

Eine biobasierte Zukunft in Deutschland – Szenarien und gesellschaftliche Herausforderungen



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

1	Einleitung	1
2	Storylines – Vorstellung der Szenarien	7
3	Szenarien in Zahlen	11
4	Szenarien aus Sicht der gesellschaftlichen Akteure	27
5	Zielkonflikte und Spannungsfelder	37
6	Schlussfolgerungen	41
7	Methodische Aspekte der Szenarientwicklung	43
8	Liste der Projektpartner	47



Der Bioökonomie wird ein erhebliches Potenzial in einer weitreichenden Umgestaltung zu einer nachhaltigeren Wirtschaft zugesprochen. Diese Umgestaltung bedeutet weg von der Abhängigkeit von endlichen fossilen Rohstoffen hin zu einer Ökonomie, die erneuerbare bio-basierte Rohstoffe zur Grundlage hat. Die Bioökonomie hat bereits jetzt in verschiedenen Wirtschaftsbereichen eine hohe Relevanz (Efken et al., 2012; Junker et al., 2014; Iost et al., 2019). Dennoch ist der Gedanke eines nachhaltigen bioökonomischen Wirtschaftens in großen Teilen der Ökonomie noch nicht weit verbreitet. Die Grundlage einer Umorientierung zu einer bio-basierten Wirtschaft bilden zahlreiche und zukunftsweisende Innovationen im Bereich der bio-basierten Produkt- und Verfahrensentwicklung.

Während eine bio-basierte Wirtschaft in ihrer Startphase in nur geringem Umfang Ressourcen beansprucht, steigt der Bedarf mit der breiteren Markteinführung. Nutzungskonflikte bzw. deren Verschärfung sind zu erwarten, bei Produkten aus der Land- oder Forstwirtschaft vor allem die Konkurrenz um die Fläche und Rohstoffe, aber auch um Wasser und Düngemittel. Es besteht die Gefahr, dass die Nahrungsmittelproduktion in der Folge teurer wird und möglicherweise verschärft dies die Problematik der Ernährungssicherung. Eine intensivere Nutzung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen kann im Widerspruch zu ökologischen Zielen oder dem Freizeit- und Erholungswert der Landschaft stehen. Weitere Zielkonflikte sind denkbar, wie beispielsweise eine einerseits grundsätzliche Befürwortung der Bioökonomie, andererseits aber eine fehlende Akzeptanz bestimmter bio-basierter Verfahren oder Produkte. Die begrenzte Verfügbarkeit biogener Ressourcen erfordert so eine Prioritätensetzung bezüglich der Nutzung biogener Ressourcen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2015; Szarka et al., 2020; Thrän et al., 2011).

Das dieser Broschüre zugrunde liegende Forschungsvorhaben „BEPASO – Bioökonomie 2050: Potenziale, Zielkonflikte, Lösungsstrategien“ zielt darauf ab, verschiedene Szenarien eines Wandels unserer gegenwärtigen Wirtschaftsweise hin zu einer nachhaltigeren „Bioökonomie 2050“ sowie gesellschaftlich akzeptierte Transformationsprozesse zu beschreiben. Dazu werden, ausgehend von der gegenwärtigen Ressourcennutzung, der Verfügbarkeit von Biomasse (v.a. aus Land- und Forstwirtschaft) sowie deren Verwendung, mögliche Pfade einer Transformation der gegenwärtig eher fossil-basierten Wirtschaftsweise zu einer bio-basierten Ökonomie entwickelt. Die steigende Nachfrage nach biogenen Ressourcen sowie die Effekte (z.B. Mengen-, Preis- und Handelseffekte, Veränderung des CO₂-Ausstoßes, Veränderungen im Landschaftsbild, Arbeitsmarkteffekte), die diese Anpassungsprozesse mit sich bringen, fließen dabei in unsere Analysen mit ein. Die Potenziale der Bioökonomie sowie mögliche Grenzen und Konfliktfelder werden deutlich gemacht. Maßnahmen, um diese Konflikte zu entschärfen (z.B. durch Ertrags- und Effizienzsteigerung, Kaskadennutzung, Nutzung von Rest- und Abfallstoffen), werden analysiert und auf ihre gesellschaftliche Akzeptanz hin bewertet. Mithilfe von Modellanalysen identifizierte Zielkonflikte werden in einem mehrstufigen Prozess mit Stakeholdern und Bevölkerung („normalen“ Bürger*innen) rückgekoppelt und Lösungsstrategien sowie Handlungsoptionen herausgearbeitet.

Ein wichtiges Anliegen des Projektes ist die Analyse und Beschreibung der Verantwortlichkeiten, Handlungsoptionen und Steuerungselemente, basierend auf den Kernfragen: Wer sind die Treiber einer gewünschten Entwicklung der Bioökonomie und welche Rollen kommen der Wirtschaft, den Verbraucher*innen, den Bürger*innen zu?

Kernfragen, die das Forschungsvorhaben beantwortet, sind:

- Was sind potenzielle Elemente einer nachhaltigen „Bioökonomie 2050“ in Deutschland?
- Wird die globale Verfügbarkeit von Biomasse (Schwerpunkt Land- und Forstwirtschaft) den Transformationsprozess behindern? Wie wird sich der internationale Handel von Biomasse entwickeln?
- Kann die Bioökonomie einen Beitrag zu sinkenden Treibhausgasemissionen und damit zu mehr Klimaschutz beitragen?
- Steht die zusätzliche Nachfrage nach Biomasse im Widerspruch zu anderen Zielen wie Klimaschutz und Biodiversität? Welche Lösungsstrategien ergeben sich?
- Wie beurteilen zentrale Stakeholder und die Bevölkerung die Zielkonflikte und welche Auswirkungen haben diese auf die Akzeptanzfähigkeit der Transformationsprozesse? Wie müssen Transformationsprozesse gestaltet werden, um gesellschaftlichen Anforderungen und Erwartungen gerecht zu werden?
- Welche gesellschaftlichen und politischen Prozesse müssen stattfinden, um den Übergang zu einer nachhaltigen Nutzung von Biomasse in Produktion und Konsum zu stimulieren?
- Welche Rolle kommt der Politik in der Gestaltung einer gesellschaftlich akzeptierten Transformation zur „Bioökonomie 2050“ zu?

In der vorliegenden Broschüre sind die Ergebnisse des dreijährigen, vom BMBF geförderten Forschungsprojektes „BEPASO – Bioökonomie 2050: Potenzielle, Zielkonflikte, Lösungsstrategien“ zusammengestellt.

Drei Szenarien und Ausgangssituation

Zur Beantwortung der aufgeworfenen Forschungsfragen wurden drei verschiedene Szenarien entwickelt, die mögliche Entwicklungswege bis zum Jahr 2050 abbilden. Hierfür wurde der „Story and Simulation“ (SAS)-Ansatz genutzt (Alcamo J., 2008). Dieser Ansatz beinhaltet einen iterativen Prozess, in dem ein Szenario-Panel aus Stakeholdern mit Wissenschaftlern interagiert, um gemeinsam qualitative und quantitative Szenarien zu entwickeln. In diesem iterativen Prozess werden die politischen und sozioökonomischen Randbedingungen und die Berechnung der Wirkungen einer sich ändernden Biomassenutzung sukzessive angepasst und wiederholt, bis ein konsistentes Bild der Bioökonomie und deren Auswirkungen in den Szenarien entsteht¹.

Ausgangssituation

In verschiedenen Workshops wurden die drei Szenarien „Bioökonomie am Tropf“, „Bioökonomie-Inseln“ und „Bioökonomie-Wende“ entwickelt, die in dem folgenden Kapitel näher vorgestellt werden. Die Ausgangssituation ist in allen Szenarien identisch und entspricht der Situation im Jahr 2015. Sie wird anhand der für die weitere Darstellung relevanten Themen vorgestellt².

1 Der gesamtmethodeische Ansatz in BEPASO wird am Ende dieser Broschüre in Kapitel 7 beschrieben.
2 Zur Situation der Bioökonomie in Deutschland siehe auch den Pilotbericht Bioökonomie Monitoring von Bringezu et al. (2020).

Biomasse-Aufkommen

Landwirtschaft

Die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche betrug im Jahr 2015 ca. 16,7 Mio. ha. Davon entfielen auf Ackerland 11,8 Mio. ha (72 %), auf Dauergrünland (Wiesen und Viehweiden) 4,7 Mio. ha und der Rest auf Dauerkulturen (Rebland, Gartenland, Obstanlagen, Baumschulen). Auf mehr als der Hälfte der Ackerfläche wurden 49 Mio. t Getreide erzeugt und ein Viertel des Ackerlandes wurde für Futterpflanzen verwendet. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe betrug in Deutschland 2015 2,7 Mio. ha, 2,4 Mio. ha davon sind Energiepflanzen.

In der Ausgangssituation wurde der überwiegende Anteil von Agrarrohstoffen für die Produktion von Nahrungsmitteln verwendet. In Deutschland werden ca. 85 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche von 17 Mio. ha für die Nahrungsmittelproduktion genutzt. Die erzeugten Agrarrohstoffe werden entweder direkt zu pflanzlichen Nahrungsmitteln verarbeitet oder an Tiere verfüttert und dann als tierische Nahrungsmittel zur Verfügung gestellt (58 % der Fläche dienen der Erzeugung von Futtermitteln, 26 % der pflanzlichen Nahrungsmittelerzeugung).

Holz

Von insgesamt ca. 11 Mio. ha Waldfläche betrug der Anteil an Nadelwald 54 % und an Laubwald 43 %. Der Holzeinschlag lag 2015 bei 71,9 Mio. m³ Rohholz. Stammholz zur Schnittholzerstellung hat mit 34,1 Mio. m³ den größten Anteil. Die Aufkommen von Industrieholz mit 18,9 Mio. m³ und Energieholz mit 19,0 Mio. m³ liegen in der gleichen Größenordnung. Das Gesamtaufkommen aller holzbasierten Rohstoffe (inkl. Reststoffen, Altholz und Altpapier) belief sich auf 154,2 Mio. m³ (Festmeter).

Rest- und Abfallstoffe

Der Nutzung von Rest- und Abfallstoffen zum Schließen von Energie- und Stoffkreisläufen kommt in der Bioökonomie eine große Bedeutung zu. Für Deutschland ergab sich für 2015 ein theoretisches Biomasse-Reststoffpotenzial (also die insgesamt physikalisch existierende Masse an Reststoffen) von 151,1 Mio. t Trockensubstanz (TS). Das theoretische Biomasse-Reststoffpotenzial wurde zu knapp drei Viertel durch Nebenprodukte und Reststoffe aus den Bereichen „Landwirtschaft“ und „Holz- und Forstwirtschaft“ bestimmt. Dabei entfielen 43 % auf die holz- und forstwirtschaftlichen Reststoffe, 30 % auf landwirtschaftliche Nebenprodukte, 12 % auf Siedlungsabfälle, 9 % auf die industriellen Reststoffe und 6 % auf Reststoffe von sonstigen Flächen. Das technische Biomasse-Reststoffpotenzial (also die Masse an Reststoffen, deren Nutzung technisch möglich ist) betrug insgesamt 98,4 Mio. t TS. Davon befanden sich 67,4 Mio. t TS (= 69 %) in einer stofflichen oder energetischen Nutzung. Rund 30,9 Mio. t TS (= 31 %) wurden bislang nicht genutzt bzw. ist eine Nutzung nicht bekannt. Rund 95 % dieses ungenutzten Potenzials wurden von den drei Biomassen Waldrestholz (ca. 38 %), tierische Exkremente (ca. 29 %) und Getreidestroh (ca. 27 %) bestimmt.

