

LEITMARKT BIOÖKONOMIE: TRANSFORMATION UND SKALIERUNG FÜR NACHHALTIGKEIT UND RESSOURCENWENDE

POSITIONSPAPIER DER DIALOGPLATTFORM INDUSTRIELLE BIOÖKONOMIE



Um den industriellen Wandel voranzutreiben, hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Jahr 2018 die Dialogplattform „Industrielle Bioökonomie“ gegründet. Die Dialogplattform richtet sich an Industrie, Öffentlichkeit und Politik gleichermaßen. Sie unterbreitet Vorschläge zur Förderung der industriellen Bioökonomie, zur Gestaltung der Rahmenbedingungen, zu Nachhaltigkeit und Versorgungsstrukturen und zur Kommunikation.

Das vorliegende Positionspapier spiegelt ausschließlich die Empfehlungen und Einschätzungen der an dem Positionspapier beteiligten Autorinnen und Autoren wider und repräsentiert nicht notwendigerweise die Meinung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz oder des Herausgebers VDI Technologiezentrum GmbH.

Inhalt

1	Bioökonomie: Schlüssel zur Nachhaltigkeit industriellen Wirtschaftens.....	4
1.1	Transformationspfade der Industriellen Bioökonomie.....	6
1.2	Die Transformation in der Praxis.....	7
2	Nutzungspfade erneuerbarer und nachhaltiger Rohstoffquellen für die Bioökonomie priorisieren.....	8
3	Ordnungs- und prozesspolitische Maßnahmen zur Erzeugung eines Market Pull für biobasierte Erzeugnisse.....	12
3.1	Biobasierte Verpackungsmaterialien.....	12
3.2	CO ₂ -Bepreisung mit Richtungswirkung.....	12
3.3	Erreichung der Klimaziele durch nachhaltige Sequestrierung von CO ₂	12
3.4	Normative und rechtliche Rahmenbedingungen.....	13
3.5	Arbeitsmarktpolitische Maßnahmen.....	13
4	Kontinuierliche F&E&I-Förderpolitik für eine nachhaltige Industriepolitik.....	14
4.1	Weiterentwicklung des Förderprogramms Industrielle Bioökonomie.....	15
4.2	Förderung von Enabling-Technologies für die Nutzung biobasierter Rohstoffe.....	16
4.3	Transformationsräume: Reallabore mit Experimentierklauseln.....	16
4.4	Fördermodule für die Entwicklung von Geschäftsmodellen.....	16
4.5	Förderung der Etablierung integrierter Wertschöpfungsketten und der Erzeugung nachhaltiger Mengen und Qualitäten an prozessspezifischer Biomasse.....	17
4.6	Förderung der Etablierung von Pilotanlagen für neue Prozesse.....	17
4.7	Finanzierung/Ko-Investition in Risikokapital-Fonds nach dem Beispiel der ländereigenen Fonds.....	18
4.8	Bioökonomische Important Projects of Common European Interest (IPCEI).....	18
5	Auf dem Weg zur Transformation – Nächste Schritte zur Implementierung der Industriellen Bioökonomie.....	19
	Impressum.....	20

1 Bioökonomie: Schlüssel zur Nachhaltigkeit industriellen Wirtschaftens

Jahrzehntlang stand die deutsche Industrie für den wirtschaftlichen Aufschwung und war Garant für den hohen Lebensstandard in unserem Land. Ausschlaggebend hierfür war neben visionärem Denken, technischem Fortschritt und Unternehmergeist auch der Zugang zu preisgünstigen fossilen Rohstoffen im Wesentlichen für die Energieversorgung. Um die industrielle Leistungsfähigkeit in geopolitisch angespannten Zeiten zu sichern, die UN-Nachhaltigkeitsziele (SDGs) und das im Klimaschutzgesetz verankerte Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen, ist ein Paradigmenwechsel hin zu einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise gefordert. Zusätzlich zu einer Dekarbonisierung des Energiesektors, die gegenwärtig im Fokus der politischen Entscheidungsträger*innen steht, bedarf es zukunftsweisender Weichenstellungen für die Defossilisierung wichtiger Branchen/Industriezweige. Diese muss sich auch im strategischen politischen Handeln widerspiegeln. Mit steigenden CO₂-Preisen und der damit von der Bundesregierung intendierten Steuerung hin zur CO₂-Neutralität ist ein erster Schritt getan. Die Transformation zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise bedarf aber nicht nur alternativer Kohlenstoff-Quellen, sondern muss Kreislaufwirtschaft, effiziente Material- und Rohstoffkopplung und die effiziente Kopplung mit erneuerbaren Energien integrieren. Um die hochgesteckten Ziele zu erreichen, müssen „grüne“ Technologien aber vor allem skaliert werden sowie den Weg in den Markt finden und ihn durchdringen. Ansätze für eine Defossilisierung der Industrie als wichtiger Teil der Rohstoffwende sind in Abbildung 1 dargestellt.

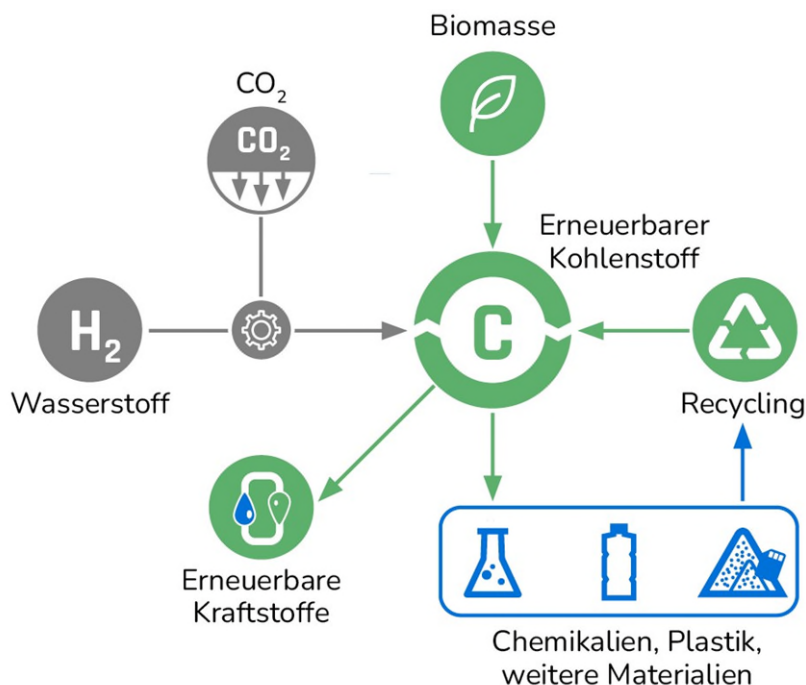


Abb. 1: Ansätze für eine Defossilisierung der Industrie als wichtiger Teil der Rohstoffwende¹

Weltweit haben wichtige Wirtschaftsräume mit der Defossilisierung von Rohstoff- und Energieströmen mit teilweise protektionistisch wirkenden Programmen, wie z. B. dem *Inflation Reduction Act* sowie der *Executive Order on Advancing Biotechnology and Biomanufacturing*² der US-Regierung, begonnen. Deutschland muss sich diesem Wettbewerb stellen und die Transformation wichtiger Industriebranchen massiv beschleunigen. Viele Technologien sind in der Wissenschaft schon entwickelt worden, die Industrie hat an vielen Stellen schon mit der Umsetzung begonnen.

¹ Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

² Executive Order on Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy unter <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2022/09/12/executive-order-on-advancing-biotechnology-and-biomanufacturing-innovation-for-a-sustainable-safe-and-secure-american-bioeconomy/> sowie Bold Goals for U.S. Biotechnology and Biomanufacturing: Harnessing Research and Development to Further Societal Goals unter <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/Bold-Goals-for-U.S.-Biotechnology-and-Biomanufacturing-Harnessing-Research-and-Development-To-Further-Societal-Goals-FINAL.pdf>

Um die richtigerweise hoch gesteckten Ziele zu erreichen und auch zukünftig die Basis für den hohen Lebensstandard in unserem Land zu sichern, muss Deutschland aber eine Vorreiterrolle bei der Transformation im Wettbewerb der Industrienationen einnehmen. Alle relevanten Industrien und Akteure müssen sich dem gemeinsamen Ziel verschreiben, neue Technologien und Infrastrukturen mit geeigneten Rahmenbedingungen zu entwickeln und zu implementieren sowie neue Wertschöpfungsketten anzupassen und im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft neu zu verknüpfen. Von staatlicher Seite gilt es, hier insbesondere Technologie- und Ressourcensouveränität mit den Zielen des Klimaschutzes in einer nachhaltigen Industriepolitik zu bündeln und die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft einzubinden, um somit das Hochfahren eines der wichtigsten grünen Zukunftsmärkte¹ zu beschleunigen: Der **Bioökonomie**.

Die industrielle Bioökonomie ermöglicht es, fossil basierte Produkte und Prozesse durch biobasierte zu ersetzen und zudem vollkommen neue Produkte, Produktionsverfahren und Geschäftsmodelle zu schaffen, indem biologisches Wissen mit technologischen Lösungen kombiniert und die natürlichen Eigenschaften biogener Rohstoffe hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit, Erneuerbarkeit und Anpassungsfähigkeit genutzt werden. Bioökonomische Innovationen basieren auf der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen, der Substitution von fossilen durch biologische Rohstoffe, der Nutzung von Reststoffen oder Nebenproduktströmen und dem Einsatz von biotechnologischen Prozessen.

Kasten 1: Definition der industriellen Bioökonomie²

Ziel dieses Positionspapiers der Dialogplattform Industrielle Bioökonomie ist es, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) als federführendem staatlichen Akteur für die industrielle Transformation und als wichtigem Ressort für den Transfer von Invention zu Innovation und für die Weiterentwicklung einer nachhaltigen Industriepolitik aufzuzeigen, wie der Übergang in ein postfossiles und wirtschaftlich erfolgreiches Industriezeitalter mit Hilfe der Bioökonomie gelingen kann. Aufbauend auf dem Leitbild „Industrielle Bioökonomie: Industriestandort Deutschland stärken und nachhaltig gestalten“ hat die „Dialogplattform Industrielle Bioökonomie“ in einem integrativen Prozess unter Einbeziehung vieler relevanter Akteure im hier vorgelegten Positionspapier die aktuelle und zukünftige Bedeutung der industriellen Bioökonomie dargestellt und einen Handlungsrahmen skizziert, der erforderlich ist, um Deutschland zu einem Leitmarkt für die nachhaltige und kreislauffähige Bioökonomie zu entwickeln. Dieses Positionspapier fokussiert sich weitgehend auf die chemische und weiterverarbeitende Industrie. Weitere Aspekte wie z. B. innovative Ansätze im Lebensmittelsektor und die Verknüpfung mit den hier behandelten Themenfeldern sollen in einem getrennten Papier aufgegriffen werden.

