung und Bewirtschaftung freizuhalten. Eine zusätzliche Verschärfung der Situation ist auch von extern zu erwarten: Die durch den fortschreitenden Klimawandel verursachte Produktivitätsänderung von Landsystemen spitzt die Lage für biogene Ressourcen besonders zu und stört nicht nur globale Lieferketten, sondern sorgt auch für instabile gesellschaftliche Verhältnisse in

den betroffenen Regionen. In weiterer Folge sind auch Lieferketten von nicht-biogenen Materialien anfällig für Störungen aller Art (Ghadge, Wurtmann & Seuring, 2020; Althaf & Babbitt, 2021). Das steigende Risiko auf den internationalen Rohstoffmärkten erhöht wiederum den Druck auf die nationale Rohstoffproduktivität. Die deswegen anzustrebende Erhöhung des Selbstversorgungsgrades (auch aufgrund der moralisch notwendigen Verringerung von negativen Externalitäten) führt zu erhöhtem Druck auf bestehende Flächen, und löst bereits jetzt umfangreiche Debatten um eine effiziente Bodennutzung aus. Die daraus resultierende Reduktion der Flächenverfügbarkeit für Bauprojekte erfordert gänzlich unterschiedliche Mobilitätsformen und führt zu veränderten Wohn- und Lebensformen. Besonders bei derart tiefgreifenden Veränderungen der Rahmenbedingungen für die individuelle Lebensgestaltung (die genauso auch von der Frage nach dem notwendigen Kompromiss betroffen ist) ist mit massiven Widerständen zu rechnen.

Zu erwarten sind darüber hinaus starke Fluktuationen am Arbeitsmarkt während der Modernisierung des Wirtschaftssystems. Ein temporärer Wegfall von Arbeitsplätzen in nicht nachhaltigen Sektoren kann erst durch den Aufbau nachhaltiger Produktionssysteme kompensiert werden (siehe insbesondere SDG 8). Hohes Konfliktpotential ist hier bei fehlenden langfristigen Perspektiven gegeben, infolge dessen mit der fehlenden Unterstützung für weitere notwendige und transformative Schritte zu rechnen ist.

b. Beschreibung des Transformationspotentials

Das transformative Potential der Bioökonomie ist umfassend. In der Konzeption ist die nachhaltige, kreislauforientierte, wissensbasierte Bioökonomie der Entwurf für eine vollständig transformierte Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung.

Bereits bei einer teilweisen Anwendung von bioökonomischen Paradigmen (z. B. geschlossene Produktionsnetze und Kreisläufe statt losgelöster Wertschöpfungsketten, oder ihr kooperativer und transdisziplinärer Ansatz für resilientere Systeme) oder Lösungen (z. B. vermehrter Holzbau oder Einsatz von Biokunststoffen mit entsprechender Wiederverwendungs- und Verwertungsmöglichkeit) ist mit einer Verbesserung im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaftsweise zu rechnen. Ihre volle Wirkung entfalten aber auch Teilaspekte nur unter Einbeziehung ihrer jeweiligen ökologischen und sozialen Dimension, eine isolierte Betrachtung etwa der ökonomischen Optimierung führt zu einem reduzierten Transformationspotential und wird sich in einer negativen Gesamtwirkung äußern.

Die schrittweise Umsetzung kleinerer und bereits realisierbarer Maßnahmen führt zu einer steigenden Unterstützung für diese Option, denn die Bioökonomie ist eine Transformation und keine Revolution. Ihr gewaltiges Potential lässt sich besonders dann zuverlässig und nachhaltig ausschöpfen, wenn sichtbare, spürbare und messbare Erfolge die strategische Richtung bestärken. Dabei kann sie Synergieeffekte durch die Umsetzung anderer Maßnahmen nutzen, bzw. umfasst Maßnahmen, die mit anderen Optionen deckungsgleich sein können (z. B. zum Themenfeld Kreislaufwirtschaft, das in den SDGs 9 und 12 behandelt wird).

c. Umsetzungsanforderung

Wie bei sämtlichen umweltbezogenen Vorhaben seit Aufkommen der Naturschutzbewegungen vor mittlerweile 50 Jahren, besteht die größte und einzige Anforderung in der Bildung des politischen und gesellschaft-

lichen Willen zur Umsetzung (Brand, 2017).