Biomasse-Nutzung

Ernährung und Futtermittelproduktion

Im Jahr 2015 wurden 33,6 Mio. t pflanzliche Erzeugnisse als Nahrungsmittel konsumiert. Die Hälfte davon bestand aus Obst und Gemüse. Weitere 20,8 Mio. t tierische Erzeugnisse, Öle und Fette gingen in den menschlichen Konsum. Der Großteil davon bestand aus Milch und Milcherzeugnissen (9,8 Mio. t) sowie Fleisch und Fleischerzeugnissen (7,2 Mio. t). Der Fleischverzehr in Deutschland war von 2015 auf 2016 leicht auf 60,6 kg pro Kopf gestiegen.

Entsprechend Schätzungen der Verluste im Einzelhandel gehen jedes Jahr 0,3 Mio. t bis 0,6 Mio. t Lebensmittel verloren. Für die gesamte Lieferkette werden bei der Produktion von Backwaren 14 % als Verluste deklariert, bei Gemüse und Obst sind es 48 %. Im Haushalt werden die Lebensmittelverluste auf 42 % in Deutschland und 63 % in der EU-27 geschätzt.

Im Wirtschaftsjahr 2014/15 wurden etwa 5,9 Mio. t Milch und Molke verfüttert. Weiterhin wurden 8,8 Mio. t Ölkuchen als Futter genutzt.

Stoffliche Biomassenutzung

Der Inlandsverbrauch von nachwachsenden landwirtschaftlichen Rohstoffen für die stoffliche Nutzung (die von Textilien auf Naturfaserbasis bis hin zu Chemikalien auf biologischer Basis reichen) lag 2015 bei 3 Mio. t Trockenmasse (TM), wobei 2 Mio. t TM importiert wurden. Forstliche Rohstoffe sind wichtige Inputs für die Materialfaserverarbeitung: Im Jahr 2015 wurden 19,6 Mio. t TM Holz aus inländischem Holzeinschlag und 0,4 Mio. t TM Rinde zur Verarbeitung von Fasern verwendet. Weitere 4,1 Mio. t TM Holz wurden importiert und 1,8 Mio. t TM exportiert. Darüber hinaus wurden rund 1,0 Mio. t TM Altholz und 10,6 Mio. t TM Altpapier als Rohstoffe für Holzwerkstoffe (Altholz) und die Papierindustrie (Altpapier) verwendet.

Energetische Biomassenutzung

Biomasse und biogene Abfälle machten in 2015 8,1 % des Primärenergieverbrauchs in Deutschland aus. Das entspricht etwa 1.078 Petajoule (PJ). Der Anteil an den erneuerbaren Energien betrug 56,5 % für Biomasse und 7,6 % für biogene Abfälle. Der Endenergieverbrauch von Biomasse bestand zu zwei Dritteln aus fester Biomasse, die hauptsächlich in Haushalten eingesetzt wurde.

Der Anteil erneuerbarer Energien am **Strom**-Endenergieverbrauch hatte sich von 2008 bis 2015 von 15 % auf 32,6 % erhöht. Die Bruttostromerzeugung, also die insgesamt erzeugte elektrische Energie mitsamt dem Eigenbedarf der Kraftwerke, bestand im Jahr 2015 zu 7,7 % aus Biomasse und machte somit knapp 26 % der Bruttostromerzeugung durch erneuerbare Energien aus. Biogas und Biomethan leisteten mit 5,3 % Anteil am Bruttostromverbrauch 2015 den größten biogenen Beitrag, während biogene Festbrennstoffe 1,8 % des Bruttostromverbrauchs deckten.

Den größten Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch **Wärme** haben biogene Festbrennstoffe. In Haushalten wurden über 40 % des durch erneuerbaren Energien gedeckten Endenergieverbrauchs verwendet. Weitere große Verwendungszwecke waren biogene Festbrennstoffe in der Industrie. Insgesamt wurden ca. 140 Terrawattstunden (TWh) Endenergieverbrauch durch biogene Quellen bedient. Dies entsprach etwa 88 % des erneuerbaren Endenergieverbrauchs. Der deutlich gestiegene Energieholzeinsatz in privaten Haushalten betrug 2015 27,6 Mio. Festmeter.

Der erneuerbare Energien-Anteil im **Verkehrssektor** wurde zum größten Teil durch Biomasse bereitgestellt. Der größte Teil des Endenergieverbrauchs an erneuerbaren Energien im Verkehr wurde mit etwa zwei Dritteln durch Biodiesel bereitgestellt. Bioethanol und Strom aus erneuerbaren Energien waren die nächstgrößeren Quellen. Die Herstellungskapazitäten für Biodiesel waren aufgrund geringer Auslastung seit 2008 von 5 Mio. t auf 3,8 Mio. t in 2015 gesunken. Auch der Absatz sank, während die Produktion bei etwa 3 Mio. t in den letzten Jahren auf demselben Niveau geblieben ist. Die Produktion von Bioethanol stieg seit 2008 leicht an. Der Absatz blieb seit 2010 konstant bei etwa 1,2 Mio. t. Insgesamt ist der

Verbrauch von Kraftstoffen aus Biomasse nach einem Maximum in 2007 bis 2015 gesunken.

Mögliche Wirkungen einer steigenden Nachfrage nach Rohstoffen aus der Land- und Forstwirtschaft in der Bioökonomie werden in Kapitel 3 vorgestellt. Hier wird die Nachfrage nach Rohstoffen für die bio-basierte Wirtschaft in Bezug zur Verwendung in anderen Nutzungsrichtungen berücksichtigt. Zudem stellt sich die Frage, ob die steigende Nachfrage nach biogenen Rohstoffen Auswirkungen auf den Flächenanspruch in anderen Ländern hat und welche Rolle der optimale Technologie-Mix bei der Erreichung der hochgesteckten Ziele einer bio-basierten Wirtschaft spielt. Ein wesentlicher Schwerpunkt in BEPASO ist die Frage, wie gesellschaftliche Akteure die Entwicklungspfade hin zu einer stärker bio-basierten Wirtschaft beurteilen und welche Zielkonflikte sich aus gesellschaftlicher Sicht ergeben. Diesen beiden Aspekten widmen sich die Kapitel 4 und 5, bevor in Kapitel 6 die aus diesem Forschungsvorhaben gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisse zusammenfassend dargestellt werden.

Literatur

- Alcamo J (2008): The SAS Approach: Combining Qualitative and Quantitative Knowledge in Environmental Scenarios. Chapter 6 in: Alcamo J (Ed.) 2008. Environmental Futures: The Practice of Environmental Scenario Analysis. Elsevier. 123-148
- Bringezu S, Banse M, Ahmann L, Bezama NA, Billig E, Bischof R, Blanke C, Brosowski S, Brüning S, Borchers M, Budzinski M, Cyffka K F, Distelkamp M, Egenolf V, Flaute M, Geng N, Giesecking L, Graß R, Hennenberg K, Hering T, Iost S, Jochem D, Krause T, Lutz C, Machmüller A, Mahro B, Majer S, Mantau U, Meisel K, Moesenfechtel U, Noke A, Raussen T, Richter F, Schaldach R, Schweinle J, Thrän D, Uglik M, Weimar H, Wimmer F, Wydra S, Zeug W (2020): Pilotbericht zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Hrsg. vom Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel, Kassel, doi:10.17170/kobra-202005131255.
- Efken J, Banse M, Rothe A, Dieter M, Dirksmeyer W, Ebeling M W, Fluck K, Hansen H, Kreins P, Seintsch B, Schweinle J, Strohm K, Weimar H (2012): Volkswirtschaftliche Bedeutung der bio-basierten Wirtschaft in Deutschland. Braunschweig: vTI. 65 p. Arbeitsber vTI-Agrarökonomie 2012/07.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2015): Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen. Status Quo in Deutschland. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe 36. ISBN 978-3-942147-29-3.
- Iost S, Labonte N T, Banse M, Geng N, Jochem D I, Schweinle J, Weber S A, Weimar H (2019): German Bioeconomy: Economic Importance and Concept of Measurement [online]. German J Agric Econ 68(4):275-288
- Junker F, Haß M, Hubold G, Kreins P, Salamon P, Seintsch B (2014): Potenziale einer biobasierten Wirtschaft. Thünen Working Paper 22, Braunschweig.
- Szarka N, Haufe H, Lange N, Schier F, Weimar H, Banse M, Sturm V, Dammer L, Piotrowski S, Thrän D (2020): Biomass flow in Bioeconomy: Overview for Germany. Zur Veröffentlichung eingereichter Artikel.
- Thrän D, Edel M, Pfeifer J (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung. DBFZ Leipzig.

2 Storylines – Vorstellung der Szenarien

Die Storylines der Szenarien sind Narrative, die die Entwicklung und Inhalte der in BEPASO genutzten Zukunftsbilder qualitativ beschreiben. Sie wurden partizipativ und transdisziplinär erzeugt und basieren auf einer Methodik, die einen Abgleich der Narrative im Sinne einer Akzeptanz und Vorstellbarkeit auf der Grundlage von breit aufgestellten Experteneinschätzungen ermöglichen. Wir präsentieren hier eine inhaltliche Zusammenfassung dieser drei Narrative. Diese drei Narrative, im weiteren Verlauf Szenarien genannt, sind **„Bioökonomie am Tropf“**, **„Bioökonomie-Inseln“** und **„Bioökonomie-Wende“**.

„Bioökonomie am Tropf“

Klima- und Umweltschutz haben in der Gesellschaft keinen geringen Stellenwert. Die Folgen des Klimawandels werden in Deutschland zwar wahrgenommen, bewirken aber keine grundlegende Umkehr der gegenwärtigen Wirtschaftsweise. Einer nachhaltigen Entwicklung wird keine Bedeutung beigemessen, weil andere gesellschaftliche Herausforderungen (z. B. innere Sicherheit, Arbeitsplätze) als wichtiger angesehen werden. Dies spiegelt sich auch in der politischen Schwerpunktsetzung. Anreize im Umweltschutz (z. B. die Ausweitung von Schutzgebieten) fehlen genauso wie eine explizite Förderung von bioökonomischen Technologien und Prozessen. Dies beeinträchtigt Investitionsaktivitäten in der bio-basierten Wirtschaft. Lediglich einzelne Nischenprodukte sind auf dem Markt. Die „Egal-Haltung“ gegenüber Nachhaltigkeit und Umwelt bewirkt, dass die Menschen sich kaum ressourcen- und umweltbewusst verhalten, bio-basierte Produkte finden keine Akzeptanz in der breiten Bevölkerung. Der Zielkonflikt „Tank oder Teller“ ist Gegenstand der Diskussion.

Die Technologieentwicklung in der Bioökonomie ist aufgrund fehlender Förderung gering. Auch in der Industrie

wird kein strategischer Schwerpunkt auf die Entwicklung der Bioökonomie gelegt. Gründe hierfür sind nicht ausreichende bzw. in ihren Wirkungen widersprüchliche politische Unterstützung, geringe Markterwartungen und eine geringe Investitionssicherheit. Auch die gesellschaftliche Skepsis in Bezug auf „nachhaltige“ Produkte und deren Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung lässt viele Produzenten an der Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit der Bioökonomie zweifeln.

Der internationale Handel ist durch Konflikte geprägt, da vorwiegend nationale Interessen verfolgt werden. Zollschranken und die Protektion der heimischen Erzeugung werden beibehalten.

Der jährliche Energieverbrauch verringert sich in Deutschland nur leicht. Auch im Jahr 2050 wird der größte Teil von fossilen Energieträgern (Öl, Gas) gedeckt. Im Verkehrssektor steigt die Nachfrage nach fossilen Energieträgern vor allem im Straßen- und insbesondere im Flugverkehr, wo kaum bezahlbare erneuerbare Alternativen existieren, sodass es zu steigenden CO₂-Emissionen kommt. Die Emissionen aus der Landwirtschaft können zwar leicht reduziert werden, dennoch steigen die deutschlandweiten Gesamtemissionen bis 2050 an.