Zur Umsetzung bedarf es der koordinierten Anstrengung aller Akteure und politischer Weichenstellungen in Ordnungs-, Struktur- und Förderpolitik. In ihrer Gesamtheit müssen alle Maßnahmen auf die wirkungsvolle Etablierung geeigneter Rahmenbedingungen für die Transformation der Industrie abzielen. Dabei ist neben dem ordnungs- und prozesspolitischen Rahmen und der Verlässlichkeit von Rahmenbedingungen für Investitionen und in der Förderpolitik insbesondere eine Erhöhung der Binnennachfrage von Produkten der Bioökonomie von Bedeutung. Maßnahmen sollten parallel auch auf europäischer Ebene umgesetzt werden, um wettbewerbliche Nachteile im gemeinsamen Markt zu verhindern und positive Impulse für die Transformation zu setzen. Neben Aspekten der Rohstoffproduktion, -recycling und -versorgung sowie der Rohstoffverarbeitung müssen hierbei auch die Potenziale der Schlüsseltechnologien wie zum Beispiel der Biotechnologie oder der Material- und Werkstoffforschung stärkere Berücksichtigung finden³.

Heute getroffene Entscheidungen über einzuschlagende Technologiepfade stellen die Weichen für diesen zukunftsweisenden Leitmarkt und die wirtschaftliche Zukunft unseres Kontinents. Der politische und gesellschaftliche Rahmen muss eine maximale Technologieoffenheit ermöglichen, um Lösungswege für die Transformation zu entwerfen.

¹ Der globale Green-Tech-Markt wird bis 2025 auf knapp sechs Billionen Euro wachsen; Quelle: <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/Doppelte-Chance-f%C3%BCr-Europas-Industrie.html>

² Quelle: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/Industrielle-Bioeconomie/neue_Dossierseite/leitbild-2-0-pdf.pdf?__blob=publication-file&v=10

³ Die Potenziale dieser Schlüsseltechnologien haben sich in den vergangenen Jahren schon bei der Herstellung von Vakzinen, der Nutzung und Wiederverwertung von Reststoffen zu hochwertigen Chemikalien und bei der Herstellung von klimaneutralen Produkten mit CO₂ als Rohstoff gezeigt.

So müssen für eine Transformation zu einer nachhaltigen Wirtschaft heute zu treffende politische Entscheidungen, wie zum Beispiel eine mögliche Priorisierung der Nutzung oder Nicht-Nutzung von Biomasse(n) oder der Einsatz von innovativen Technologien berücksichtigen, dass hierdurch Weichen für die Zukunft gestellt werden, die die industrielle Bioökonomie gefährden oder begünstigen können. Daher müssen diese Entscheidungen kohärent ausgestaltet sein und die nachhaltige Transformation der Wirtschaft, im Sinne der gesetzten politischen Ziele mit ordnungs- und prozesspolitischen Maßnahmen sinnvoll unterstützen und der Limitierung der Verfügbarkeit von Biomasse bedingt u. a. durch Flächen- und Wasserrestriktionen (siehe Kapitel 2) sowie der Notwendigkeit der Sicherung der Welternährung gerecht werden.

1.1 Transformationspfade der Industriellen Bioökonomie

Für Unternehmen - ob Weltkonzern, mittelständische und kleine Unternehmen oder Start-Ups - bieten die Ansätze der industriellen Bioökonomie Chancen und Potenziale, ihre überwiegend fossil geprägte Rohstoffbasis um nachwachsende und weitere erneuerbare Rohstoffe, z.B. CO₂-basierte Rohstoffquellen oder Rezyklate, zu erweitern. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Defossilisierung und Kreislaufführung von Materialien und Rohstoffen in Deutschland geleistet. Die Auswertung der zahlreichen Beispiele im Rahmen der Arbeit der Plattform Industrielle Bioökonomie hat gezeigt, dass die Industrie sowohl im Sinne postfossiler Rohstoffe wie auch technologisch den skizzierten Transformationspfad in Richtung nachhaltiger Bioökonomie eingeschlagen hat. Manche Unternehmen haben bereits vor Dekaden mit der Entwicklung, Skalierung und Vermarktung bioökonomischer Produkte begonnen und schicken sich nun an, ihre Produktion auf Kaskadennutzung oder Kreislaufführung umzustellen. Hier ist bereits in diesem Jahrzehnt mit der vollständigen Umstellung zu rechnen. Andere Firmen und Sektoren werden die vollständige Transformation erst 2050 und später erreichen. Insgesamt gilt es, die Umsetzungsgeschwindigkeit signifikant zu erhöhen, um die gesetzten politischen Klima- und Umweltschutzziele in der vorgegebenen Zeit zu erreichen und das Ende des fossilen Zeitalters einzuläuten. Effizientes und zielgerichtetes staatliches Handeln, welches diesen Transformationspfad unterstützt, setzt allerdings voraus, dass die Implementierung der Bioökonomie dabei nicht als sequenziell ablaufender Prozess zu verstehen ist, sondern als parallel in verschiedenen Entwicklungspfaden und Geschäftsmodellen verlaufend. Mögliche Phasen der Implementierung der Bioökonomie aus Sicht der Unternehmen werden in Abbildung 2 dargestellt.

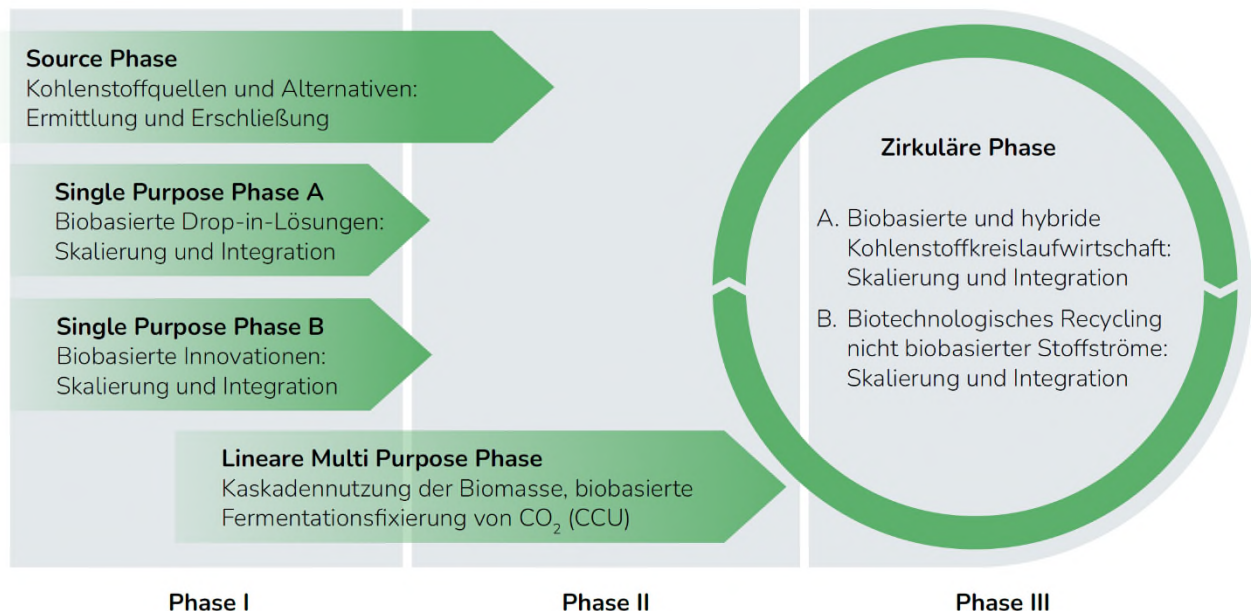


Abb. 2: Mögliche Phasen der Implementierung der Bioökonomie aus Sicht der Unternehmen¹

¹ Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Die Geschäftsmodelle zum Einstieg in die Bioökonomie können entweder auf Rohstoffe oder Produkte abzielen, die aus nachwachsenden anstelle von fossilen Quellen oder auf sekundären Quellen basieren bzw. mit biologischen Prozessen erzeugt wurden. Diese innovativen *Drop-in-Lösungen* (*Single Purpose Phase A*) sollen wettbewerbsfähig in bestehende Wertschöpfungsketten durch nachhaltige Rohstoffquellen integriert werden. Davor kann ein längerer Prozess des *Sourcing* liegen, bei dem der Kohlenstoff aus nachhaltigen Quellen zunächst erschlossen werden muss (*Sourcing Phase*)¹. Unternehmen, die mit ihren Verfahren und Produkten nicht darauf abzielen, Rohstoffe und Produkte aus fossilen Quellen möglichst homolog zu ersetzen, sondern darauf, innovative Rohstoffe und Produkte mit gänzlichen neuen Eigenschaften (und neuem Nutzen) zu entwickeln, befinden sich in der so genannten *Single Purpose Phase B*. Wenn die Produktionsverfahren in eine Kaskadennutzung überführt werden, müssen lineare Produktionsprozesse, die nur einem Zweck dienen, in zirkuläre Mehrzweck-Prozesssysteme weiterentwickelt werden, um ein biobasiertes Produkt möglichst lange stofflich zu nutzen und erst zum Abschluss der thermischen Verwertung zuzuführen.

Eine nachhaltige Bioökonomie hat zum Ziel, die Zwischenstufen und Produkte – seien es *drop-in* (Zirkuläre Phase A) oder innovative Produkte (Zirkuläre Phase B) möglichst lange im Kreislauf zu führen, sofern es bei den Produkten möglich ist. „Abfall“ sollte es idealerweise kaum noch geben, und die gelegentliche Zufuhr von „frischen“ biobasierten Rohstoffen würde dazu dienen, beim Recycling entstehende Verluste auszugleichen. Nach dem Vorbild der Natur könnten Wachstum und Ressourcenverbrauch weitgehend entkoppelt werden.