Um den gesellschaftlichen Willen entstehen zu lassen, muss die Bioökonomie eine ansprechende Perspektive für die Gesellschaft bieten, d. h. mit einer umfassenden sozialen Nachhaltigkeit aufwarten (siehe SDGs 1, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 16). Entsprechend muss die Bioökonomie unter Einbeziehung der Bevölkerung umgesetzt werden, was hohe Anforderungen an partizipative Prozesse stellt. Sie sind unausweichlich für eine friedliche Konfliktaushandlung und -vermeidung, und führen durch die explizite Mitsprachemöglichkeit am Transformationsprozess zu höherer Akzeptanz notwendiger Maßnahmen wie etwa Suffizienzbemühungen: Reduzierte Ansprüche reduzieren auch ökologische Auswirkungen und helfen dabei, Zielkonflikte bereits vor ihrem Entstehen zu vermeiden. Dazu sind faire Produktionsverhältnisse zu garantieren, die den wachsenden Ungleichheiten entgegenwirken und damit für stabile gesellschaftliche Verhältnisse sorgen (auch global).

Die politische Willensbildung ist in zweifacher Hinsicht von großer Bedeutung: Zum einen ist von Politik und Verwaltung gefordert, entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen, damit neue Wege nicht nur möglich sind, sondern auch erleichtert werden. Dies betrifft insbesondere legislative und fiskalische Instrumente (siehe oben).

Zum anderen strukturiert die Politik Kontext und Parameter der öffentlichen Debatte und trägt somit große Verantwortung bei der Lenkung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema – wobei digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien besondere Bedeutung zukommt (Savigny, 2002). Im Sinne einer zukunftsfähigen Entwicklung muss sich die Politik dabei zukünftig notwendigerweise sowohl gegen vorherrschende Meinungen in der Bevölkerung als auch gegen den politischen Mainstream positionieren.

Die erwartbaren Widerstände gegen Änderungen und divergierende Meinungen stellen hohe Anforderungen an die argumentative Begründung für die notwendige Transformation. Es ist zu erwarten, dass auch rationale Schlussfolgerungen nur dann akzeptiert werden, wenn eine psychisch-emotionale Basis dafür vorhanden ist. Zu diesem Zweck muss sich eine entsprechende Weltanschauung durchsetzen, die die Menschheit nicht mehr als uneingeschränkte Herrschende und Bezwingende der Natur betrachtet, sondern ihre Symbiose mit der Umwelt erkennt. Neue Ideale des Zusammenlebens (mit Menschen und mit der Natur) müssen geschaffen werden, eine breite gesellschaftliche Debatte mit dem Ergebnis nachhaltiger Zukunftsvisionen ist notwendig. Die Menschen müssen sich in der anzustrebenden Zukunft wohl fühlen, sich damit identifizieren oder sie zumindest akzeptieren können, um auch die notwendigen Transformationsschritte mitzugehen.

Im Alltag werden sich Konflikte an jenen Produkten, Dienstleistungen und Rahmenbedingungen entladen, für die keine nachhaltige Alternative zur Verfügung steht, die aber der Gesellschaft wichtig genug erscheinen, um sie nicht aufgeben zu wollen. Diese Widerstände zeigen auf, wo Anforderungen an Forschung und Entwicklung für nachhaltige Alternativen gegeben sind. Bereits im Vorfeld sollten wissenschaftlich aufbereitete und damit faktenbasierte Entscheidungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, die eine Abwägung über die tatsächliche Notwendigkeit eines Produktes oder einer Dienstleistung erlauben.

Letztlich sind konkrete Investitionen in bioökonomische Lösungen die entscheidende Triebfeder. Durch Strategien, Programme und Aktionspläne wurde ein Rahmen geschaffen, der nun von privaten Akteur_innen zu füllen ist. Umfangreiche Geldflüsse von der öffentlichen Hand können als

Anschubfinanzierung dienen (European Green Deal, EU CoVid Recovery Plan), private Investitionen sowohl in nachhaltige Lösungen als auch der Kapitalabzug aus nicht-nachhaltigen Assets werden den Transformationsprozess entscheidend beschleunigen (Hinderer, Brändle & Kuckertz, 2021).