Die Nachfrage nach Energieholz bleibt bis 2050 konstant und wird größtenteils durch inländische Produktion gedeckt. Auch in den chemischen Sektoren steigt der Anteil von Biomasse am Gesamtinput nur leicht. Die deutsche Nachfrage nach Holz für die stoffliche Verwertung verringert sich aufgrund einer Konsumverschiebung hin zu kostengünstigeren mineralölbasierten Produkten (z. B. Plastikmöbeln).

Global ist die Landnutzung nur unzureichend reguliert, sodass in vielen Ländern bis 2030 steigende Entwaldungsraten durch eine Ausweitung der Landwirtschaft

festzustellen sind. Ab 2030 wird dieser Trend durch Auf- forstungen in Europa und China teilweise ausgeglichen.

„Bioökonomie-Inseln“

Die gesellschaftliche Wahrnehmung der Folgen des Kli- mawandels steigt bis 2035 leicht und bis 2050 stark an. Dem Anstieg der Pro-Kopf-Einkommen und des Wohl- stands folgt auch ein steigendes Umweltbewusstsein. In wohlhabenden Bevölkerungsschichten wird die schon starke Nachfrage nach bio-basierten Produkten so weiter erhöht, während sich die weniger wohlhabenden Gesell- schaftsschichten diese Produkte aufgrund der hohen Prei- se kaum leisten können. Der Diskurs über eine nachhaltige (und wahrgenommen gesunde), aber auch teure Produk- tion gegenüber einer Produktion von Gütern, die für alle erschwinglich sind, wird zunehmend intensiv geführt.

Die politische Steuerung zugunsten der Entwicklung und Integration der Bioökonomie in vorhandene wirtschaft- liche Strukturen ist relativ gering. Es werden lediglich pauschale Subventionen in umweltbelastenden Bran- chen, wie z. B. in der Landwirtschaft abgebaut. Bestimm- te bioökonomie-relevante Aktivitäten werden gefördert,



wenn hierdurch kurzfristige ökonomische Vorteile erzielt werden können. Hierzu zählen Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft (z. B. durch Precision Farming, Minimierung von Nachernteverlusten, etc.), Verringerung des Rohstoff- einsetzes bei bio-basierten Produkten, Kaskadennutzun- gen, verbesserter Materialaufschluss in Prozessnutzun- gen und die Schließung von Stoffkreisläufen. Fortschritte im Bereich der Bioökonomie werden hauptsächlich von der Industrie initiiert oder als Reaktion auf entsprechen- de Marktsignale in den Markt geschoben. Diese Entwick- lung schließt auch Branchen mit ein, die bio-basierte Rohstoffe/Materialien bisher nicht genutzt haben.

Der internationale Handel wird gelockert. Ab 2030 ist der internationale Handel mit Agrarrohstoffen weitgehend unbeschränkt.

Der jährliche Energieverbrauch verringert sich in Deutschland leicht bis moderat. Im Jahr 2050 wird ein Großteil des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energie- quellen gedeckt. Biomasse hat einen hohen Anteil in der Energiebereitstellung. In den chemischen Sektoren steigt der Anteil von Biomasse am Gesamtinput. Die für die stoffliche oder energetische Verwertung erforder- liche Biomasse wird weiterhin zu einem größeren Teil importiert. Die Holznachfrage für eine traditionelle stoff- liche Verwertung sowie die Nachfrage nach Energieholz steigen in Deutschland moderat an.

In Deutschland werden besonders Treibhausgasemis- sionen aus der Verbrennung fossiler Treibstoffe stark reduziert. Hierfür ist die deutlich voranschreitende Elek- trifizierung, insbesondere im Nah- und Fernverkehr, ver- antwortlich. Auch Emissionen aus der Landwirtschaft können, aufgrund der technologischen Entwicklung, leicht reduziert werden. In der Gesamtheit führt dies auch zu einer deutlichen Reduktion der deutschland- weiten Gesamtemissionen bis 2050.



In moderatem Umfang werden Flächen als ökologisch geschützte Flächen neu ausgewiesen. Aufgrund des deutlich gestiegenen Bedarfs von Biomasse orientiert sich die Flächennutzung in Deutschland hauptsächlich am Prinzip des Funktionsschutzes, wonach Flächen zwar für eine Nutzung freigegeben werden, diese Nutzung aber nachhaltig erfolgen muss. Aufforstungen in Europa und China führen zu einer nur geringen Zunahme der globalen Waldfläche.

„Bioökonomie-Wende“

Unter sich rasant verändernden Umweltbedingungen wächst eine junge, nachhaltig gebildete Generation heran, die ein gesteuertes Umdenken und Umlenken hin zu einer nachhaltigen und gerechten Weltordnung einfordert. Die Erhöhung des Pro-Kopf-Einkommens und des Wohlstands in der gesamten deutschen Gesellschaft fördern eine Steigerung von Umweltbewusstsein und der bewussten Wahrnehmung der Folgen des Klimawandels. Der Diskurs um Tank oder Teller verschärft sich zunächst,

wird jedoch durch die Verbreitung innovativer Lösungen entschärft.

Die Politik ist konsequent auf den gesamt-gesellschaftlichen Umbau zu einer zirkulären, bio-basierten Ökonomie ausgerichtet und setzt Anreizinstrumente wie Subventionen und Steuern aber auch Regelungsmechanismen konsequent ein. Eine Konsumgütersteuer basierend auf dem ökologischen Fußabdruck von Produkten (inklusive Nahrungsmittel) verteuert ressourcenintensive Produkte und Dienstleistungen und begünstigt nachhaltigen Konsum einschließlich Konsumverzicht (Suffizienz). Soziale Härten durch steigende Verbraucherpreise werden durch geeignete Kompensationsmechanismen abgefedert, die auch eine Umverteilung von Vermögen beinhalten.

Die rasante Transformation ist durch technologische Sprünge geprägt: Neue Technologien zur Energieerzeugung und zur Verarbeitung von Biomasse, neue landwirtschaftliche Systeme und Züchtungsmethoden ermöglichen die Entkopplung der Biomasseproduktion von der hierfür notwendigen Flächeninanspruchnahme. Gleichzeitig ermöglicht die industrielle Produktion von Rohstoffen mithilfe von Mikroorganismen (insbesondere für den chemischen Sektor) eine Freisetzung von Produktionsflächen. Dadurch verringert sich der Biomassebedarf terrestrischen Ursprungs in der energetischen wie auch in der stofflichen Nutzung deutlich. Dieser verminderte Bedarf kann hauptsächlich durch inländische Produktion gedeckt werden. Innovative Lösungen ersetzen den Fleischbedarf für Ernährungszwecke durch in-vitro-Fleischsynthese, erlauben die Synthese von Chemikalien auf Basis artifizierlicher Fotosynthese oder die Kohlenstoffgewinnung aus CO₂.

Der internationale Handel ist ab 2030 weitgehend barrierefrei.



Da die Herstellung von Möbeln und Gebäuden zunehmend auf Holz und Holzkomponenten basiert, steigt zwar die Holznachfrage für eine stoffliche Verwertung, allerdings kann aufgrund der technologischen Fortschritte in der Holzverarbeitung der Einsatz von Primärholz je Endprodukt deutlich gesenkt werden.

Der jährliche Energieverbrauch in Deutschland sinkt stark. In 2050 wird ein sehr großer Anteil des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt. Die Nachfrage nach Kraftstoffen im Verkehr sinkt aufgrund des stark ausgebauten und subventionierten öffentlichen Nahverkehrs beträchtlich. In der Gesamtheit führt dies auch zu einer deutlichen Reduzierung der deutschlandweiten Gesamtemissionen bis 2050 im Vergleich zum Niveau von 2015.

Eine global stark regulierte Landnutzung, Aufforstungen, Waldregeneration sowie eine verstärkte Umweltpolitik auf globaler Ebene, tragen zu einer erheblichen Reduktion der weltweiten Entwaldungsraten bei. Die globale Entwaldung wird gestoppt, sodass bis 2050 eine deutliche Zunahme von Waldgebieten zu beobachten ist.

Die Ausweisung neuer Naturschutzflächen befindet sich auf einem moderaten Niveau. Dies wird auch durch den flächensparenden technischen Fortschritt in der Landwirtschaft ermöglicht. Freiwerdende Flächen werden vorrangig für den Naturschutz und Wiederherstellung funktionierender Waldökosysteme genutzt.

Aufgrund einer konsequenten und flächendeckenden Förderung der ökologischen Produktion durch die Politik, kommt es bis 2050 zu einem schrittweisen Wandel hin zu einer ökologischen Landwirtschaft. Der Einsatz von Pestiziden und Düngern kann daher wesentlich reduziert werden. Dies führt zu einer deutlichen Verbesserung des Zustands der anthropogen geschaffenen sowie natürlichen Ökosysteme.



Der Übergang zu einer stärker bio-basierten Wirtschaft in Deutschland ist mit einem steigenden Bedarf an Biomasse verbunden. Je nach Ausgestaltung der Szenarien ergeben sich unterschiedliche Konsequenzen für die Produktion, den Verbrauch und den internationalen Handel mit Rohstoffen aus Agrar- und Forstwirtschaft. Welche Wechselwirkungen und Nutzungskonkurrenzen treten bei einem starken Nachfrageschub auf, mit welcher Technologie lassen sich die Emissionen von Treibhausgasen am günstigsten vermeiden und wie sollten die verfügbaren Biomasseressourcen dementsprechend verwendet werden? Diese Fragen sollen in diesem Kapitel näher beleuchtet und beantwortet werden.

Die Ergebnisse basieren auf verschiedenen Modellrechnungen, die in Kapitel 7 „Methodische Aspekte im BEPASO-Projekt“ beschrieben werden.

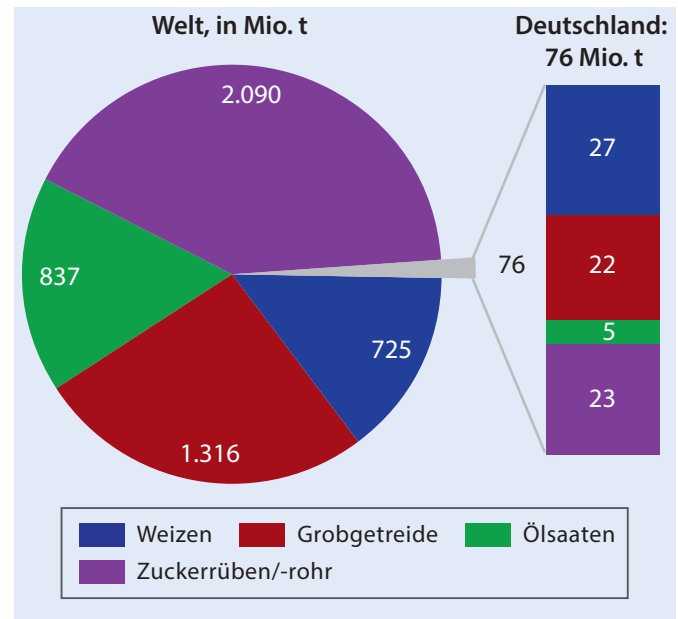
Produktion

Landwirtschaft (Ackerbau)

In Jahr 2015 betrug die Gesamtproduktion der wichtigsten pflanzlichen Erzeugnisse wie Weizen, Grobgetreide (Gerste, Roggen, Hafer, Körnermais und Triticale), Ölsaaten und Zuckerrüben in Deutschland ca. 76 Mio. Tonnen. Wobei mit 27 Mio. t Weizen und 22 Mio. t Grobgetreide der Getreideanbau dominierte. Weltweit brachten diese Produkte 2015 mit 752 Mio. t Weizen, 1,3 Mrd. t Grobgetreide, 842 Mio. t Ölsaaten, 2,1 Mrd. t Zuckerrüben/-rohr zusammen ca. 5 Mrd. t auf die Waage (Abbildung 3.1).