1.2 Die Transformation in der Praxis

Die Darstellung von 28 profilierten Beispielregionen² und mehr als 35 Best-Practice-Beispielen der industriellen Bioökonomie³ und viele weitere Initiativen zeigen eindrucksvoll die Dynamik in der Entwicklung der Bioökonomie Deutschlands. Neben der bereits seit Langem etablierten Nutzung der Biotechnologie zur Herstellung von Vitaminen, Aminosäuren, Ethanol, Zitronen- und Milchsäure sowie Arzneimitteln und Impfstoffen in der Industrie aber auch bspw. der Reinigung von Wasser, entwickeln Start-Ups und Mittelstand, aber auch die Großindustrie, zahlreiche neue Ansätze für Produktionsverfahren und Produkte. Viele davon sind schon heute am Markt verfügbar und noch mehr befinden sich in der Entwicklung.

Die Skalierung von innovativen Prozessen stellt in der industriellen Bioökonomie eine besondere Herausforderung dar. In den vergangenen Jahren haben aber auch hier wesentliche Entwicklungen stattgefunden: Hervorzuheben sind zum Beispiel der Aufbau einer großskaligen Produktionsstätte für Glykol aus Buchenholz durch die Firma UPM in Leuna, das als Drop-in Chemikalie für biobasierte Kunststoffe und Textilien verwendet werden wird, oder die Anlagen der Südzucker/Zeit⁴ zur industriellen Produktion von Ethanol für die Herstellung des Lösungsmittels Ethylacetat. Im europäischen Ausland werden ebenfalls entsprechende Produktionskapazitäten aufgebaut, an denen deutsche Firmen als Technologielieferanten oder als Betreiber beteiligt sind. Aktuelle Technologieentwicklungen sind zum Beispiel zwei durch Covestro entwickelte Verfahren, eines für biobasiertes Hexamethyldiamin (HMDA) und eines für biobasiertes Anilin, welche Grundstoffe zur Herstellung biobasierter Polyurethane bereitstellen. Alle letztgenannten Produkte werden im Maßstab von mehreren 100.000 Tonnen pro Jahr benötigt, d.h. wenn die Verfahren etabliert sind, werden sich weitere Investitionen im Milliarden-Euro-Bereich anschließen.

Ein Beispiel einer neuen Biomasse-Quelle ist der Russische Löwenzahn als alternative, wirtschaftlich attraktive und ökologisch/sozial unbedenkliche Quelle für Naturkautschuk⁵. Hier ist der Ersatz der nicht nachhaltigen Quelle/ Lieferkette von Bedeutung. Kautschuk ist aufgrund seiner strategischen Bedeutung als einziger Rohstoff biogenen Ursprungs als kritischer Rohstoff für die Europäische Gemeinschaft gelistet (ETRMA, 2017; EU, 2020). Die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie hat zum Aufbau des „Taraxagum Lab Anklam“ geführt (Investition ca. 35

¹ Gleiches gilt auch für andere Elemente, z.B. Phosphor oder kritische Metalle, die aber nicht Gegenstand des hier vorgelegten Papieres sind.

² Die Landkarte mit Beispielregionen der industriellen Bioökonomie finden Sie unter <https://www.bmwk.de/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-beispielregionen-formular.html>

³ Die Landkarte mit Best-Practice-Beispielen der industriellen Bioökonomie finden Sie unter <https://www.bmwk.de/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-bestpractice-formular.html>

⁴ Siehe <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cite.202000061>

⁵ Für einen substantziellen Beitrag an der NK-Produktion werden ca. 50.000 Hektar benötigt. Es geht hier nicht um die Verdrängung der aktuellen NK-Produktion mit dem Kautschukbaum, sondern vielmehr um die Sicherstellung des zukünftig zusätzlichen NK-Bedarfs mit Löwenzahn zur Schonung wertvoller Tropenwälder. Beim Anbau liegt der Fokus auf Sekundärertragsflächen, und dies nicht nur in Deutschland, sondern europaweit. Zudem erhöhen neue Kulturpflanzen die Agrobiodiversität ohne in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu treten.

Mio. €; LIT) - einer weltweit einzigartigen Forschungs- und Entwicklungseinrichtung für Züchtung, Anbau und Rohstoffgewinnung. Sie ist derzeit die Basis für ein sich dynamisch entwickelndes Industrie-segment für innovative Kautschukprodukte in Deutschland (und darüber hinaus). In einem nächsten Schritt soll der Bau einer industriellen Anlage in die Wege geleitet werden, was weitere Investitionen in Milliardenhöhe erfordern wird.

Diese Anlagen der industriellen Bioökonomie produzieren aber nicht nur biobasierte Rohstoffe zur Defossilisierung, sondern schaffen auch zukunftssichere Arbeitsplätze: jede dieser Anlagen wird voraussichtlich 100 – 150 Mitarbeitende beschäftigen. Beispielgebend sind in Tabelle 1 aktuell in Bau bzw. gerade in Betrieb gegangene Anlagen zusammengestellt.

Firma	Produkt/Thema	Standort/Inbetriebnahme	Invest-Volumen
Clariant	Ethanol aus Stroh	Podari (Rumänien) (2022)	ca. 250 Mio. €
Continental	Kautschuk aus Löwenzahn	Anklam (2018)	35 Mio. €
Evonik	Rhamnolipide (Bio-Waschmittel)	Ľupča (Slowakei) (2024)	Dreistellig Mio. €
Südzucker/ Crop Energies	Ethylacetat (Biolog. Lösungsmittel)	Zeitz (2025)	120 – 130 Mio. €
UPM	Glykol, Lignin, Industriezucker	Leuna (2024)	1,18 Mrd. €

Tabelle 1: Anlagen zur großtechnischen Umsetzung Biotechnologie-basierter Prozesse¹

Diese in den vergangenen zehn Jahren auf Basis immer weiter verbesserter Rahmenbedingungen getätigten Investitionen sind bemerkenswert, zeigen sie doch den beginnenden wirtschaftlichen Erfolg und die Machbarkeit der Bioökonomie. Verglichen mit der chemischen und verwandten Industrien sind sie allerdings ein „Tropfen auf den heißen Stein“. Zudem steht neben der nachhaltigen, zirkulären Rohstoffversorgung auch die Vermarktung entsprechender „grünen Technologien“ für den Maschinen- und Anlagenbau im Fokus. Es bedarf massiver weiterer, konzentrierter Anstrengungen und dafür weiterer deutlicher Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Umbau zu einer zirkulären und nachhaltigen (Bio)Ökonomie.

2 Nutzungspfade erneuerbarer und nachhaltiger Rohstoffquellen für die Bioökonomie priorisieren

Um das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 in Deutschland zu erreichen, ist eine grundlegende Transformation der Industrie erforderlich – von einer derzeit noch von fossilen Kohlenstoffverbindungen sowie linearen Ansätzen geprägten hin zu einer zirkulären klimaneutralen Produktions- und Wirtschaftsweise. Mit erneuerbaren Energien und perspektivisch klimaneutralem Wasserstoff allein wird diese Transformation nicht gelingen.² Während in einzelnen Sektoren, wie der Individualmobilität im Straßenverkehr, auf kohlenstoffhaltige Ausgangsverbindungen verzichtet werden kann, sind sie als in einer Vielzahl von Sektoren unverzichtbarer Bestandteil der Wertschöpfungskette. Kohlenstoff ist das zentrale Element der organischen Chemie und kann auch in anderen Sektoren wie z.B. der Stahlindustrie als Rohstoff oder als Hilfsstoff und Legierungselement nicht ersetzt werden. Für ein nachhaltiges Wirtschaften ist es daher unabdingbar, fossile Kohlenstoffquellen durch nachhaltige und regenerierbare Bezugsquellen zu ersetzen. Hierfür kommen lediglich drei Quellen in Frage (vgl. auch Abb. 1)

- Biomasse
- Im Kreislauf geführte Sekundärrohstoffe aus Rest- und Abfallstoffen sowie Abwasser und Abluft
- CO₂ aus Abgasströmen nicht nur aus der Verbrennung von Biomasse, sondern auch von industriellen Prozessen (z.B. Stahl-, Zementherstellung, Müllverbrennung) oder aus der Atmosphäre („carbon capture and utilization“, CCU).

Die Erschließung dieser Rohstoffquellen verbindet bislang oft getrennte Wirtschaftssektoren (Landwirtschaft mit Grundstoffindustrie; Nutzung von Rest-, Abfall-, Abwasser- und Seitenströmen verschiedener Industrien, Nährstoffe

¹ Quelle: Eigene Darstellung.

² <https://www.wirtschaft.nrw/carbon-management-strategie-nrw>

aus der kommunalem Abwasserwirtschaft oder Abfallwirtschaft mit Landwirtschaft) und bietet damit die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle im Sinne neuer Sektorkopplungen aufzubauen. Die Nutzung alternativer Kohlenstoffquellen und Sekundärrohstoffen für die Industrie und die Verknüpfung in einer Kreislaufwirtschaft wird somit Wertschöpfung erhalten, steigern, neu schaffen und die Grundlage für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft bilden. Die Erschließung alternativer Kohlenstoffquellen ist also von großer strategischer Bedeutung für die Transformation der Industrie und ist verbunden mit signifikanten Anpassungen der bisherigen Stoffströme und der beteiligten (Industrie-)Partner. Den Transformationsprozess kann und wird die Industrie indes nur vorantreiben können, sofern die langfristige und nachhaltige Verfügbarkeit von Biomasse und damit insbesondere ihrer Hauptkomponente - dem Kohlenstoff - sichergestellt werden kann.¹ Um dies von staatlicher Seite zu forcieren, gilt es die Verfügbarkeit und Versorgung der Industrie mit Biomasse als zentrales Element in relevanten Strategien (z. B. der Biomassestrategie und Bioökonomiestrategie (bzw. deren Umsetzungsplan)) zu berücksichtigen.

Dabei sollten sich die jeweiligen Strategien in ihren Nutzungsansätzen klar an dem Prinzip einer kaskadischen Nutzung orientieren. Folglich ist die Biomasse so lange wie möglich in langlebigen Produkten zu verwenden, bis diese dann am Ende der möglichen Recyclingzyklen energetisch verwertet werden. Forschung und Entwicklung sollten darauf gerichtet werden, innovative und wirtschaftlich tragfähige Nutzungen für nachhaltig verfügbare Biomassen zu entwickeln und durch neue Ansätze Biomassepotenziale zu erschließen, die vormals durch schlechtes Trennen oder Recycling einer stofflichen Weiterverarbeitung nicht zugänglich waren.

Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen:

- Anbau von Biomasse auf Ackerflächen (Agroforst), Grenzstandorten und evtl. degradierten Flächen durch Anbausysteme, die neben der Biomasseproduktion Bodengesundheit und Artenvielfalt stärken, aber auch den Land- und Forstwirten mittelfristig Einkünfte garantieren.
- Entwicklung und Implementierung von effizienten Gewinnungs- und Nutzungskonzepten für Kohlenstoff/ Rohstoffe aus Biomasse, Recyclingprozessen und CO₂ (CCUBIO) inkl. der dafür benötigten Herstellungsverfahren und Verarbeitungsprozesse in der Industrie; dazu müssen zum Teil noch nicht erschlossene Biomasse-, sekundäre Rohstoff- und CO₂-Quellen zugänglich gemacht werden (Konsistenz der Regulierungen)
- Reduzierung des Drucks auf limitierte Flächen und Wasser sowie Unterstützung nachhaltig produzierter Industrierohstoffe in Deutschland durch Einbeziehung von Biotechnologie und Recycling/Rückgewinnung, Erschließung nachhaltiger nicht-flächengebundener Biomasse z. B. aus Fermentationsprozessen oder Algen und Aufbau einer Biomasseproduktion, die Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenzen vermeidet. Dabei können auch andere Organismen als Pflanzen eingesetzt werden, die aus CO₂ Rohstoffe für die Industrie erzeugen können, entkoppelt vom Flächen- und Wasserbedarf
- Stärkung der kaskadischen Nutzung mit einem Vorrang für die stoffliche Nutzung von Biomasse. Die energetische Nutzung ist ein Teil der Bioökonomie, kann aber nur auf Reststoffströmen beruhen, die nicht mehr effizient in Recyclingkreisläufen stofflich eingesetzt werden können.

Ein zentraler Ansatz in der Transformation der Rohstoffbasis für die Bioökonomie ist der Ausbau der Kaskadennutzung von biologisch erzeugten Rohstoffen durch Sektorkopplung auch mit Abfall- und Abwasserwirtschaft in integrierten Industrieanlagen und Bioökonomieregionen. Dies ist ein wichtiger nächster Schritt, um Biomasse-Produktion und damit Flächennutzung von der daraus erzielten Wertschöpfung teilweise zu entkoppeln. Dabei kommt der Qualität der primär in den Kreislauf eingeschleusten Biomasse eine zentrale Bedeutung zu. Auf jeder Kaskadenebene muss dann eine möglichst lange und konsistente Kreislaufführung angestrebt werden (positives Beispiel: Faserrecycling in der Papierindustrie reduziert den Bedarf an primären Holzfasern und damit den Druck auf die Primärproduktion). Durch Steigerung der Recycling-Quote auf jeder Kaskadenstufe wird die Verweildauer von Materialien und Kohlenstoff erhöht und somit die Notwendigkeit der Einspeisung weiterer Primärbiomasse reduziert. Gleichzeitig erlaubt sie die Ausrichtung der Wirtschaft an den bestehenden planetaren und regionalen Grenzen.

¹ Alternativ bietet das industrielle biologische Recycling (CCUBIO) eine effiziente und skalierbare Lösung des CO₂-Recyclings und bietet damit die Möglichkeit zur Entkopplung der biologischen Umwandlung von CO₂ zu neuen Kohlenstoffrohstoffen von Flächen- und Wasserverbrauch.

Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen:

- Fokussierung auf ertragsoptimierte Primärbiomasse/ -rohstoffe zur möglichst effizienten Umsetzung von Kreislaufprozessen
- Möglichst weitgehende Entkopplung von Wertschöpfung generierendem Umsatz von Biomassebasierten Kohlenstoffressourcen und Primärproduktion durch Recyclingstrategien und Kaskadennutzung
- (Bio(-technologie)-basierte) Kaskadennutzung und Recycling machen neue Regulierungen für die Abfallbehandlung notwendig. So müssen z. B. Reststoffe aus der industriellen biotechnologischen Stroh-Verwertung als Dünger (und nicht als Industrieabfall) gewertet und so behandelt werden oder die Fütterung von Bioabfällen an Insekten als deren natürliche Nahrungsgrundlage erlaubt werden.

CO₂ aus industriellen Abgasströmen und aus der Atmosphäre soll möglichst bald eine weitere Ressource für Kohlenstoff sein, die bei Nutzung in langlebigen Produkten und in industriellen Prozessen oder als Quellen mehrstufiger (und damit lang andauernder) Nutzung einen Beitrag zum Klimaschutz leisten wird. Um das 1,5 Grad-Ziel zu erreichen, müssen laut IPPC möglichst nicht nur Emissionen reduziert werden, sondern auch andere klimaaktive Gase aus der Atmosphäre entzogen werden. So kann z.B. über Fermentation oder andere biologische Prozesse (CCUBIO) fixiertes CO₂ in Rohstoffe umgesetzt oder die Emission von Lachgas in Kläranlagen vermieden werden, indem Stickstoff zuvor in neuen Stickstoffdünger für die Landwirtschaft umgewandelt wurde. Um dies wirtschaftlich darzustellen, sollen die Produkte der CO₂-Nutzung aus industriellen Prozessen und aus der Atmosphäre als Industrierohstoffe eingesetzt werden. Voraussetzung hierfür sind effiziente, auch biotechnologische Industrieprozesse, die mit erneuerbaren Energien angetrieben werden, sowie der Auf- bzw. Ausbau einer CO₂-Infrastruktur.

Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen:

- Die Entkopplung (wo möglich) der Wirtschaft von Flächen-nutzender Primärproduktion durch den Einsatz von sekundärer Biomasse- und anderen Kohlenstoffressourcen in Verbindung mit negativen Emissionen vorantreiben.
- Die Gewinnung von erneuerbaren Energien muss effizient sein und – soweit flächenrelevant – mit Doppelnutzung von Fläche (Energie und Ressource) oder ohne Nutzung von Flächen, die zum Biomasseaufbau benötigt werden, erfolgen.

Eine nachhaltige Nutzung von Biomasse wird durch neue innovative Geschäftsmodelle weiter gestärkt. Die einzelnen Phasen der Entwicklung einer nachhaltigen industriellen Bioökonomie von ineffizienten, linearen Nutzungen über Kaskaden- und Kreislaufwirtschaft bis hin zur Erweiterung der Biomasse-/ Kohlenstoffressourcen im Kontext negativer Emissionen und Nachhaltigkeit erfordert die Weiterentwicklung und Anpassung von bestehenden Geschäftsmodellen. Dabei müssen beim Übergang zwischen den einzelnen Phasen durch adäquate Anreizsysteme und ggf. auch ordnungspolitische Maßnahmen attraktive Zielpunkte gesetzt werden, die der Industrie Flexibilität in der Zielerreichung einerseits, aber auch verlässliche Rahmenbedingungen für Investitionen andererseits bieten.

Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen:

- Für die realistische Kalkulation und Amortisierung von Investitionskosten für den Aufbau von Infrastrukturen zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse bedarf es verlässlicher Rahmenbedingungen für die Industrie. Im Sinne einer nachhaltigen Industriepolitik gilt es, diesen Grundsatz in den Schwerpunkten zukünftiger Strategien, Gesetzen oder Verordnungen zu berücksichtigen.
- Kaskaden- und Kreislaufwirtschaft erfordern neue, teilweise für Regionen spezifische Sektorkopplungen, die durch Anreizsysteme (Leitmärkte, Risikoreduzierung, etc.) der öffentlichen Hand begleitet und gesteuert werden müssen.
- Unabhängig von der politischen Zielsetzung bedarf die Lenkung von Biomasse- und Kohlenstoffströmen einer in sich stimmigen und konsistenten Gesamtstrategie. Diese muss neben ökonomischen Anreizsystemen- und -instrumenten auch die technische Interoperabilität von Kohlenstoffquellen berücksichtigen, die es der Industrie ermöglicht, unterschiedliche Kohlenstoffströme zu kombinieren.

Bei allen Tendenzen zur Sicherung von Quantität und Qualität in Liefer- und Produktionsketten wird der Bedarf an biobasierten Rohstoffen für die deutsche Wirtschaft auch langfristig nicht allein aus Deutschland zu decken sein. Gerade deswegen muss durch eine verantwortungsvolle Land- und Forstwirtschaftspolitik sichergestellt sein, dass nachhaltige Bewirtschaftungs- und Flächennutzungskonzepte in Deutschland so gestaltet werden, dass der überwiegende Teil der benötigten Biomassen aus dem regionalen Anbau und Anfall bezogen werden kann. Import von bestimmten Biomassen aus Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sowie Drittstaaten kann auch weiterhin zur Versorgungssicherheit der hiesigen Bioökonomie beitragen, wird aber absehbar nur einen begrenzten Anteil haben können. Daher dürfen in Deutschland regulatorische Einschnitte bei Anbau und Nutzung von nachwachsenden und regionalen Rohstoffen nicht dazu führen, dass unser biogener Rohstoffbedarf vermehrt aus Weltregionen importiert wird, die ihre natürlichen Ressourcen für ihre eigene Transformation brauchen. Bei Importen ist zudem sicherzustellen, dass Nachhaltigkeitskriterien ohne Abschlüsse einzuhalten sind.

Um bioökonomische Ressourcen global nutzen zu können, müssen für die nachhaltige Bereitstellung/ Produktion zunächst auf europäischer Ebene und dann auch international dieselben Kriterien eingefordert werden. Damit werden die Grundlagen für nachhaltige Importmöglichkeiten gelegt. Außerdem wird dadurch die Möglichkeit geschaffen, dass in Deutschland entwickelte Geschäftsmodelle und Nachhaltigkeitsmaßstäbe der industriellen Bioökonomie exportierbar sind. So können andere Länder von Technologien einer effizienten Bioökonomie profitieren.

Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen:

- Bei der Nutzung nationaler Biomasse muss der Bedarf der deutschen Industrie für internationales Sourcing berücksichtigt werden, da sonst nicht nachhaltige Quellen im Ausland genutzt werden, während in Deutschland Praktiken eingesetzt werden, die international nicht umsetzbar sind.
- Die industrielle Bioökonomie muss einen ganzheitlich-systemischen Ansatz verfolgen, der auch ggf. indirekte Folgen der Anpassung deutscher Biomasse-Nutzungen berücksichtigt, ohne dabei die Versorgungsbasis der deutschen Industrie für die Entwicklung einer nachhaltigen biologisch transformierten Industrie zu gefährden.
- Eine verantwortungsvolle Land- und Forstwirtschaftspolitik stellt durch nachhaltige Bewirtschaftungs- und Flächennutzungskonzepte sicher, dass der überwiegende Teil der benötigten Biomassen aus dem regionalen Anbau und Anfall bezogen werden kann.
- Hierbei müssen die Zeiträume zur Anpassung der Industrie auf nachhaltige biobasierte Rohstoffe berücksichtigt werden, da nur eine schrittweise Umstellung (in Phasen) zu einer nachhaltigen Entwicklung der Industriestruktur und einem Erhalt der bestehenden industriellen Wertschöpfungsketten führen kann.

Die Umstellung auf eine industrielle Bioökonomie mit nachhaltiger, effizienter Nutzung von Biomasse und Kohlenstoffressourcen bietet das Umfeld für Wirtschaft und Wissenschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette, um exportfähige Technologien und Produkte für eine nachhaltige Bioökonomie zu entwickeln. Neben der Nutzung von biobasierten Ressourcen aus Deutschland und aus dem Import ist die Produkt-, Technologie- und Geschäftsmodellentwicklung entlang der Phasen ein wichtiger Treiber wirtschaftlicher Innovation in der Industrie. Die in Deutschland entwickelten Produkte, Technologien und Geschäftsmodelle können auch weltweit verkauft/vermarktet und zur Umsetzung von Klima- und Nachhaltigkeitszielen eingesetzt werden.

Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen:

- Damit Deutschland zu einem Weltleitmarkt der Bioökonomie aufsteigen kann, bedarf es neben der Entwicklung und Fertigung technologischer Innovationen auch der Entwicklung einer nachhaltigen biogenen Ressourcenpolitik, die die Verfügbarkeit von nachhaltig erzeugter oder anfallender Biomasse für diese hochwertigen Nutzungen sicherstellt. Dabei gilt es, Flächennutzungsformen zu entwickeln und zu fördern, die Klimaanpassung und Artenvielfalt im Blick haben und stärken.
- Die Entwicklung relevanter Technologien und Geschäftsmodelle und deren Umsetzung in einer nachhaltigen industriellen Bioökonomie in den beschriebenen Phasen tragen zu einer Verbreitung nachhaltiger Wirtschaftskonzepte weltweit bei und sollten deshalb in entsprechende Strategien (wie z. B. der Biomassestrategie und Bioökonomiestrategie) eingeschlossen werden.

- Die Biomassestrategie sollte eng mit der industriellen Bioökonomie gekoppelt werden, damit sie über den Export von Technologien und angepassten Geschäftsmodellen einen über Deutschland hinausreichenden Wert für Klima- und Ressourcenschutz erhält. Sinnvoll ist auch eine Verknüpfung mit weiteren Strategien wie der Carbon Management Strategie und der Kreislaufwirtschaftsstrategie.

Die Biomasseversorgung ist als Aufgabe der internationalen Zusammenarbeit und der Entwicklungspolitik zu verstehen. Um möglichst große Effekte für die globale Nachhaltigkeit zu erzielen, sollte hierfür der Dialog mit den Partnerländern aufgenommen werden und diese dabei nicht vorwiegend in der Rolle als Biomasselieferanten und Technologieimporteure gesehen werden. Bei einer gemeinsamen Forschung und Entwicklung lassen sich im Rahmen dieser Nutzungsplanung neue globale Wertschöpfungsketten aufbauen, die auch außerhalb Europas Wertschöpfungspotenziale bieten und so zu einer resilienteren Rohstoffversorgung Deutschlands beitragen.

3 Ordnungs- und prozesspolitische Maßnahmen zur Erzeugung eines Market Pull für biobasierte Erzeugnisse

In der Regel sind Verbraucherinnen und Verbraucher und Industrie nur dann bereit, auf biobasierte und klimaneutrale Lösungen zuzugreifen, wenn sie besonders innovativ oder kosten- und aufwandneutral sind. Nur eine Minderheit der Konsumierenden ist bereit, etwa einen „grünen Bonus“ für Verpackungen zu zahlen oder den Aufwand für eine holzbasierte Architekturlösung in Kauf zu nehmen. Die Entwicklung von Märkten für nachhaltige Produkte ist aber essenziell, damit Unternehmen solche Produkte entwickeln und Produkt- und Prozessinnovationen implementiert werden. Als primäres Instrument zur Entwicklung eines Leitmarkts für nachhaltige Bioökonomie in Deutschland und Europa sollte die Politik positive Marktanreize schaffen und rechtliche Hürden abbauen.

3.1 Biobasierte Verpackungsmaterialien

In der Regel sind biologisch basierte und bio-abbaubare Kunststoffe teurer als herkömmliche Verpackungsmaterialien wie z.B. fossilbasiertes Polyester. Unternehmen, die auf biobasierte Verpackungsmaterialien umstellen wollen, müssen den Mehrpreis an den Konsumenten weitergeben. Wenn die Entwicklung des CO₂-Preises einerseits, EU-Regulierungen (Verpackungsverordnung) sowie das Verbraucherinteresse andererseits keine ausreichenden Anreize für die Entwicklung der Geschäftsmodelle bieten, sollte geprüft werden, ob durch Schaffung von Incentives (z.B. Steuererleichterung) für Unternehmen oder *Brand-Owner*, die biobasierte Verpackungen auf den Markt bringen, Anreize geschaffen und Mehrkosten beim Endkunden vermieden werden können.

3.2 CO₂-Bepreisung mit Richtungswirkung

Die wirtschaftspolitische Maßnahme der CO₂-Bepreisung zeigt schon heute eine gewisse Richtungswirkung in der Industrie. Aufgrund der massiv höheren CO₂-Mengen, die auch infolge des bislang relativ günstigen CO₂-Preises (z.B. bei Öl unter 15% des Preises) aus der energetischen Nutzung freigesetzt werden, ist allerdings der Effekt von CO₂-Zertifikaten auf die Abkehr von fossilen Rohstoffen in der stofflichen Nutzung nicht sonderlich ausgeprägt. Es müssen deshalb unabhängig von den CO₂-Zertifikaten der Energiewirtschaft Maßnahmen ergriffen werden, um die Defossilisierung von chemischen Produkten attraktiver zu machen und damit zu forcieren, dass z.B. im Bereich der Bauwirtschaft Holz als Rohstoff und Substitut für den klassischen Beton/Steinbau eingesetzt wird.

3.3 Erreichung der Klimaziele durch nachhaltige Sequestrierung von CO₂

Sequestrierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre (und Punktquellen, deren CO₂ so erst gar nicht in die Atmosphäre gelangt) ist notwendig, um die CO₂-Belastung wieder zurückzuführen. Berechnungen des IPPC belegen, dass zum Erhalt des 1,5- und 2-Grad-Ziels mittelfristig nicht nur Netto-Null-Emissionen, sondern eine aktive Sequestrierung atmosphärischen Kohlenstoffs nötig sind. Neben Verfahren des *Carbon Capture and Storage* (CCS), bei dem Kohlenstoff in geologischen Formationen gespeichert wird und damit dauerhaft dem C-Kreislauf entzogen wird (und im Kreislauf ersetzt werden muss, um den Rohstoffbedarf zu decken), sind langlebige kohlenstoffhaltige Produkte eine interessante Option im Rahmen von Carbon Capture and Utilization (CCU).

Die oben bereits ausgeführte CO₂-Fermentation bietet eine wichtige Option, CO₂ effektiv aus Quellen mit hohen CO₂-Konzentrationen (Bioethanol, Biogasanlagen, industrielle Prozesse etc.) zu gewinnen. Die Effektivität der Sequestrierung hängt dann im Wesentlichen davon ab, wie aus den gewonnenen Plattformchemikalien langlebige oder sich lang im Stoffkreislauf befindliche Materialien (inkl. Produkt-Design) hergestellt werden.

Eine weitere Option zur langfristigen Einlagerung von Kohlenstoff im Sinne von CCU/CCS ist die Bauwirtschaft. Die großen benötigten Materialmengen und die lange Nutzungsphase teilweise über Dekaden schaffen hier große Potenziale für biobasierte Baurohstoffe. Besonders interessant ist dabei die Nutzung von CO₂ oder Rest- und Nebenströmen, die sonst energetisch verwertet würden. Faserbasierte Rohstoffe als Konstruktions-, Funktions- und Dämmmaterial in der Bauwirtschaft sind zunehmend interessant für Produkte aus der industriellen Bioökonomie. Fortschritte bei der EU-Harmonisierung von Produktnormen im Baubereich und eine Überarbeitung der EU-Bauproduktenverordnung sind hierfür Voraussetzung.

Unmittelbar auf forst-basierte Rohstoffe greift der Holzbau zurück. Holzarchitektur ist eine ideale Möglichkeit, CO₂ langfristig zu binden. Die Bauordnungen der Länder lassen jedoch oftmals den Holzbau für Mehrfamilienhäuser und Wirtschaftsgebäude nicht zu und auch die Verwendung weiterer biobasierter Materialien ist eingeschränkt. Zusätzlich fehlen Anbieter und mit dem Holzbau und biobasierten Baustoffen vertraute Architekten und Bauingenieure. Eine Überarbeitung und Angleichung der unterschiedlichen Bauordnungen der Bundesländer mit dem Ziel, bundesweit den Holzbau und die Nutzung biobasierter Baustoffe sowohl für öffentliche Gebäude, Infrastruktur und im privaten Segment zu erleichtern und zu incentivieren/fördern, kann Anreize und Möglichkeiten für die Bauträger schaffen. Weiterhin ist die Einrichtung von Lehrstühlen an Hochschulen und Universitäten zur Ausbildung von Architekten mit dem Schwerpunkt Holzbau und biobasierte Baustoffe notwendig.