Damit auch im Nachhinein Erfolg oder Misserfolg einer Maßnahme, bzw. die Richtigkeit einer Entscheidung beurteilt werden kann, sind konkrete Zielgrößen und Kriterien für ein Monitoring der Bioökonomie erforderlich. Für eine derartige quantitative Beurteilung fehlt jedoch ein umfassendes Monitoring der bioökonomischen Entwicklung. Vielversprechende Rahmenwerke für Teilaspekte und gesamtgesellschaftliche Perspektiven liegen zwar vor (Bracco, Tani, Çalıcıoğlu, Gomez San Juan & Bogdanski, 2019), sind aber noch nirgendwo (vollständig) implementiert und naturgemäß auch noch nicht über längere Zeiträume angewandt.

13_09.3.2 Erwartete Wirkungsweise

Die Bioökonomie hat zum Ziel, den Verbrauch fossiler Rohstoffe vollständig obsolet zu machen und die Förderung nicht-nachwachsender Rohstoffe so weit als möglich zu reduzieren. Unter Zuhilfenahme technologischer und sozialer Innovationen wird die ökologische Belastung so weit vermindert, dass eine Nachhaltigkeit im Sinne der intergenerationalen Gerechtigkeit möglich ist, das heißt, dass die natürlichen Grundlagen für eine Lebensführung auf möglichst hohem Niveau für zukünftige Generationen erhalten werden. Die dadurch erreichte dekarbonisierte Gesellschaft ist auf die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels vorbereitet und trägt mit der bioökonomischen Wirtschaftsweise dazu bei, dass sich das Klima zunehmend stabilisiert.

Die Bioökonomie besitzt dabei positive Rückkopplungseffekte, deren Auswirkungen aufgrund ihrer Entwurfsprinzipien zu einer immer nachhaltigeren Wirtschaftsweise führen. Beispielsweise wird ein reduzierter Fleischkonsum die Lebensmittelselbstversorgung im Land erst ermöglichen, gleichzeitig ist eine Konsequenz der angestrebten suffizienten Lebensweise ein reduzierter Fleischkonsum. Die Kreislauforientierung führt neben einer effizienten Ressourcennutzung zu geringerer ökologischer Belastung und sich dadurch regenerierender Ökosysteme, aus denen sich wiederum neue Potentiale erschließen lassen. Gleichzeitig werden technische Innovationen angetrieben und regionale Wertschöpfungsnetze etabliert, was sowohl zu größerer Unabhängigkeit der individuellen Produktionssysteme führt als auch eine höhere Stabilität des Gesamtsystems im Ernstfall durch Kompensationsmöglichkeiten der Teilbereiche untereinander (sowohl lokal-regional als auch regional-überregional) zur Folge hat. Parallel dazu führt die Regionalisierung der Wirtschaft zu einem direkten Bezug zu den Auswirkungen der Wirtschaftstätigkeit, was unweigerlich eine Erhöhung ihrer sozial-ökologischen Verträglichkeit zur Folge haben wird.

13_09.3.3 Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen Optionen

Die Bioökonomie ist stellvertretend für den angestrebten Umbau der gesamten Weltwirtschaft auf eine nachhaltige Alternative. Eine derart umfassende Transformation ist historisch beispiellos. Auch der gezielte Umbau einzelner Volkswirtschaften (z. B. UdSSR) ist mit der bioökonomischen Transformation nicht vergleichbar, weil sich zwar die Wirtschaftsordnung, nicht aber ihre stoffliche Basis verändert hat. Zudem wurde weder in jüngerer noch in älterer Vergangenheit Erfahrung mit freiwilliger Konsumreduktion in größerem Maßstab

gesammelt. Kriege und Umweltkatastrophen sollen explizit nicht als Vorbilder oder Vergleichsszenarien dienen.

Einige Nutzungspfade biogener Energieträger und Rohstoffe sind heute bereits gängig, gut beschrieben und statistisch erfasst; die Auslotung neuer, möglicher Nutzungsformen und ihrer Wirkungen ist noch keineswegs abgeschlossen. Umfassende, d. h. sektorübergreifende und alle Dimensionen der Nachhaltigkeit berücksichtigende (also sozial, ökologisch und ökonomisch) bioökonomische Transformationen sind auch auf kleinregionaler oder lokaler Ebene nicht untersucht. Erste Erfahrungen können aber im Rahmen der Förderung *KEM Bioökonomie / Kreislaufwirtschaft* bereits seit Anfang 2022 gesammelt werden (Klima- & Energiefonds, 2021).