Im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ steigt die Produktion von Weizen bis 2050 sowohl weltweit (+80%) als auch in Deutschland (+32%). Während weltweit auch die Produktion von Ölsaaten (+51%), Grobgetreide (+43%) und Zuckerrüben/-rohr (+27%) deutlich steigt, ist in

Abbildung 3.1: Erzeugung Ackerkulturen, Welt (links) und Deutschland (rechts), in Mio. t, 2015

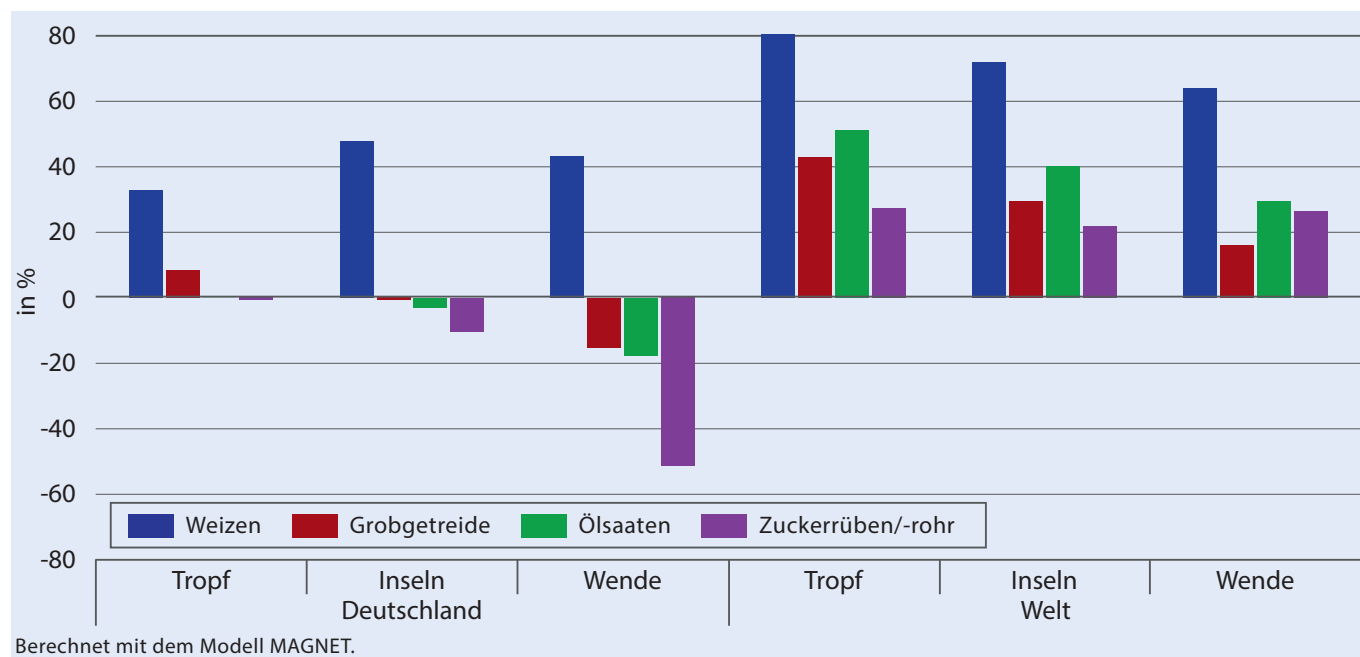


Quelle: FAO (2020), BMEL (2019).

Deutschland lediglich ein Anstieg in der Produktion von Grobgetreide (+8%) zu verzeichnen. Der Anstieg der Produktion geht sowohl weltweit als auch in Deutschland mit hohen Ertragszuwächsen je Hektar einher (Abbildung 3.2).

Auch im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ steigt die Produktion von Weizen bis 2050 sowohl weltweit (+72%) als auch in Deutschland (+48%) am stärksten. Dies betrifft auch die weltweite Produktion von Ölsaaten (+40%), Grobgetreide (+29%) und Zuckerrüben/-rohr (+22%). In Deutschland geht der starke Produktionsanstieg bei Weizen auf Kosten von anderen Kulturen, wie z.B. Zuckerrüben (-10%). Die Produktion von Ölsaaten und

Abbildung 3.2: Änderung der Produktion im Ackerbau global und in Deutschland, in %, 2050 im Vergleich zu 2015



Grobgetreide bleibt unverändert. Während weltweit die Erträge für alle vier Kulturen deutlich steigen, gilt dies in Deutschland nur für den Weizenantrag. Bei Grobgetreide und Ölsaaten nehmen die Erträge in Deutschland nur sehr leicht zu, bei Zuckerrüben sinkt der Ertrag sogar leicht (Abbildung 3.3).

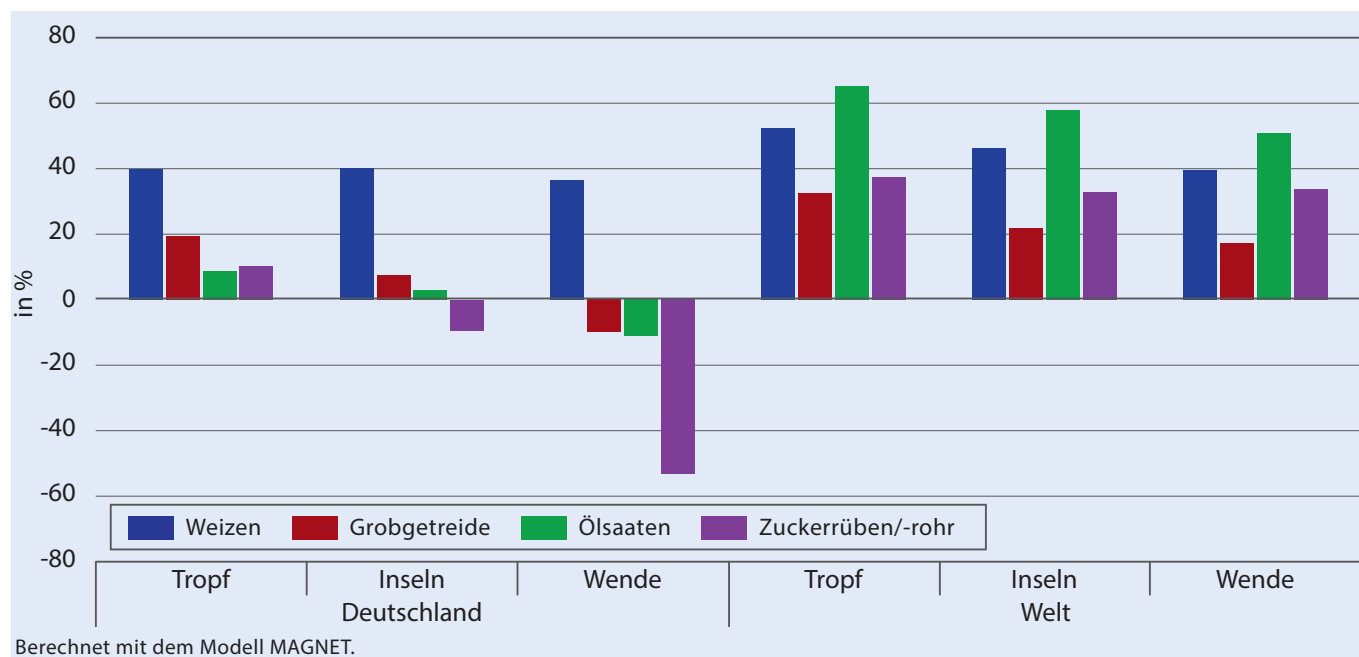
Auch im Szenario „Bioökonomie-Wende“ ist der Produktionsanstieg bei Weizen bis 2050 sowohl weltweit (+64 %) als auch in Deutschland (+43 %) am stärksten. Weltweit steigt auch die Produktion von Ölsaaten (+30 %), Grobgetreide (+16 %) und Zuckerrüben/-rohr (+27 %). Der weltweite Anstieg der Produktion von Grobgetreide ist in diesem Szenario sowohl im Vergleich zu anderen Szenarien als auch im Vergleich zu Ertragszuwachsen

bei anderen Kulturen am geringsten. In Deutschland sinkt die Produktion von Ölsaaten (-18 %), Grobgetreide (-15 %) und insbesondere von Zuckerrüben (-51 %). Weltweit nehmen die Erträge für alle Kulturen deutlich zu. In Deutschland ist ein starker Anstieg der Weizenanträge zu verzeichnen, während die Erträge von Grobgetreide und Ölsaaten leicht und bei Zuckerrüben sogar stark sinken.

Forst- und Holzwirtschaft

Im „Bioökonomie am Tropf“-Szenario kann für Deutschland ein leicht gegenläufiger Effekt bei der Produktion von Holz für die stoffliche (-18 % auf 40,3 Mio. m³) und für die energetische Nutzung (+6 % auf 27,5 Mio. m³) beobachtet werden. Insgesamt führt dies zu einem Rückgang

Abbildung 3.3: Änderung der Erträge im Ackerbau global und in Deutschland, in %, 2050 im Vergleich zu 2015



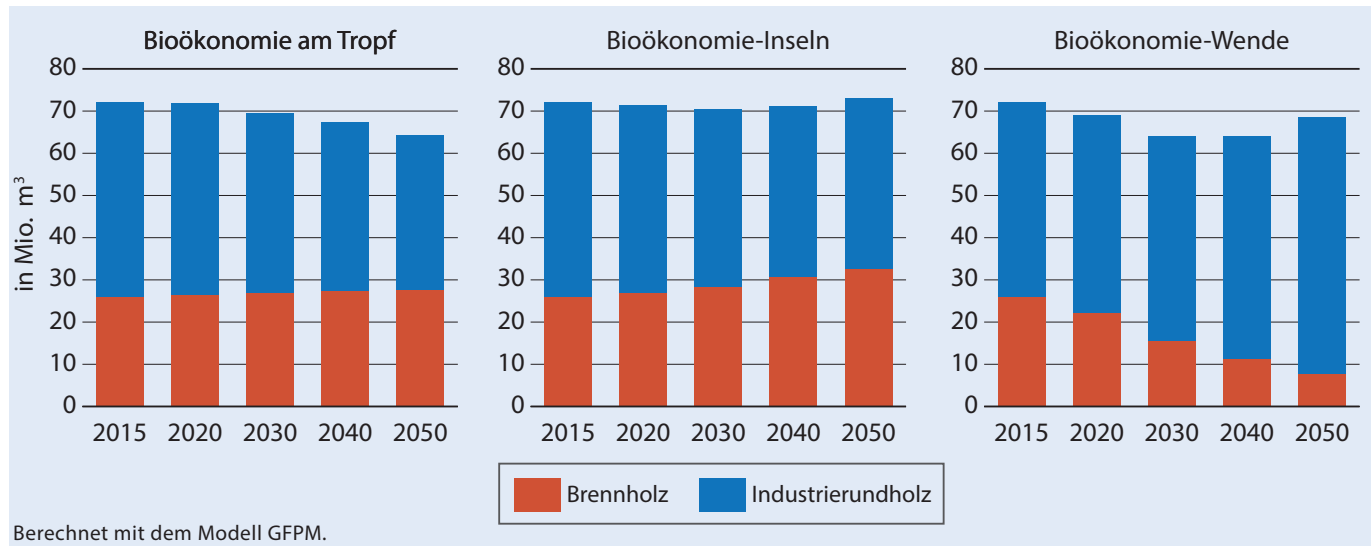
des deutschen Holzeinschlages bis 2050 auf 67,8 Mio. m³ (-9%). Weltweit ist ein ähnlicher Effekt zu beobachten; auch hier sinkt die Industrieholzproduktion (-3%), während die Brennholzproduktion steigt (+30%). Allerdings steigt der weltweite Holzeinschlag an (+13%) (Abbildung 3.4).