3.4 Normative und rechtliche Rahmenbedingungen

Der Einsatz von neuen Materialien erfordert je nach Anwendung (bspw. Lebensmittelkontaktmaterialien, Baumaterialien etc.) die Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben und Normen. Diese müssen stetig weiterentwickelt und angepasst werden. Spezifikationen, etwa zu Qualitäts- und Sicherheitsstandards, müssen insbesondere in folgenden Bereichen definiert werden:

- 1) Rohstoffe (inkl. Rest- und Abfallstoffe)
- 2) Produkte (z.B. neue Lebensmittel)
- 3) Rezyklate (z.B. aus Bioplastik)
- 4) Prozesse (mit oder ohne Zwischenmischungsschritten)

Viele Rechtssetzungen haben sich in der Ära linearer Wertschöpfungsketten (vom Rohstoff zum finalen Produkt) herausgebildet. Der Perspektivwechsel in die Kreislaufwirtschaft führt insbesondere in der industriellen Bioökonomie zu Brüchen, weil traditionelle Rechtsnormen Innovation behindern/ verlangsamen. Hier besteht ein dringender Bedarf, die bestehenden regulatorischen und politischen Instrumente und Gesetze anzupassen, beispielsweise das Abfall-, Kreislaufwirtschafts-, Ordnungs- und Agrarrecht – vorzugsweise im EU-Binnenmarkt, THG- und Brennstoffemissionshandelsgesetz (Bundesemissionshandelsgesetz (BEHG)). Zu nennen sind aber auch Genehmigungsverfahren, die für neuartige Herstellungsverfahren nicht geeignet sind, wie beispielsweise den Bau von Bioraffinerien, die unterschiedlichsten schwer zu vereinbarenden Anforderungen traditioneller Industrien unterliegen, aber kein angepasstes eigenes Genehmigungsrecht kennen.

Mit Blick auf eine neue Nationale Biomassestrategie und den in Erstellung befindlichen Umsetzungsplan zur Nationalen Bioökonomiestrategie sollten die Rahmenbedingungen für die Anwendung biobasierter, nachhaltiger Verfahren und Produkte nicht nur unterstützt, sondern im Gegenzug auch klima- und biodiversitätsschädliche Subventionen abgebaut werden.

3.5 Arbeitsmarktpolitische Maßnahmen

Eine erfolgreiche Transformation hin zu einer Defossilisierung der Industrie gelingt nur mit einer motivierten und qualifizierten Belegschaft. Um die Beschäftigten auf diese Prozesse vorzubereiten und ihre Beschäftigungsfähigkeit zu erhalten, müssen sie informiert und qualifiziert werden. Hierzu sind die geplanten (Unternehmens-)Strategien zu verdeutlichen und zu erläutern. Darüber hinaus sind die Qualifizierungsbedarfe zu erheben und Qualifizierungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit den Mitbestimmungsgremien zu erarbeiten.

1. Transformationsprozesse transparent machen

Um die Gesellschaft (und die Belegschaft) auf dem Weg in die postfossile Zukunft mitzunehmen, müssen die Prozesse von Beginn an transparent, nachvollziehbar und wertschätzend dargestellt werden. Entsprechende Informationsmaterialien, welche die Herausforderungen, die Potenziale und Erfordernisse, aber auch Fördererszenarien darstellen, sollten zur Verfügung gestellt werden.

2. Weiterbildung/Qualifizierung

Die Transformation verändert Prozessabläufe. Es stellen sich zunehmend veränderte Anforderungen an die Beschäftigten, die eine Qualifizierung der Belegschaft erfordern. Entscheidend ist, diese Qualifizierungsbedarfe zu erheben und entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen durchzuführen. Auch hierfür müssen Fördermittel zur Verfügung gestellt werden.

3. Ausbildung

Eine innovative Industrie braucht gut ausgebildete Fachkräfte. Neben der Qualifizierung von Beschäftigten ist die Ausbildung junger Menschen die Voraussetzung, um im Wettbewerb zu bestehen. Eine bedarfsgerechte Ausbildung mit Inhalten, die die Erfordernisse der Industriellen Bioökonomie abdecken, muss gewährleistet sein. Entsprechend sind die Ausbildungsordnungen regelmäßig zu überprüfen und ggf. anzupassen oder neu zu fassen.

4 Kontinuierliche F&E&I-Förderpolitik für eine nachhaltige Industriepolitik

Investitionen in Forschung und Entwicklung zahlen sich aus, denn sie sind der wichtigste Motor des Wirtschaftswachstums. Daraus folgt umgekehrt: Eine fehlende oder unzureichende Förderung, insbesondere im Bereich der Zukunftsmärkte, schwächt die künftige wirtschaftliche Position auf den Weltmärkten. Die Transformation zwingt die Unternehmen mehr denn je, ihre Produkte und Geschäftsmodelle kontinuierlich weiterzuentwickeln und sich nicht nur darauf zu beschränken, in einem existierenden, noch nicht ausgeschöpften Marktbereich weitere Absatz- und Wachstumsmöglichkeiten zu extrapolieren. Unternehmen sind gezwungen, sich aktiv in Wachstumsmärkten wie der Bioökonomie zu engagieren und zukunftsweisende Technologien einzuführen, die auf eine effizientere und umweltfreundlichere Nutzung von Ressourcen abzielen. Dies erfordert nicht nur eine Anpassung ihrer F&E&I-Strategie und die Qualifizierung des Personals, sondern auch langfristige Investitionsentscheidungen für kapitalintensive Anlagevermögen und den Aufbau der notwendigen technischen Infrastruktur.

Eine Einordnung von möglichen Fördermaßnahmen könnte nach Definition des möglichen zu erreichenden Impacts und entsprechend des Technology Readiness Level (TRL) erfolgen, wie in Abbildung 3 dargestellt.

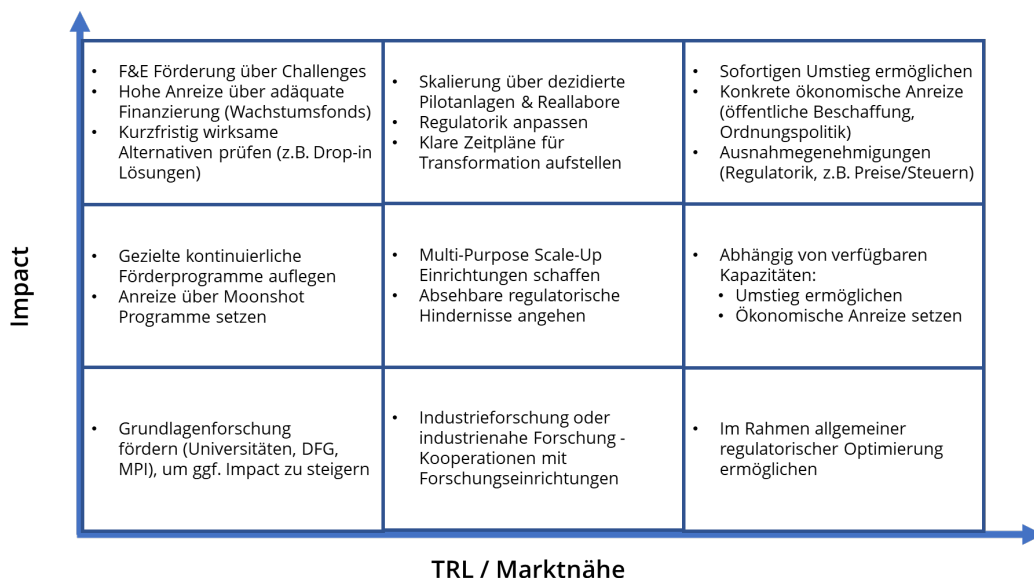


Abb. 3: Matrix zur Einordnung von Fördermaßnahmen entsprechend des TRL¹

¹ Quelle: CLIB Cluster industrielle Biotechnologie e.V.

Technologien mit hohem Impact erfordern gezielte Unterstützung, während Technologien mit niedrigem Impact eher von allgemeinen Maßnahmen profitieren sollen. Abbildung 3 ermöglicht eine Einordnung unterschiedlicher Technologien/Prozesse/Produkte nach ihrer Marktnähe/ihrem Technologiereifegrad (X-Achse) und ihrem Impact (Y-Achse) und gibt Vorschläge für jeweils passende Instrumente und Maßnahmen.

Die X-Achse vermittelt dabei einen Eindruck, in welchem Zeitraum mit dem großflächigen Markteintritt der Technologien gerechnet werden kann. Sie ist dabei nicht linear zu verstehen, sondern dreigeteilt in die Technologiereifegrade 1-6 (Technologieentwicklung), 7-8 (Skalierung) und 9 (Markteintritt). Zu beachten ist, dass selbst Technologien mit einem Reifegrad von 9 keine sofortige Auswirkung haben können, solange keine Anlagen entsprechend umgerüstet bzw. gebaut sind.

Der auf der Y-Achse gezeigte Impact muss von der Politik in Absprache mit den beteiligten Akteuren möglichst langfristig definiert werden und sollte sich technologieoffen auf Bereiche wie Marktgröße, CO₂-Vermeidungspotenzial etc. beziehen. Auch wenn die Rahmenbedingungen langfristig bestehen bleiben müssen (Stichwort Investitionssicherheit), sollten die vorgeschlagenen Instrumente und Maßnahmen regelmäßig auf Fehlentwicklungen überprüft werden und gegebenenfalls nachjustiert werden.

Die Defossilisierung unserer Wirtschaft, zu der die Bioökonomie einen wesentlichen Beitrag leisten kann, ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe und muss daher als solche angegangen werden. Unternehmerische Ansätze in diese Richtung müssen von einer Innovationspolitik flankiert werden, die einerseits unternehmerisches Risiko anerkennt und andererseits die Transformation von Unternehmen kontinuierlich fördert, aber auch fordert. Eine zukunftsorientierte Industriepolitik, die die Wertschöpfung im Land hält, muss daher sicherstellen, dass die Innovationsfähigkeit der Industrie in grünen Zukunftsmärkten wie der Bioökonomie durch gezielte Förderung unterstützt wird. Es wird daher dem BMWK empfohlen, die Eckpfeiler seiner Innovations- und Technologiepolitik im Kontext der industriellen Bioökonomie in einem Rahmenprogramm weiterzuentwickeln.