13_09.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird sich durch die Trägheit großer natürlicher Ökosysteme vor allem in langfristigen Prozessen zeigen, wobei damit ein Zeitraum von *zumindest* bis Ende des 21. Jahrhunderts gemeint ist. Auch grundlegende Paradigmenwechsel in der Gesellschaft sind ohne entsprechende Zwangsmaßnahmen in der Regel in Zeiträumen von mindestens Jahren, ja sogar eher Jahrzehnten anzusiedeln. Technische Innovationen hingegen können innerhalb weniger Jahre entwickelt und umgesetzt werden (Geels, 2002). Da es keine historischen Beispiele gibt, sind die kurz-, mittel- und langfristigen Wirksamkeiten als mögliche Szenarien – und keinesfalls als Prognose – zu sehen.

Kurzfristig

Beginnendes Umdenken in Teilen der Bevölkerung, Schaffung gesetzlicher Rahmenbedingungen und politischer Strategien auf überregionaler Ebene. Umsetzung technologischer Innovationen, vor allem jener, die auf bereits erfolgter Grundlagenforschung der vergangenen Jahre und Jahrzehnte aufbauen kann. Umweltschädliche Technologien werden nicht mehr gefördert und ihre Neuanschaffung verboten. Lokale und kleinregionale Pilotprojekte zur Umsetzung von sektoralen Bioökonomielösungen werden etabliert.

Mittelfristig

Das Bewusstsein für eine nachhaltige Wirtschaft erreicht eine kritische Masse der (Welt)Bevölkerung und beschleunigt die Transformation; regionale und überregionale bottom-up Kooperationen für eine holistische Bioökonomie formieren sich. Technische Innovationen erlauben THG-neutrale Produktionsprozesse, umweltschädliche Technologien sind nicht mehr im Einsatz. Größere und zusammenhängende Ökosysteme zeigen Tendenzen einer anhaltenden Erholung.

Langfristig

Die kreislauforientierte, nachhaltige und wissensbasierte Bioökonomie setzt sich weltweit als wirtschaftlicher Mainstream durch und ist dabei ein Null-Emissions-Wirtschaftssystem zu etablieren. Die Grundsätze der sozialen Nachhaltigkeit sorgen für eine hohe Akzeptanz und Zufriedenheit mit den erarbeiteten Rahmenbedingungen und verringern internationale Spannungen. Durch die wohldosierte Anwendung CO₂-negativer Maßnahmen wird sich die globale Durchschnittstemperatur voraussichtlich auf knapp über dem vorindustriellem Niveau wieder einpendeln.

13_09.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann

Die Bioökonomie ist ein komplexes Entwicklungs-

konzept, wofür noch keine einheitliche Definition vorliegt und das auch noch keine strukturierten Teilbereiche vorweisen kann. Insgesamt ist sie in ihren Zielen aber mit den SDGs per se vergleichbar. Optionen für die Erreichung von SDGs wirken daher oftmals auch für die Erreichung einer Bioökonomie und umgekehrt, zudem ist die thematische Überschneidung häufig mehrdimensional und auch innerhalb der SDGs sind Themenkomplexe oft mehreren Zielen zuordenbar.

Das für die Bioökonomie so essentielle Konzept der Kreislaufwirtschaft beispielsweise, kann in den SDGs 9 und 12 verortet werden und tritt häufig mit SDG 14 und 15 in Interaktion. Weitere Parallelen finden sich in sämtlichen Nachhaltigkeitszielen, besonders hervorzuheben sind die SDGs 1, 2, 4, 8, 14 und 15 (Calicioglu & Bogdanski, 2021; Grossauer & Stöglehner, 2020).