Im „**Bioökonomie-Inseln**“-Szenario sinkt die deutsche Produktion an Industrierundholz bis 2050 leicht (-12% auf 40,5 Mio. m³). Der Grund hierfür sind weiter optimierte Herstellungsprozesse sowie eine verbesserte Rohstoffausbeute. Beides lässt sich auf den stetigen technischen Fortschritt in den Industrieländern zurückführen. Im Gegensatz dazu steigt die Nachfrage nach Brennholz leicht an (+26% auf 32,6 Mio. m³). Dieser

gegenläufige Trend führt dazu, dass der gesamte Holzeinschlag bis 2050 in Deutschland in diesem Szenario sehr leicht auf 76,5 Mio. m³ ansteigt (+2% im Vergleich zu 2015). Deutlich stärker fällt der weltweite Anstieg des Holzeinschlages aus (+26% im Vergleich zu 2015). Im Gegensatz zu Deutschland liegt hier aber sowohl ein Anstieg in der Brennholzproduktion (+30% im Vergleich zu 2015) als auch in der Industrierundholzproduktion (+22% im Vergleich zu 2015) vor.

Im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ wird Brennholz in Deutschland bis 2050 nur noch aus nostalgischen Gründen nachgefragt (der Verbrauch sinkt um insgesamt 70% auf 7,8 Mio. m³). Dadurch kann das frei werdende Rohstoffpotenzial an Holz stofflich genutzt werden. Dieser

Abbildung 3.4: Holzproduktion in Deutschland, in Mio. m³, 2015-2050



Umstellungsprozess benötigt allerdings Zeit, bspw. um Produktionsstrukturen anzupassen oder entsprechende Kapazitäten aufbauen zu können. Die stoffliche Verwendung von Holz steigt daher erst ab 2025 spürbar an und erreicht bis 2050 ein Wachstum von +32% (auf insgesamt 60,8 m³) im Vergleich zu 2015. Weltweit sinkt die Brennholzproduktion nicht so stark (-32% im Vergleich zu 2015) wie in Deutschland, allerdings steigt die stoffliche Nutzung von Holz stark (+112%). Global führt dies zu einem um +43% höheren Holzeinschlag. Der Grund hierfür ist vor allem das starke wirtschaftliche Wachstum auf globaler Ebene.

Landnutzung

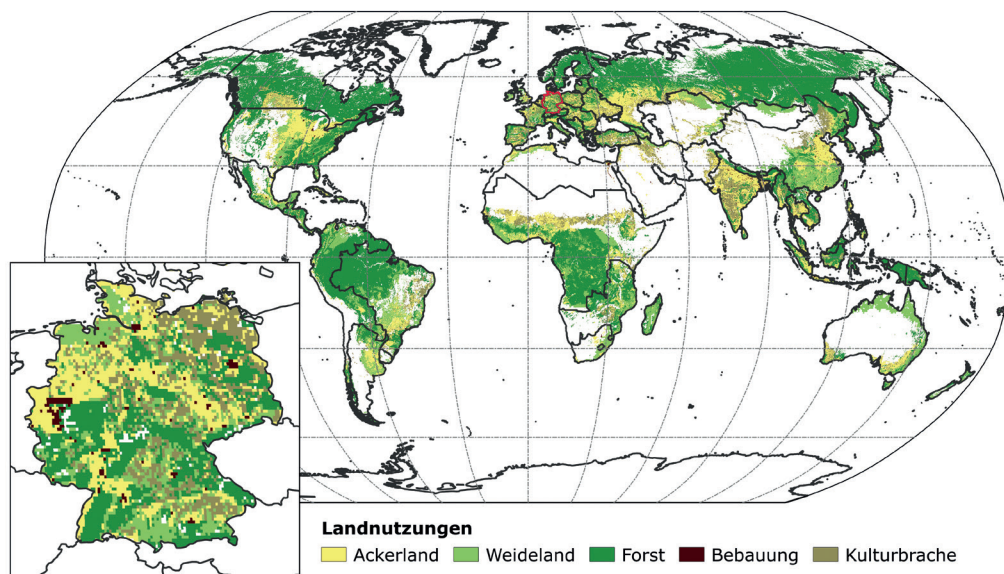
Auch auf die Landnutzung haben die drei Szenarien sehr unterschiedliche Auswirkungen. Die folgende Abbildung zeigt die Landnutzung in der Ausgangssituation im Jahr

2015 für die Land- und Forstwirtschaft sowie für die Welt und für Deutschland (Abbildung 3.5).

In den Szenarien „**Bioökonomie am Tropf**“ und „**Bioökonomie-Inseln**“ ist in Deutschland aufgrund des Bevölkerungsrückganges und einer Intensivierung der Landwirtschaft mit einem leichten Rückgang der Nutzung von Ackerflächen von -7% bzw. -2% und einer leichten Zunahme der Nutzung von Weideflächen von jeweils etwa +1% zu rechnen. Der Umfang der Forstflächen ist in Deutschland durch das restriktive Schutz- und Forstmanagement weitestgehend konstant (Abbildungen 3.6 und 3.7).

Global kommt es im „**Bioökonomie am Tropf**“-Szenario zu einer Zunahme der Ackerfläche um knapp +2%, im „**Bioökonomie-Inseln**“-Szenario hingegen zu einer leichten Abnahme von -0,5%. Bedingt durch das

Abbildung 3.5: Landnutzung global und in Deutschland, 2015



Bevölkerungswachstum und dem damit verbundenen steigenden Fleischkonsum steigt global, wie bei Ackerland, auch der Bedarf an Weideflächen in beiden Szenarien um knapp +7% bzw. +6%. Die neuen Flächen werden hier auf Kulturbrachen ausgedehnt, allerdings führt der überwiegende Teil der zusätzlichen Landnutzung im Agrarbereich zum Verlust an Forstflächen von jeweils ca. -1%.

Die starke Zunahme an Ackerflächen in Deutschland von über +18% im Szenario „Bioökonomie-Wende“ dürfte vor allem auf die Anstrengungen zur „Selbstversorgung“ in Deutschland zurückzuführen sein. Die Reduzierung des Fleischkonsums in dem Szenario führt zu keiner nennenswerten Veränderung der Weideflächen. Wie zuvor erfolgt auch in diesem Szenario die Ausdehnung der Ackerflächen zulasten der Kulturbrache.

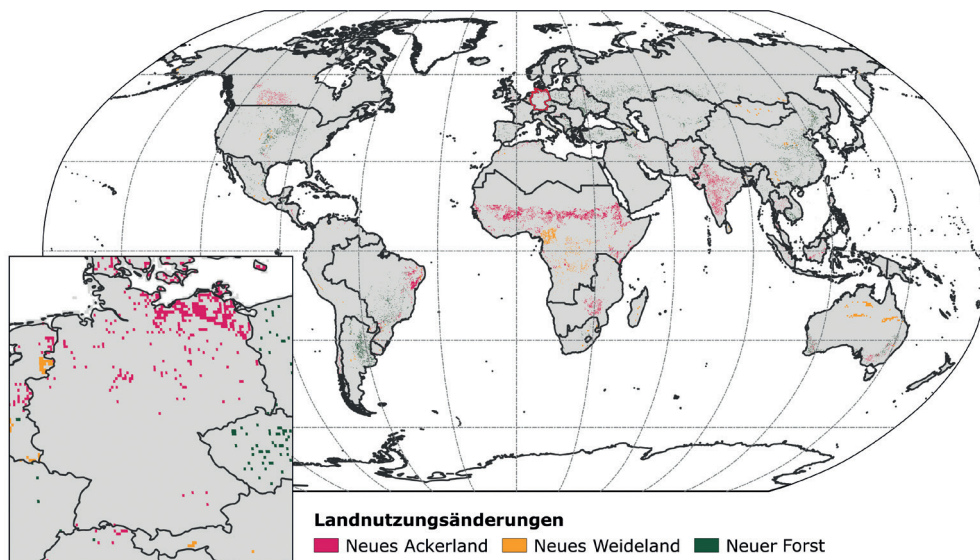
Global ist in dem „Bioökonomie-Wende“-Szenario eine ähnliche Entwicklung wie in Deutschland zu beobachten. In diesem Szenario erfolgt eine starke Ausdehnung von Ackerland von knapp +7%. Anders als in Deutschland kommt es hier jedoch zu einer Zunahme an Weideflächen von knapp +4% und durch verstärkte Aufforstungsmaßnahmen steigt die Forstfläche um 765.000 km².

Verbrauch

Nahrung (Mensch/Tier)

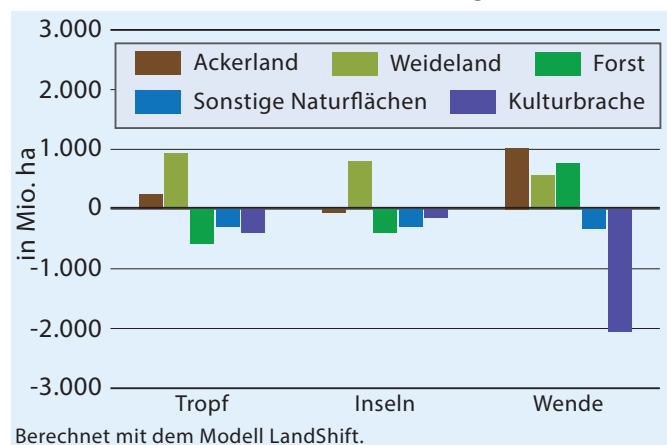
Der überwiegende Anteil der erzeugten landwirtschaftlichen Biomasse wird für die Herstellung von Nahrungsmitteln verwendet: Ein Teil wird direkt für die Nahrungsmittelproduktion verwendet, ein anderer Teil

Abbildung 3.6: Landnutzungsänderungen im Szenario „Bioökonomie-Wende“ global und in Deutschland, zwischen 2015 und 2050



Berechnet mit dem Modell LandShift.

Abbildung 3.7: Landnutzungsänderungen, global, in Mio. ha, 2050 im Vergleich zu 2015



wird an Nutztiere verfüttert und dient so in Form von Fleisch oder Milchprodukten dem menschlichen Konsum. Da allerdings die Futtermittelverwertung „über den Tiermagen“ oft wenig effizient ist, spielt die Höhe des Fleischverzehrs für die Verfügbarkeit landwirtschaftlicher Biomasse eine sehr wichtige Rolle. Somit ist die Änderung der Präferenzen von Verbraucher*innen in Richtung eines sinkenden Fleischkonsums neben der Bevölkerungsentwicklung ein wichtiger Treiber der Nachfrage nach Biomasse für die Nahrungsmittel.