Aufbauend auf Erkenntnissen der anwendungsorientierten Industrieforschung muss der Fokus verstärkt auf der Integration der Prozessschritte in kommerzialisierbare Prozesse und deren Erprobung (Pilotierung) und Demonstration liegen. Neue Verfahren für zukunftsweisende defossilisierte Produkte und deren Umsetzung in marktfähige Produkte führen zur Ertüchtigung von Unternehmen, die daraus neue Wertschöpfung generieren.

4.1 Weiterentwicklung des Förderprogramms Industrielle Bioökonomie

Mit dem Förderprogramm Industrielle Bioökonomie fördert das BMWK erstmals größere Pilotversuche in Mehrzweckdemonstrationsanlagen für Verfahren der industriellen Bioökonomie (Baustein A), vorbereitende Tätigkeiten für den Bau von Single-Purpose-Demonstrationsanlagen (Baustein B) sowie den Transfer biobasierter Produkte und Verfahren in regionale industrielle Wertschöpfungsketten sowie den Aufbau von Innovationsclustern (Baustein C). Die Förderung soll auch dazu dienen, biobasierte *Drop-In*-Lösungen zu skalieren sowie alternative nachwachsende Kohlenstoffquellen (CO₂, Rezyklate, Biomasse) zu erschließen. Auch wenn dieses Programm auf Akzeptanz stößt, werden Hürden deutlich, die in der Fortschreibung des Förderinstrumentes unbedingt beseitigt werden müssen, um die weitere Entwicklung der Bioökonomie zu beschleunigen. Hierzu zählen:

- Die Pilotanlagenstruktur in Deutschland ist bei weitem nicht ausreichend. Es gibt zu wenig Anlagen, die eine gezielte, verfahrenstechnische Vorbehandlung von Biomasse für die nachgeschalteten Prozesse gewährleisten oder die CO₂-Fixierung in industriellen Maßstab und die Rückgewinnung von weiteren limitierten Wertstoffen aus Abfällen, Abwasser oder Abluft wirtschaftlich machen. Zudem können in den meisten Anlagen nur einzelne Prozessschritte dargestellt werden, ein Gesamtprozess im Sinne einer Bioraffinerie kann nur in Ausnahmefällen realisiert werden (vgl. urbane und industrielle Bioraffinerien¹ in BW).
- Bei Single-Purpose-Pilotanlagen wird nur ein Teil des *Engineering* durch Baustein B gefördert. Die Kosten für das *Engineering* betragen in der Regel 18 bis 20% der Gesamtinvestition. Da Pilotanlagen üblicherweise zwischen 10 und 20 Millionen Euro kosten, verbleibt der wesentliche Anteil des finanziellen Aufwands (und damit das Risiko) bei den Unternehmen. KMUs oder Start-Ups können diesen Finanzierungsbedarf nicht aufbringen und Risikokapital ist für die Etablierung reiner Hardware (Anlagen) nicht verfügbar. Hier entsteht eine Lücke, die es zu schließen gilt.

¹ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/umwelt-wirtschaft/biooekonomie/bio-ab-cycling>

4.2 Förderung von *Enabling-Technologies* für die Nutzung biobasierter Rohstoffe

Unter *Enabling-Technologies* verstehen wir Verfahren/Maschinen, die die Nutzung von biobasierten Rohstoffen ermöglichen beziehungsweise wirtschaftlicher machen oder auch deren ressourcenschonende und umweltfreundliche Rückgewinnung gewährleisten. Exemplarisch seien genannt:

- Aufschluss von lignozellulosehaltiger Biomasse (Holz, Stroh, Gräser) unter Nutzung aller verfügbaren Rohstoffe wie Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Hier fehlt es an kontinuierlich arbeitenden Maschinen, um große Mengen an Biomasse mit wenig Wasserverbrauch wirtschaftlich zu verarbeiten. Gleiches gilt für weitere Biomassen, die z.B. in der Stärke- und Kautschukindustrie anfallen.
- Membranverfahren, die den Wasserverbrauch deutlich senken, um den Bedarf an Heiz- und Kühlenergie und die Menge an erzeugtem Abwasser zu minimieren.
- Enzymatische Verfahren z. B. zum Aufschluss biogener Rohstoffe oder für das Recycling biogener und nicht-biogener Polymere
- Biologische Verfahren für die Rückgewinnung von nicht-biologischen Elementen (z. B. Gold und seltene Erden) und Mikronährstoffen (Phosphate, Stickstoffverbindungen) aus Abfällen und Abwässern von Haushalten und Industrie

Die Entwicklung solcher Verfahren/Maschinen ist kostenintensiv und der Erfolg ist nicht immer sicher. Mittelständische Unternehmen und vor allem KMU sind nicht in der Lage, dieses Risiko einzugehen. Gefördert werden in der Regel Produkte bzw. Verfahren zu ihrer Herstellung, aber selten Technologien, die nicht unmittelbar Produkte erzeugen, jedoch anderen Verfahren zur Wirtschaftlichkeit verhelfen können. Eine gezielte Förderung für solche „Enabling-Technologies“ würden dem Maschinen- und Anlagenbau und der Prozessindustrie zu einem technologischen Vorsprung im internationalen Wettbewerb verhelfen.

4.3 Transformationsräume: Reallabore mit Experimentierklauseln

Zur Erprobung realwirtschaftlicher Implementierung sind Reallabore bewährte Instrumente. Allerdings decken Reallabore nicht alle Aspekte ab, die für eine echte Transformation notwendig sind. Häufig sind Reallabore auf einzelne Prozesse oder Produktebenen begrenzt. In Transformationsräumen wird die gesamte Wertschöpfungskette integriert und auch Experimentierklauseln über verschiedene Wertschöpfungsnetze hinweg modellhaft ausprobiert und evaluiert. Die Ergebnisse finden dann Eingang in Transfer und Anpassung von Rahmenbedingungen in anderen Regionen oder Wertschöpfungsverbänden.

Reallabore fungieren als Testräume für Innovationen und neue Regulierungen entlang kompletter, integrierter Wertschöpfungsketten. Sie ermöglichen es, neue Technologien, Ansätze, Methoden und Geschäftsmodelle in Experimentierräumen und gemeinsam mit vielen beteiligten Akteuren zu erproben und dann Schlüsse für die politische Rahmensetzung zu ziehen. Kennzeichnend für diese Art der Zusammenarbeit sind die Partizipation sowie das gemeinsame Lernen. Hierdurch sollen Erkenntnisse aus der Wissenschaft nicht nur schneller ihren Weg in die Praxis finden. Reallabore können auch dabei helfen, die gesellschaftliche Akzeptanz für Innovationen und Veränderungsprozesse zu stärken. Im aktuellen Koalitionsvertrag hat sich die Bundesregierung dazu verpflichtet, ein Reallaborgesetz zu beschließen, das einheitliche und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für Reallabore bietet und neue Freiräume zur Erprobung von Innovationen ermöglicht.

4.4 Fördermodule für die Entwicklung von Geschäftsmodellen

Neben traditionellen Geschäftsmodellen müssen neue Ansätze eruiert werden, in denen z.B. nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke über mehrere Akteure hinweg entstehen. Hierzu werden vorhandene und aktuell entstehende kurze Wertschöpfungsketten zwischen Erzeugern von Biomasse/Rohstoffen und Herstellern nachhaltiger Produkte zunehmend in Richtung integrierter Wertschöpfungsnetze und Kreislaufwirtschaftsansätze erweitert. Dazu können z.B. die Förderung von Nachhaltigkeitsbewertungen wie Life Cycle Assessments (LCA), die Entwicklung von digitalen Produktpässen oder Plattformen für die Vernetzung der Akteure einen wesentlichen Beitrag leisten.

4.5 Förderung der Etablierung integrierter Wertschöpfungsketten und der Erzeugung nachhaltiger Mengen und Qualitäten an prozessspezifischer Biomasse

Vor dem Hintergrund von Ressourcenknappheit und Lieferengpässen bei fossilen und traditionell verwendeten Rohstoffen, aber besonders angesichts des Klimawandels, müssen viele Industriesektoren, die derzeit auf fossile sowie bisweilen nicht nachhaltig produzierte pflanzliche Rohstoffe angewiesen sind, auf eine ökonomisch tragfähige und ökologisch verantwortungsvolle biobasierte Wirtschaftsweise umstellen. Dies erfordert die Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette, die nicht nur die eigentliche Verwertung der Biomasse, sondern auch deren nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung in der erforderlichen Menge und Qualität umfasst. Viele industrielle Herstellungsprozesse in Branchen wie der Beschichtungs-, Bau-, Gummi- und Pharmaindustrie stellen besondere Anforderungen an den Rohstoff, der in der benötigten Form aus Biomassen wie Holz oder biogenen Abfällen nicht oder nur durch energieintensive Verfahren und/oder den Einsatz umweltschädlicher Chemikalien gewonnen werden kann. Die gezielte Züchtung, Entwicklung und nachhaltige Bereitstellung von maßgeschneiderten Biomassen und anderen Rohstoffen (z.B. Industriepflanzen, Algen), die eine bessere, effizientere (bio-)technologische Aufarbeitung und Verwertung der gewünschten Rohstoffe (auch in bestehenden Prozessen) sowie ggf. neuartige Produktinnovationen ermöglichen, sollte daher immer als Teil integrierter Wertschöpfungsketten betrachtet werden.

4.6 Förderung der Etablierung von Pilotanlagen für neue Prozesse

Die Best-Practice-Beispiele (Kapitel 1.) zeigen nicht nur den Bedarf an Pilot- und Demonstrationsanlagen zur Entwicklung neuer Verfahren der industriellen Bioökonomie, sondern auch den hohen Investitionsbedarf. Weitere Anlagen sind in Planung bzw. kurz vor Baubeginn (CLIB NRW; Straubing). Die BMWK-Fördermaßnahme Industrielle Bioökonomie/Nutzung von Multi-Purpose-Anlagen hat bereits dazu beigetragen, dass Entwicklungsfortschritte erreicht werden konnten.

Um wirklich massiv und nachhaltig die Rohstoffbasis für die Industrie auf nachwachsende Rohstoffe umzustellen, sei es zur Nutzung von Lignozellulose oder von gezielt entwickelten Nutz-/Industriepflanzen wie beispielsweise des Löwenzahns oder Designer-Stärkekartoffeln, bedarf es weiterer Anlagen und vor allem ihrer Betreiber. Die zentrale Frage ist: Wer soll diese Wende technologisch und industriell vollziehen?