Weitere zur Bioökonomie verwandte Optionen sind:

- 01_2: Reformen für sozial gerechtere Arbeitsbedingungen - Arm trotz Arbeit?;
- 08_04: Ausstieg aus transatlantischen Sojaimporten, Reduktion von Schweinefleischproduktion, -Konsum und -Abfall;
- 10_1-5: Vermögenssteuer & Erbschaftssteuern für mehr Verteilungsgerechtigkeit, Finanzregister gegen Steuerflucht und Geldwäsche, begrenzte Management-Gehälter und der Ausbau sozial-ökologischer Infrastruktur als Korrektur der Ungleichheit;
- 10_10: Entwicklungszusammenarbeit aufwerten und Entwicklungsfinanzierung verstärken
- 13_01: Ökosoziale CO₂-Steuerreform;
- 13_05: Ermöglichung von Klimaklagen (Klimahaftungsrecht);
- 13_06: Korrekte und engagierte Umsetzung der neuen energie- und klimarelevanten Rechtsakte der EU;
- 13_11: Naturverträgliche Kohlenstoffspeicherung;
- 15_12: Mainstreaming von Biodiversitätsagenden in Bioökonomie- und Klimaschutzstrategien, -Maßnahmen und -Forschung.

13_09.3.6 Offene Forschungsfragen

Drei zentrale Themenkomplexe drängen sich auf:

1. Wie können gesellschaftlicher und politischer Wille möglichst rasch auf partizipatorischem Wege geformt werden?
Der Klimawandel und die Maßnahmen zur Anpassung an ihn und zur Abwehr seines weiteren Fortschreitens erhöhen die Dringlichkeit und Notwendigkeit eines gesellschaftlichen Wandels hin zu nachhaltigeren Verhaltensweisen. Ein Eingriff in Bereiche des Lebens, die als privat und nicht regelbar empfunden werden, scheint notwendig. In diesem Spannungsfeld sind die Anforderungen an partizipatorische Prozesse, transdisziplinäre Forschung und die Verantwortung der Wissenschaft bzw. Universitäten enorm wichtig.
2. Wie kann die Effizienz der Rohstoffproduktion und -nutzung mit möglichst geringen ökologischen Nebenwirkungen maximiert werden?
Vor dem Hintergrund der beschränkten Flächenverfügbarkeit (auch global) sind die Zielkonflikte zwischen Biomasseproduktion, Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung, Klimawandelanpassung, etc. zu lösen. Während für die Ernährung ein höherer Technologisierungsgrad bereits heute problematisch ist (Gentechnik, *Labor-Fleisch*, ...) stehen für die stoffliche Nutzung noch mehr Türen offen. Insbesondere im Bioraffineriekonzept steckt großes Potential und letztlich wird das Recycling für alle nicht-biogenen Ressourcen *der* Schlüssel zum Erfolg, denn die seit Jahrhunderten extrahierten Ressourcen liegen auf Müllhalden und in

obsoleten Strukturen brach und warten nur darauf, wieder in Verkehr gebracht zu werden.

3. Wie kann der Fortschritt der Bioökonomie gemessen werden?

Neben der Debatte über Begriffsdefinitionen und Beiträge zu anderen Nachhaltigkeitsagenden ist die Bemessung und Bewertung der Effizienz und Fortschritt bei der Umsetzung der Bioökonomie ein zentrales Thema. Die regelmäßige Aktualisierung von Entwicklungsstrategien und Programmen erfordert eine entsprechende Grundlage, auf derer zukünftige Ziele formuliert oder verfeinert, bestehende Konflikte bewertet oder vermieden und erfolgreiche Praktiken fortgeführt, werden können.