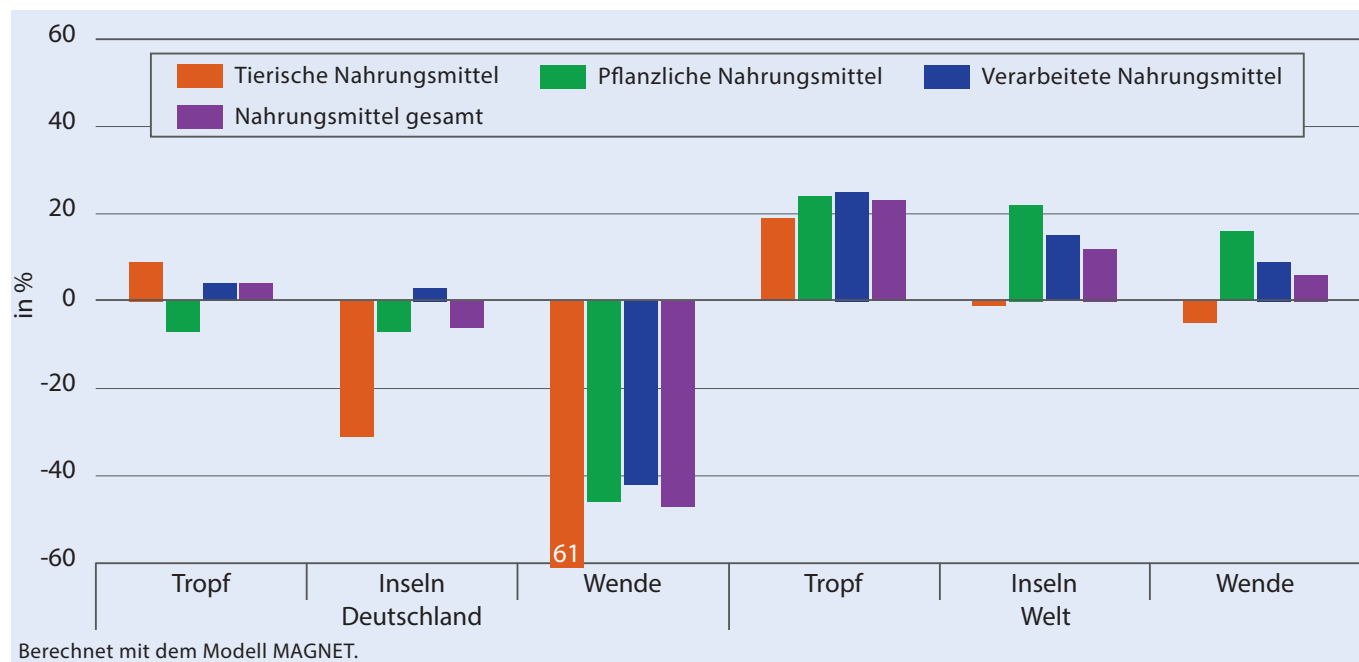
Im Szenario „Bioökonomie am Tropf“ ändert sich der private Konsum von Nahrungsmitteln in Deutschland bis 2050 kaum, da sowohl die Präferenzen von Konsumenten als auch deren Verhalten im Umgang mit Lebensmitteln praktisch unverändert bleiben. Insgesamt ist eher eine

Fortsetzung historischer Trends zu beobachten: Der Pro-Kopf-Konsum von Nahrungsmitteln steigt bis 2050 um +4%. Der Konsum tierischer Produkte wächst um +9%, der Konsum pflanzlicher Produkte sinkt dagegen um -7%. Weltweit steigt der Pro-Kopf-Konsum von Nahrungsmitteln um +23%, wobei der Konsum verarbeiteter Nahrungsmittel deutlich um +25% zunimmt (Abbildung 3.8).

Im Szenario „Bioökonomie-Inseln“ ist der Nahrungsmittelkonsum in Deutschland bis 2050 von deutlichen Änderungen geprägt. Dies betrifft besonders den Fleischkonsum, da viele Verbraucher*innen ihren Verzehr tierischer Erzeugnisse mit -31% deutlich reduzieren. Die veränderten Ernährungsgewohnheiten drücken sich

auch aufgrund sinkender Futtermittelnachfrage in einem Rückgang der Nachfrage pflanzlicher Erzeugnisse (-7%) aus. Lediglich der Konsum verarbeiteter Nahrungsmittel steigt mit +3% leicht an. Das Verhältnis pflanzlicher zu tierischen Rohstoffen in verarbeiteten Nahrungsmitteln bleibt in diesem Szenario unverändert. Die Veränderung von Konsummustern ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Industrieländern zu beobachten. Als Folge dieser Entwicklung steigt der weltweite Pro-Kopf-Konsum von Nahrungsmitteln um +12%, wobei der Konsum verarbeiteter Nahrungsmittel um +15% und die Nachfrage nach pflanzlichen Nahrungsmitteln um +22% steigt. Weltweit sinkt der Konsum von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft um -1% leicht.

Abbildung 3.8: Entwicklung des privaten Konsums von Agrarprodukten, global und in Deutschland, in %, 2050 im Vergleich zu 2015

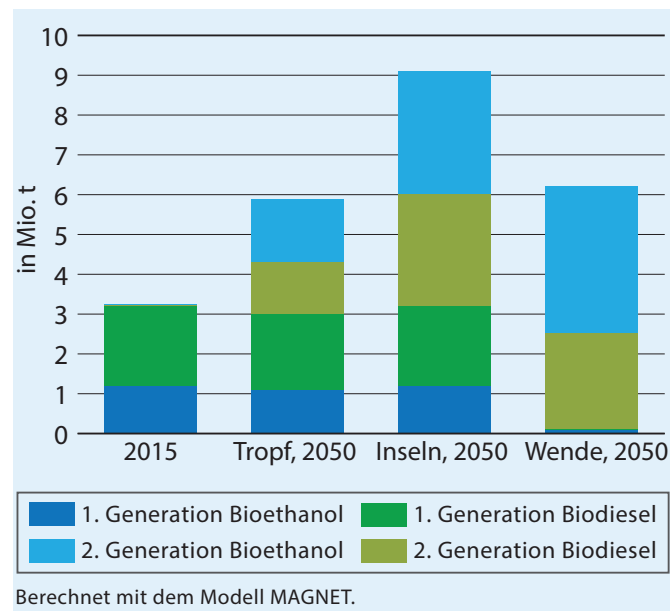


Auch im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ ändert sich der private Konsum von Nahrungsmitteln in Deutschland bis 2050 deutlich. Bei einem überwiegenden Teil der Verbraucher*innen ist eine Änderung der Konsummuster in Richtung weniger (oder gar keine) tierische Erzeugnisse zu verzeichnen. Neben dem Konsummuster unterliegt auch der Umgang mit Lebensmitteln einem deutlichen Wandel, da bewusster eingekauft und (Lebensmittel-)Abfälle deutlich eingeschränkt werden. Auch die Ernährungsindustrie berücksichtigt die Forderungen der Verbraucher*innen bei der Herstellung verarbeiteter Nahrungsmittel und die Zusammensetzung verarbeiteter Nahrungsmittel verschiebt sich deutlich zugunsten der (Vorleistungs-)Produkte pflanzlicher Herkunft. Als Folge sinkt der Konsum tierischer Nahrungsmittel im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ um -61%. Aufgrund des deutlichen Rückgangs der Lebensmittelverluste und der geänderten Ernährungsweise geht der private Verbrauch pflanzlicher Nahrungsmittel um -46% und der von verarbeiteten Nahrungsmitteln um -42% zurück, sodass der Gesamtkonsum von Nahrungsmitteln um -47% sinkt. Ähnliche Entwicklungen sind auch in anderen Industrieländern zu beobachten. Als Folge steigt der weltweite Pro-Kopf-Konsum von Nahrungsmitteln um lediglich +6%, wobei der Konsum tierischer Produkte um über -5% sinkt, während der Verzehr pflanzlicher Nahrungsmittel um +16% steigt.

Biokraftstoffe

Der Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch im Verkehrssektor lag 2015 in Deutschland bedingt durch politisch vorgegebene Beimischungsquoten bei knapp 5% und betrug insgesamt 3,2 Mio. t. Die Gesamtmenge bestand ausschließlich aus Biokraftstoffen erster Generation, die aus Agrarrohstoffen (Getreide-, Stärke-, Zucker- oder Ölpflanzen) hergestellt sind.

Abbildung 3.9: Entwicklung des Einsatzes von Biokraftstoffen in Deutschland, in Mio. t, 2050 im Vergleich zu 2015



Während Biodiesel mit ca. 2 Mio. t der wichtigste Biokraftstoff in Deutschland war, lag der Absatz von Bioethanol im Jahr 2015 bei 1,2 Mio. t. Biokraftstoffe der zweiten und höheren Generationen, wie Zellulose-Ethanol oder synthetische Biodiesel, hergestellt aus den Reststoffen oder Energiepflanzen, befanden sich noch nicht auf dem Markt (Abbildung 3.9).

Im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ wird 2050 in Deutschland fast doppelt so viel Biokraftstoff verkauft als in 2015. Allerdings sind die Absatzmengen von Biodiesel und Bioethanol erster Generation vergleichbar mit den Mengen in 2015, da deren Beimischung durch politische Vorgaben auf diesem Niveau begrenzt bleibt. Der

zusätzliche Bedarf stammt aus einer verstärkten Produktion von Biokraftstoffen der zweiten Generation.

Im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ nimmt diese Entwicklung noch weiter an Fahrt auf und der Absatz von Biokraftstoffen in Deutschland verdreifacht sich bis 2050 im Vergleich zu 2015. Bei unveränderten Absatzmengen von Biokraftstoff erster Generation decken Biodiesel und Bioethanol aus zweiter und höherer Generation, mit höherer technischer Effizienz als im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“, die zusätzliche Nachfrage.

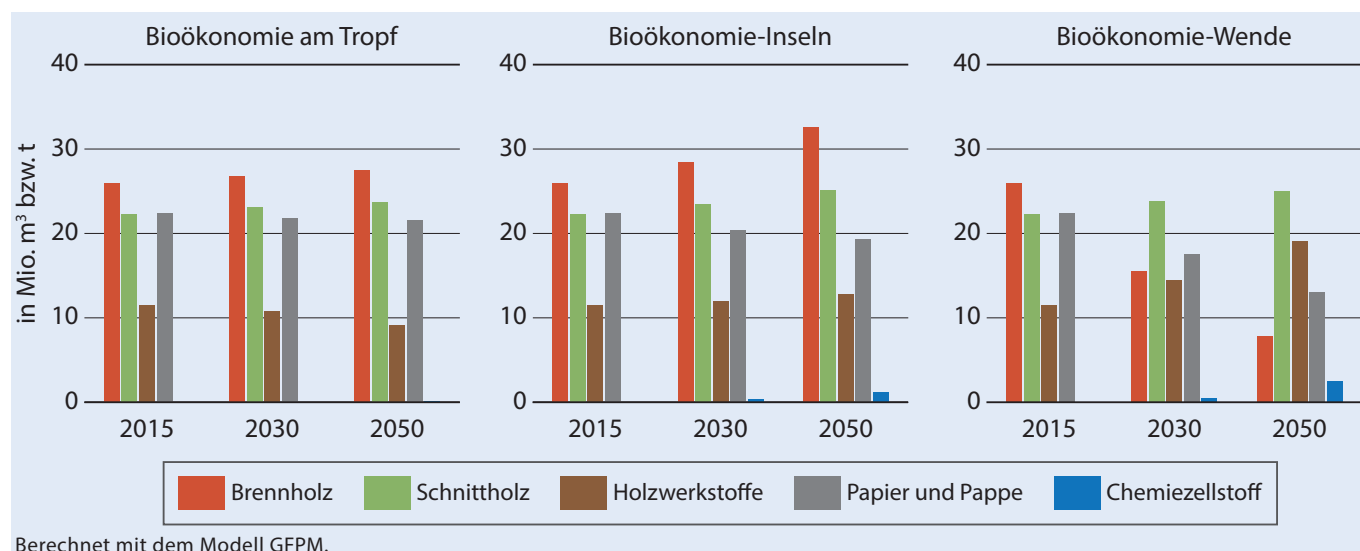
Während im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“, ähnlich wie im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“, in Deutschland im Jahr 2050 fast doppelt so viel Biokraftstoff verkauft wird als in 2015, unterscheiden sich beide Entwicklungen grundlegend. Im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ sinken die Absatzmengen von Biodiesel und Bioethanol erster

Generation praktisch auf null. Biokraftstoffe der zweiten Generation bestimmen den Markt. Diese Entwicklung ist zum einen durch einen tief greifenden technologischen Wandel getrieben, bei dem Biokraftstoffe nur eine von mehreren anderen Optionen im Verkehr (Elektromobilität, Nutzung von Wasserstoff) beschreiben. Zum anderen drückt sich das gewandelte Konsumverhalten auch im Verkehrssektor in einem Rückgang in der Gesamtmenge abgesetzter Kraftstoffe aus.