Gebraucht werden integrierte Pilot- und Demonstrationsanlagen, in denen die Produktionsprozesse von der Lagerung des Rohstoffs, über die Vorbehandlung, Verarbeitung und Aufbereitung hinweg durchgeführt werden können, und dies kontinuierlich, 24/7. Dabei müssen nicht nur die Energiebilanz, sondern auch der Wasserbedarf sowie die Reinigung, Rückführung bzw. Rückführbarkeit von Wasser- und Nebenprodukten (fest, flüssig, gasförmig) berücksichtigt und ggfs. optimiert werden. Nur durch die Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren kann das Ziel der Kostoptimierung für die Produktionsprozesse erreicht werden. Letztendlich werden die Entscheidungen der Industrie über die Einführung von Technologien auf den Kosten und dem erwarteten Markt basieren. Dazu gehören sowohl die Herstellungskosten als auch die indirekten Kosten (CO₂-Abgabe; Mandat für biologisch abbaubare bzw. biobasierte Produkte; social impact).

Für die Konversion von Lignozellulose gibt es in Deutschland eine Anlage auf Pilotniveau (CBP, Leuna), mindestens drei bis fünf weitere sollten in diesem Maßstab errichtet werden, ggfs. angepasst auf andere pflanzliche Rohstoffe; der Investitionsbedarf liegt bei geschätzt 10 – 15 Mio. € pro Anlage. Weiterhin sollten mindestens zwei Anlagen, die als „Demonstrationsanlagen“ genutzt werden können, errichtet werden, mit einem Investitionsbedarf von mindestens 20 – 25 Mio. € pro Anlage. Es existiert in Deutschland keine Pilot- oder Demonstrationsanlage für die fermentative oder enzymatische Herstellung von Lebensmitteln, zumindest eine der Demonstrationsanlagen sollte über eine FSSC 22.000 Zertifizierung verfügen und dem Food-Standard entsprechen.

Als Geschäftsmodell wird eine private Betreibergesellschaft empfohlen, einen Investor aus der Privatindustrie, verpartnert mit einer akademischen Institution (Universität, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen), und wesentlicher Förderung durch das BMWK.

Dabei darf der Fokus nicht allein auf dem Bedarf an Lignozellulose liegen. Andere Industriezweige, die ihre Produktionsprozesse sukzessive auf die Nutzung biogener Rohstoffe ausrichten, sollten unbedingt integriert werden. Darüber hinaus sollten neben der Primärbiomasse (z.B. Industriepflanzen) auch „grüne Abfälle“ als Quelle für die Gewinnung biogener Rohstoffe berücksichtigt werden.

Wichtig beim Betrieb dieser Anlagen ist deren Fokus auf industriellen „Outcome“ und die Möglichkeit die produzierten Waren als Muster in Verkehr bringen zu können. Arbeitsziel muss sein, auf der Basis der Pilot- und Demonstrationsläufe innovative Technologie in „verkaufbarer Form“ zu entwickeln und damit entweder direkt Fabriken zu

bauen oder über Lizenzvergabe an Dritte Produktionsstätten zu generieren. Je nachdem, wo pflanzliche Rohstoffe produziert oder leicht verfügbar gemacht werden können, kann dies in Deutschland, in Europa oder weltweit geschehen. Darüber hinaus sollten integrierte Standorte entwickelt werden, an denen nicht-pflanzenbasierte Biomasse, wie Mikroorganismen, oder pflanzenartige Lebewesen, z.B. Algen, erzeugt und direkt verarbeitet werden können.

4.7 Finanzierung/Ko-Investition in Risikokapital-Fonds nach dem Beispiel der Ländereigenen Fonds¹

1) Es bedarf eines oder mehrerer weiterer Wachstumsfonds. Ein schrittweise aufgebauter Wachstumsfonds soll die erforderlichen Finanzmittel für die Transformation von Unternehmen aller Größen in Richtung einer industriellen Bioökonomie zur Verfügung stellen.

Der Wachstumsfonds sollte eine Co-Beteiligung von öffentlicher Hand, Industrie und Finanzinvestoren vorsehen. Derzeit wird geklärt, inwieweit sich auch die Venture Capital-Dachfonds, die der Europäische Investitionsfonds und die KfW Capital im Risiko des ERP-Sondermögens verwalten (ERP/EIF-Dachfonds bzw. ERP-Venture Capital-Fondsinvestments), am Bioökonomie-Wachstumsfonds beteiligen können.

2) Notwendig ist die Verortung des Wachstumsfonds sowie regulatorischer Anforderungen und Marktanreize innerhalb von internationalen Wertschöpfungsnetzwerken und Lieferketten im Rahmen des Green Deals der EU.

3) Die industrielle Bioökonomie hat seit 2021 im Rahmen der EU den ECBF, European Circular Bioeconomy Fund als Finanzpartner gewonnen. Der ECBF investiert ab TRL 6, d.h. es bedarf weiterer Fonds, die bereits in frühere TRL-Stadien investieren.

4) Es soll eine technologie- und rohstoffoffene Matching-Plattform beim Forum Startup Chemie für die industrielle Bioökonomie aufgebaut werden, um Start-Ups und Investoren zusammenzubringen.

4.8 Bioökonomische Important Projects of Common European Interest (IPCEI)

Die Industrialisierung bioökonomischer Prozesse und Technologien in Europa übersteigt aufgrund des hohen Investitionsbedarfs die Wirtschaftskraft einzelner Unternehmen bei weitem und wird daher in absehbarer Zeit kaum allein über den Markt finanzierbar sein. Der Green Deal auf EU-Ebene bietet hier hervorragende Anknüpfungsmöglichkeiten. Industrie und Politik sollten gemeinsam grenzübergreifende IPCEI prüfen. IPCEI ist die Abkürzung für „Important Project of Common European Interest“. Dabei handelt es sich um ein transnationales, wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse, das mittels staatlicher Förderung einen wichtigen Beitrag zu Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie und Wirtschaft leistet. Förderfähig sind hierbei bahnbrechende Innovationen und der Aufbau von Infrastrukturen.

Ein IPCEI muss

- einen Beitrag zu den strategischen Zielen der Europäischen Union (EU) leisten,
- von mehreren Mitgliedstaaten durchgeführt werden,
- eine eigene Ko-Finanzierung durch die beteiligten Unternehmen/Einrichtungen vorsehen,
- positive Spill-over-Effekte in der gesamten EU bewirken und
- sehr ehrgeizige Ziele in Bezug auf Forschung und Innovation verfolgen, das heißt deutlich über den internationalen Stand der Technik in dem betreffenden Sektor hinausgehen.

¹ Quelle: Leitbild 2.0 der Dialogplattform Industrielle Bioökonomie, S. 19, AG 2 „Finanzierung, Regulierung, Marktanreize“, Leitung Dr. Ricardo Gent (DIB) und Prof. Ralf Kindervater (BIOPRO Baden-Württemberg GmbH): Aufbau eines Wachstumsfonds für eine zirkuläre industrielle Bioökonomie.

5 Auf dem Weg zur Transformation – Nächste Schritte zur Implementierung der Industriellen Bioökonomie

Die Arbeitsgruppen der Dialogplattform industrielle Bioökonomie schlagen für die Implementierung einer industriellen Bioökonomie die Umsetzung folgender nächster Schritte vor:

- Die Erfordernisse für die Umsetzung einer industriellen Bioökonomie in der Nationalen Biomassestrategie und dem Umsetzungsplan zur Nationalen Bioökonomiestrategie berücksichtigen
- Das Förderprogramm Industrielle Bioökonomie weiterentwickeln, um den Transfer aus der Forschung in den Markt zu verstärken
- Mit ordnungspolitischen Maßnahmen den Market-Pull erhöhen, z. B. mit Hilfe von Beimischungsquoten und Materialvorgaben den Markteintritt von biobasierten Produkten beschleunigen.
- Die über die Dialogplattform Industrielle Bioökonomie initiierte Vernetzung der Bioökonomie-Beispielregionen in Deutschland weiter vorantreiben: Innovationspotenzial kann gehoben werden
- Die Zusammenarbeit der Ressorts verstärken: die Implementierung der industriellen Bioökonomie kann nur durch ein gemeinsames konzertiertes und aufeinander abgestimmtes Vorgehen gelingen

Impressum

Herausgeber: VDI Technologiezentrum GmbH
VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf

Autor*innen: Dr. Marc Awenius (VDI Technologiezentrum GmbH)
Dr. Viola Bronsema (BIO Deutschland e. V.; Leiterin der Arbeitsgruppe 3 der Dialogplattform)
Dr. Lena Grimm (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.; Leiterin der Arbeitsgruppe 1 der Dialogplattform)
Mathias Held (UPM GmbH)
Dennis Herzberg (CLIB – Cluster Industrielle Biotechnologie e.V.)
Dr. Cay Horstmann (BIO Deutschland e. V.)
Dr. Albrecht Läufer (BluCon Biotech GmbH, Corvay Consult GmbH)
Prof. Dr. Dirk Prüfer (Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME, Universität Münster)
Dr. Kathrin Rübberdt (DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.; Leiterin der Arbeitsgruppe 4 der Dialogplattform)
Dr. Joachim Schulze (BioEconomy e. V.)
Prof. Dr. Ulrich Schurr (Forschungszentrum Jülich GmbH)

Bildnachweis:

Zur Gestaltung der Grafik auf dem Deckblatt wurden Bilder mit folgender Urheberschaft genutzt:

©iStockphoto.com/Galeanu Mihai
©iStockphoto.com/kirisa99
©iStockphoto.com/Ratchapon Supprasert
©iStockphoto.com/Tiero
©iStockphoto.com/Totojang
©iStockphoto.com/Piranka
©iStockphoto.com/Nordroden
©iStockphoto.com/Phloxii
©iStockphoto.com/FredFroese
©iStockphoto.com/Adventtr
©iStockphoto.com/Nanoqfu
©iStockphoto.com/RecycleMan
©iStockphoto.com/PragasitLalao
©iStockphoto.com/Francesco Scatena
©iStockphoto.com/Onurdongel
©iStockphoto.com/Gam1983

Disclaimer: Das vorliegende Positionspapier spiegelt ausschließlich die Empfehlungen und Einschätzungen der an dem Positionspapier beteiligten Autorinnen und Autoren wider und repräsentiert nicht notwendigerweise die Meinung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz oder des Herausgebers.