Literatur

- Althaf, S. & Babbitt, C. W. (2021). Disruption risks to material supply chains in the electronics sector. In: *Resources, Conservation and Recycling*, 167, 105248. doi:10.1016/j.resconrec.2020.105248
- Andes, L., Lützkendorf, T., Ströbele, B., Kopfmüller, J. & Rösch, C. (2019). *Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung. Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel*. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (Hrsg.). (2021). *Ressourcennutzung in Österreich 2020*. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nachhaltigkeit/ressourceneffizienz/publikationen/bericht2020.html.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). (Hrsg.). (2019). *Bioökonomie - Eine Strategie für Österreich*. Wien.
- Bracco, S., Tani, A., Çalicioğlu, Ö., Gomez San Juan, M. & Bogdanski, A. (2019). *Indicators to monitor and evaluate the sustainability of bioeconomy. Overview and a proposed way forward*. Rome, FAO. <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA6048EN/>
- Brand, K.-W. (Hrsg.). (2017). *Die sozial-ökologische Transformation der Welt. Ein Handbuch* (1. Aufl.). Frankfurt: Campus-Verlag.
- Calicioglu, Ö. & Bogdanski, A. (2021). Linking the bioeconomy to the 2030 sustainable development agenda: Can SDG indicators be used to monitor progress towards a sustainable bioeconomy?. *New biotechnology*, 61, 40-49. doi:10.1016/j.nbt.2020.10.010
- Carmona, L. G., Whiting, K., Wiedenhofer, D., Krausmann, F. & Sousa, T. (2021). Resource use and economic development: an exergy perspective on energy and material flows and stocks from 1900 to 2010. *Resources Conservation and Recycling*, 165, 105226.
- Duffy, K. A., Schwalm, C. R., Arcus, V. L., Koch, G. W., Liang, L. L., & Schipper, L. A. (2021). How close are we to the temperature tipping point of the terrestrial biosphere?. *Science advances*, 7(3), eaay1052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay1052>
- Geels, Frank W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257–1274. doi:10.1016/S0048-7333(02)00062-8
- Ghadge, A., Wurtmann, H. & Seuring, S. (2020). Managing climate change risks in global supply chains: a review and research agenda. *International Journal of Production Research*, 58(1), 44-64. doi:10.1080/00207543.2019.1629670
- Grossauer, F. & Stoeglehner, G. (2020). Bioeconomy—Spatial Requirements for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(5), 1877. doi:10.3390/su12051877
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Brockway, P. et al. (2020). A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. *Environ. Res. Lett.*, 15(6), 65003. Doi:10.1088/1748-9326/ab842a
- Hinderer, S., Brändle, L. & Kuckertz, A. (2021). Transition to a Sustainable Bioeconomy. *Sustainability*, 13(15), 8232. doi:10.3390/su13158232
- International Advisory Council – Global Bioeconomy Summit (IACGB). (Hrsg.). (2020). *Global Bioeconomy Policy Report (IV). A decade of bioeconomy policy development around the world. A report from the International Advisory Council on Global Bioeconomy*. https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/04/GBS-2020_Global-Bioeconomy-Policy-Report_IV_web-2.pdf.
- Kirchengast, G., Kromp-Kolb, H., Steininger, K., Stagl, S., Kirchner, M., Ambach, C. et al. (2019). Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP) – Gesamtband, November 2019, CCCA Wien-Graz. Wien: Verlag der ÖAW.
- Klima- & Energiefonds. (2021). *Klima- und Energiemodellregionen – KEM Bioökonomie / Kreislaufwirtschaft*. <https://www.klimafonds.gv.at/call/klima-und-energie-modellregionen-kem-bio-oekonomie-kreislaufwirtschaft/>
- Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W. et al. (2019). Climate tipping points - too risky to bet against. *Nature*, 575(7784), 592–595. doi:10.1038/d41586-019-03595-0
- Lin, D., Wambersie, L. & Wackernagel, M. (2021). Estimating the Date of Earth Overshoot Day 2021. <https://www.overshootday.org/content/uploads/2021/06/Earth-Overshoot-Day-2021-Now-cast-Report.pdf>.
- Patermann, C. & Aguilar, A. (2021). A bioeconomy for the next decade. *EFB Bioeconomy Journal*, 1, 100005. doi:10.1016/j.bioeco.2021.100005
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M. et al. (2009). *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*. *Ecology and Society*, 14(2). <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Savigny, H. (2002). Public Opinion, Political Communication and the Internet. *Politics*, 22(1), 1–8. doi:10.1111/1467-9256.00152
- Urmetzler, S., Schlaile, M. P., Bogner, K., Mueller, M. & Pyka, A. (2020). Wissen für den Wandel – Wissenstheoretische Grundlagen einer nachhaltigen Bioökonomiepolitik. In Konrad, W., Scheer, D. & Weidtmann, A. (Hrsg.), *Bioökonomie nachhaltig gestalten*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft / Futures of Technology, Science and Society) (S. 73–105). Luxemburg: Springer Science+Business Media.
- Zentrum für Bioökonomie (ZfB). (Hrsg.). (2021). *Bioökonomie. Nachhaltig Wirtschaften mit erneuerbaren Ressourcen*. https://boku.ac.at/fileadmin/data/themen/BOKU_Energiecluster/Energiecluster/01-04_EC-FS_Biokoekonomie.pdf