Holznutzung

Im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ bleibt die Schnittholzproduktion ungefähr auf dem Niveau von 2015 und steigt um gut +6% auf 23,7 Mio. m³. Gleichzeitig sinkt die Produktion von Holzwerkstoffplatten um -21% (auf 9,1 Mio. m³). Auch die Papierproduktion sinkt leicht um -3,7% auf 21,6 Mio. t und bleibt damit insgesamt auf dem

Abbildung 3.10: Entwicklung der Holznutzung in Deutschland, in Mio. m³ bzw. t



Berechnet mit dem Modell GFPM.

Niveau von 2015. Dagegen steigt die Chemiezellstoffproduktion leicht auf 0,1 Mio. t an. Die hieraus hergestellten Produkte bilden bei diesem Niveau allerdings auch 2050 nur einen Nischensektor (Abbildung 3.10).

Das Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ ist durch eine steigende Nachfrage nach Schnittholz (+13 % auf 25,2 Mio. m³), nach Furnier bzw. Sperrholz (+128 % auf 1,2 Mio. m³) sowie nach Holzwerkstoffplatten (+11,2 % auf 12,8 Mio. m³) geprägt. Der Papierkonsum sinkt bis 2050 um -14 % auf 19,3 Mio. t. Der Grund hierfür ist die Digitalisierung. Vereinzelt können hier frei werdende Kapazitäten für die Produktion von Chemiezellstoff genutzt werden. Insgesamt steigt die Produktion von Chemiezellstoff auf 1,2 Mio. t. Dadurch ist eine steigende Produktion von zellulose-basierten Chemikalien und Fasern bis 2050 zu erwarten und die Produkte wachsen langsam aus dem Nischendasein, in dem sie sich heute befinden.

Im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ gibt es eine steigende Nachfrage nach Schnittholz (+12 % auf 25,0 Mio. m³), nach Furnier- bzw. Sperrholz (+141 % auf 1,3 Mio. m³) sowie nach Span- und Faserplatten (+66 % auf 19,3 Mio. m³). Trotz dieser steigenden Nachfrage nach Holzprodukten verändert sich der Rohholzverbrauch nicht im gleichen Maße, weil technischer Fortschritt den Rohstoffinput teils drastisch reduziert. Dieser Fortschritt stützt sich vor allem auf weiter optimierte Herstellungsprozesse, verbesserte Rohstoffausbeute, aber auch auf die Erhöhung des Altholzanteils in Spanplatten. Aufgrund der Digitalisierung sinkt der Papierkonsum weiter (-42 % auf 13 Mio. t) und damit auch der Verbrauch an Holzschliff und Zellstoff deutlich. Somit werden Kapazitäten in der Zellstoffproduktion frei. Diese können für die Herstellung von Chemiezellstoff verwendet werden (+3 Mio. t bis 2050). Chemiezellstoff dient wiederum als Rohstoff für die Herstellung von Zellulose-Derivaten bzw. von zellulose-basierten Fasern. Besonders Letzteren kommt eine

besondere Bedeutung bei, da sie bis 2050 Baumwolle als Rohstoff für die Textilherstellung ersetzen können.

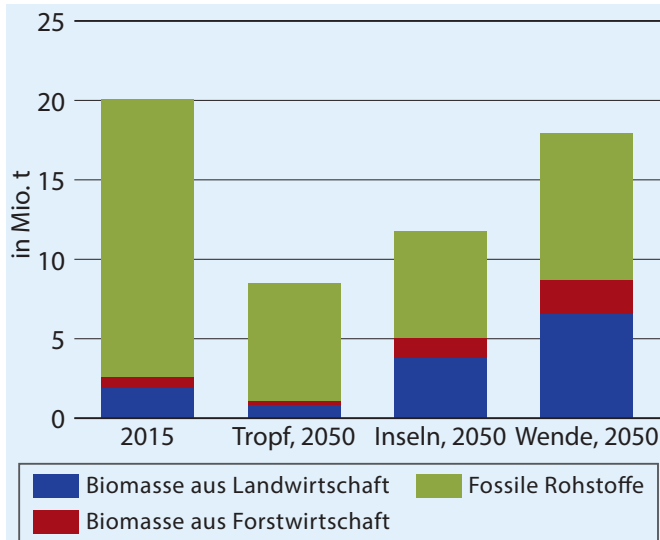
Nutzung von Biomasse in der chemischen Industrie

Organische Chemie basiert auf der Nutzung kohlenstoffhaltiger Rohstoffe. In 2015 hat die chemische Industrie in Deutschland insgesamt 20 Mio. t kohlenstoffhaltige Rohstoffe eingesetzt, davon waren 87 % bzw. 17,5 Mio. t fossile Rohstoffe wie Erdöl und Erdgas und 13 % bzw. 2,5 Mio. t biogene Rohstoffe. Bei einem Ersatz fossiler durch biogene Rohstoffe ist ein Umstieg auf „erneuerbaren“ Kohlenstoff erforderlich, wofür drei Quellen verfügbar sind: a) Kohlenstoff aus dem Recycling, b) Kohlenstoff aus der Biomasse (Land- und Forstwirtschaft oder anderer Herkunft wie bspw. Algenzüchtung) und c) Kohlenstoff aus direkter CO₂-Nutzung.

Im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ wird in Deutschland bis 2050 nur ein geringer Fortschritt beim Umstieg auf den „erneuerbaren“ Kohlenstoff in der chemischen Industrie gemacht. Kohlenstoff aus Recycling ist die wichtigste Quelle. Da in diesem Szenario die Wettbewerbsposition der Chemieindustrie in Deutschland sinkt, entwickeln sich Output und Einsatz fossiler Rohstoffe in dieser Branche bis 2050 rückläufig (Abbildung 3.11).

Das Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ ist bis 2050 dadurch geprägt, dass auch im Chemiesektor nur vereinzelte Lösungen für den Umstieg auf den „erneuerbaren“ Kohlenstoff gemacht werden. Die Nutzung von Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft verdoppelt sich durch den Ersatz fossiler Rohstoffe durch strukturgleiche biogene Grundstoffe unter Beibehaltung der etablierten Herstellungsprozesse bei Plattformchemikalien. Kohlenstoff aus Recycling ist eine wichtige Quelle für „erneuerbaren“ Kohlenstoff, die direkte Nutzung von CO₂ als Kohlenstoffquelle ist industriell nur geringfügig erschlossen.

Abbildung 3.11: Einsatz fossiler Rohstoffe und Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft in der chemischen Industrie in Deutschland, in Mio. t, 2050 im Vergleich zu 2015



Berechnet mit dem Modell MAGNET.

Im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ durchläuft die chemische Industrie in Deutschland bis 2050 einen tief greifenden Wandel. Fossile Rohstoffe werden gleichermaßen durch Kohlenstoff aus Biomasse, aus Recycling und aus CO₂ ersetzt. Aus der Agrar- und Forst-Biomasse werden Spezialchemikalien hergestellt. Daneben gewinnt die Nutzung von Biomasse nicht terrestrischen Ursprungs (u. a. Algen) eine zunehmende Bedeutung.

Handel mit Agrarrohstoffen

Beim Handel mit Agrarrohstoffen spielen in Deutschland mengenmäßig vor allem Getreide sowie Ölsaaten und deren Verarbeitungsprodukte eine wichtige Rolle.

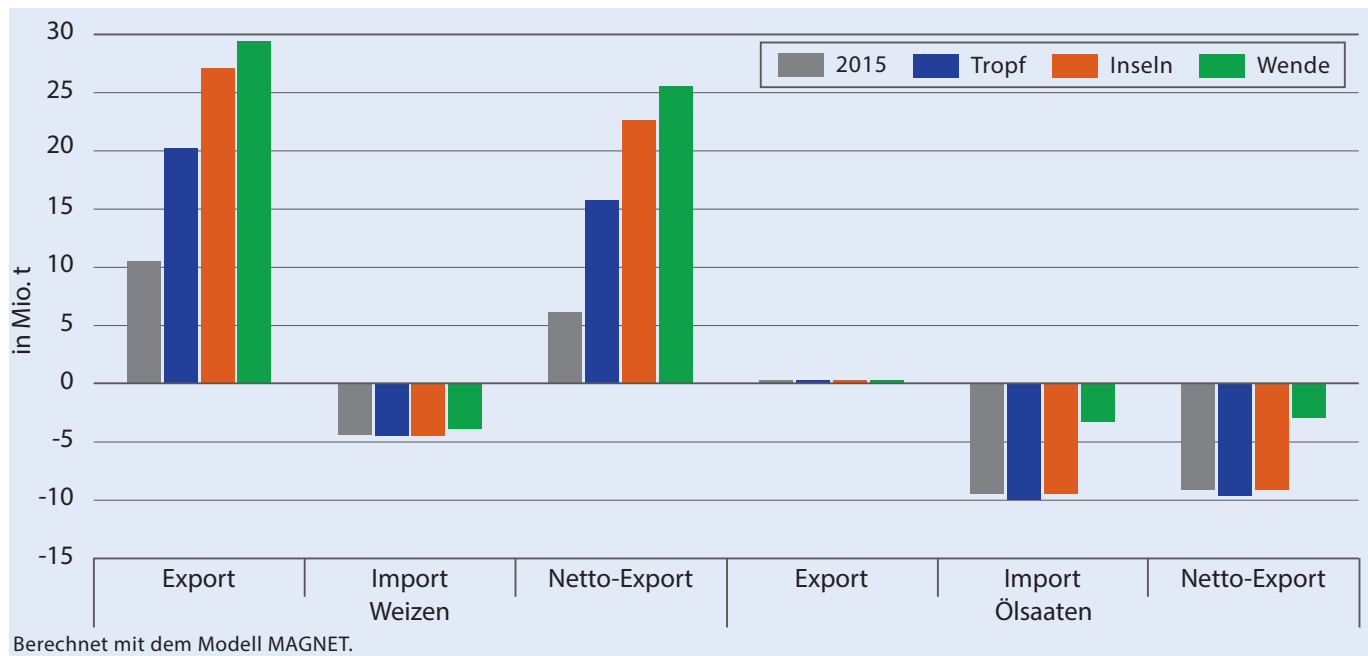
Deutschland ist eng mit dem internationalen Agrarhandel verflochten und exportierte 2015 10,5 Mio. t Weizen. Bei gleichzeitigen Einfuhren von 4,3 Mio. t lagen die Nettoexporte als der Saldo aus Aus- und Einfuhren bei 6,1 Mio. t. Bei Handel mit Grobgetreide (hauptsächlich Futtergetreide) wies Deutschland in 2015 eine leicht negative Handelsbilanz von ca. 1 Mio. t aus, was vor allem auf die hohen Importe von Mais zu Futterzwecken (2,4 Mio. t) zurückzuführen ist. Bei Ölsaaten ist Deutschland deutlicher Netto-Importeur: In 2015 exportierte Deutschland lediglich ca. 0,3 Mio. Tonnen und importierte 9,4 Mio. Tonnen Ölsaaten, was wiederum durch die hohen Einfuhren an (Futter-)Soja begründet ist (Abbildung 3.12).

Im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ bleibt Deutschland weiterhin ein deutlicher Netto-Exporteur bei Weizen und wird diese Stellung bis 2050 stark ausbauen. Bei Ölsaaten bleibt Deutschland ein deutlicher Netto-Importeur. Die Stellung im Außenhandel verändert sich in den drei Szenarien nicht grundlegend. Nach wie vor wird Deutschland z. B. bei Ölsaaten auf Einfuhren angewiesen bleiben, was sich nur in dem Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ etwas verändert. Trotz des Rückgangs des Konsums tierischer Produkte in diesem Szenario bleibt Deutschland dennoch auf Einfuhren von Futtermittel – hier Ölsaaten – angewiesen. Die starke Ausdehnung der Weizenausfuhren in allen drei Szenarien ist zum einen durch die sinkende inländische Nachfrage nach Nahrungsmitteln allgemein (aufgrund der rückläufigen Bevölkerung) und zum anderen durch den Ernährungswandel in dem Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ getrieben.

Ökologische Folgen

Die ökologischen Folgen der drei Szenarien werden über den sogenannten Ackerflächenfußabdruck abgeschätzt.

Abbildung 3.12: Außenhandel mit Weizen und Ölsaaten in Deutschland, in Mio. t, 2050 im Vergleich zu 2015



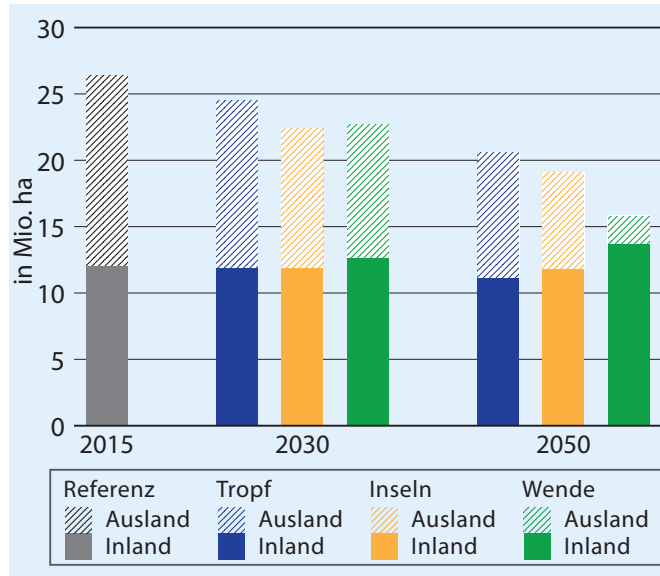
Der Ackerflächenfußabdruck ermittelt die Flächennutzung für den gesamten Konsum. Dabei werden sowohl die in Deutschland genutzten Ackerflächen als auch die durch Importe im Ausland belegten Ackerflächen ermittelt. Abbildung 3.13 zeigt die Entwicklung des Ackerflächenfußabdruckes zwischen 2015 und 2050 für die drei Szenarien. Im Basisjahr 2015 umfasst die landwirtschaftliche Ackerfläche in Deutschland ca. 12 Mio. ha. Durch Importe an landwirtschaftlichen Produkten wird in den Herkunftsländern eine Gesamtfläche von ca. 14 Mio. ha beansprucht.

Im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ sinkt die im Inland beanspruchte Fläche um knapp 2%. Die Flächenbelegung im Ausland sinkt um 50%. Der gesamte

Ackerflächenfußabdruck nimmt bis 2050 auf 19 Mio. ha ab und damit nur wenig mehr als im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“. Der im Ausland belegte Anteil macht etwa ein Drittel aus.

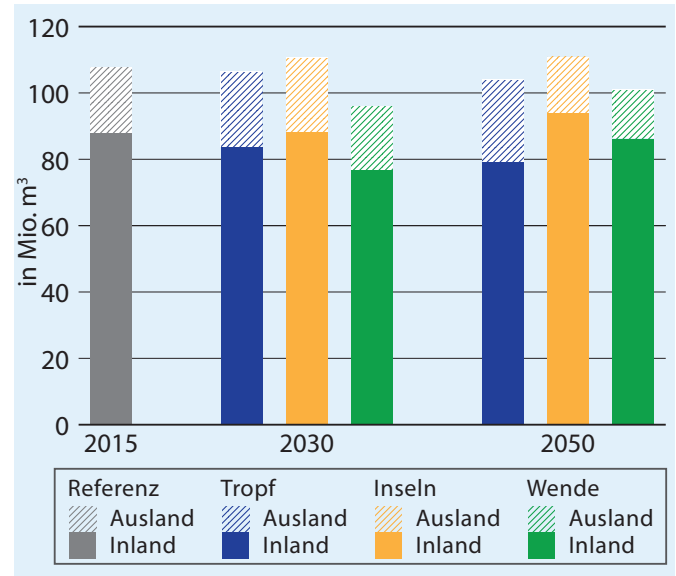
Im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ steigt die im Inland belegte Ackerfläche um +14%, während die im Ausland belegte Fläche um -86% sinkt. 2050 weist der Ackerflächenfußabdruck mit 15,8 Mio. ha die geringste Ausdehnung aller drei Szenarien auf. Damit nimmt der gesamte Ackerlandfußabdruck des innerdeutschen Konsums agrarischer Güter in allen drei Szenarien ab, im Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ um ca. -22%, im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ um ca. -28% und im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ um ca. -40%.

Abbildung 3.13: Ackerflächenfußabdruck des Konsums in Deutschland, in Mio. ha, 2015-2050



Ob diese Flächenansprüche als nachhaltig bewertet werden können, lässt sich durch den Vergleich des Pro-Kopf-Anspruchs an landwirtschaftlicher Nutzfläche mit einem Referenzwert beurteilen. Der Pro-Kopf-Verbrauch liegt im Jahr 2050 bei 0,26 ha je Person und Jahr (im Szenario „Bioökonomie am Tropf“) und 0,19 ha je Person und Jahr (im Szenario „Bioökonomie-Wende“). Die Referenzwerte ermitteln sich aus der global zur Verfügung stehenden Ackerlandfläche unter der Prämisse, dass Biodiversitätsverluste durch die Ausweitung globaler Ackerflächen zu stoppen sind (Bringezu et al., 2012). Entsprechend dieser Werte wäre die Nutzung von Ackerflächen in Deutschland einzig im Szenario „Bioökonomie-Wende“ als nachhaltig zu betrachten. Die beiden anderen Szenarien wären mit einer Flächennutzung verbunden, die weiter zu einer

Abbildung 3.14: Fußabdruck des Konsums von Rohholzäquivalenten mit Rinde in Deutschland, in Mio. m³, 2015-2050



Ausdehnung globaler Ackerflächen und dadurch bedingten möglichen Biodiversitätsverlusten beitragen würde.

Die Berechnung des Forstfußabdruckes erfolgt auf der Grundlage des Konsums aus inländisch erzeugter und importierter Menge an Rohholzäquivalenten mit Rinde.

Abbildung 3.14 beschreibt die Entwicklung des Forstfußabdrucks in drei verschiedenen Szenarien zwischen 2015 und 2050.

Im Szenario „Bioökonomie am Tropf“ reduziert sich der Konsum an Rohholzäquivalenten um ca. -4% auf 103,7 Mio. m³. Dies entspräche einem Pro-Kopf-Verbrauch von 1,31 m³ pro Person und Jahr. Dieser Wert

wäre auf Basis des Referenzwertes für eine nachhaltige Rohholznutzung nach O'Brien (2016) als nicht nachhaltig zu betrachten.

Die Entwicklung im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ zeigt eine Steigerung des Konsums an Rohholzäquivalenten um 1,5 % auf 110,8 Mio. m³. Dies entspräche einem Pro-Kopf-Konsum von 1,28 m³ Person⁻¹ Jahr⁻¹ in 2050. Das Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ zeigt einen schwankenden Verlauf. Während der Konsum an Rohholzäquivalenten bis zum Jahr 2030 sinkt, steigt dieser bis 2050 wieder auf 100,1 Mio. m³, was einem Verbrauch von 1,23 m³ Person⁻¹Jahr⁻¹ entspräche und den zur Nachhaltigkeitsbewertung genutzten Referenzwert wieder übersteigen würde.

Technologie

Die verstärkte Biomassenachfrage in Deutschland führt zu Landnutzungsänderungen in Deutschland und in den Exportländern, die erhebliche ökologische Folgen haben können. Es stellt sich die Frage, mit welcher Technologie sich die Emissionen von Treibhausgasen am effizientesten vermeiden lassen und wie die verfügbaren Biomasseressourcen verwendet werden sollten. Zur Beantwortung dieser drängenden Frage wurden effektive Biomasse-Zuteilungspfade auf der Grundlage optimaler Kosten und der Vermeidung von Treibhausgasen bestimmt.

Mit diesem modell-basierten Optimierungsansatz wurde der Wettbewerb um die begrenzte Biomasse untersucht, die in der Chemie und in den verschiedenen Energiebereichen eingesetzt wird. Dabei wurden 15 Bioenergieträger und -rohstoffe – von Holzpellets bis zu Bernsteinsäure – berücksichtigt und ihre mögliche Marktentwicklung bis zum Jahr 2050 ermittelt. In den entsprechenden Berechnungsszenarien wurde in Deutschland dabei als

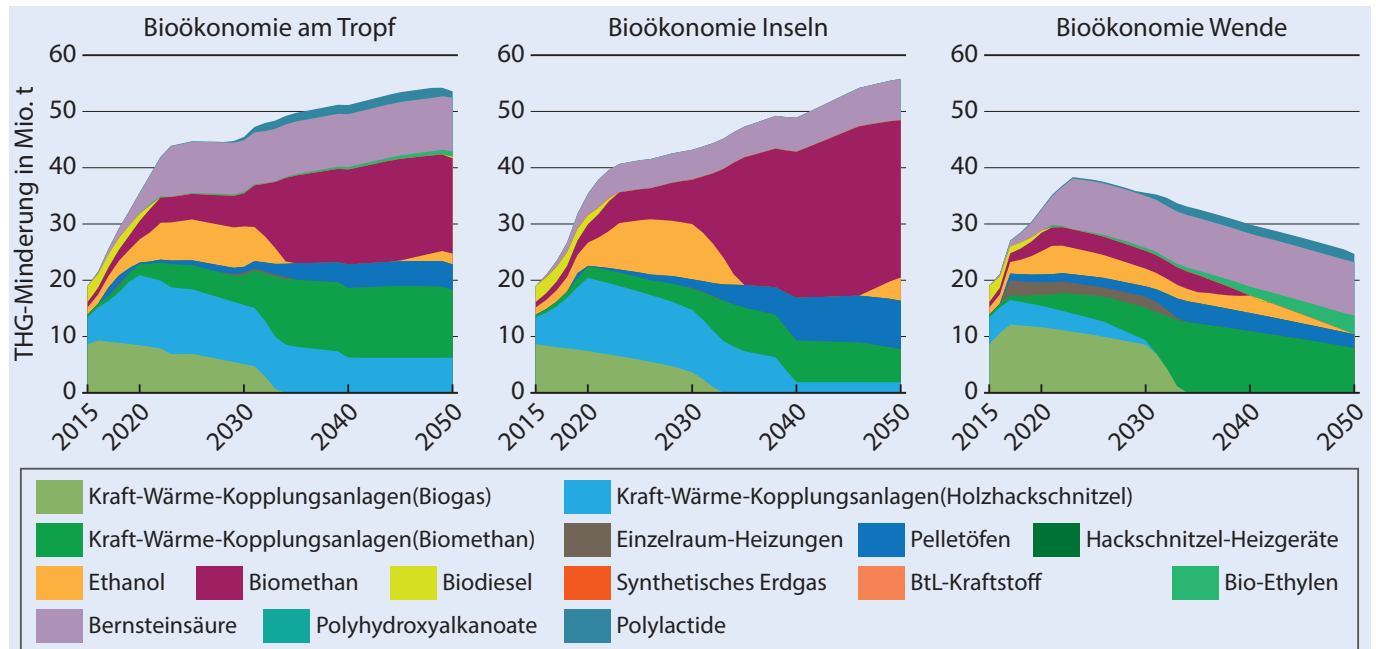
Anbaufläche für Biomasse 2,8 bis 3,6 Mio. ha und 60 bis 243 PJ für Holzbrennstoff hinterlegt. Ein wichtiges Ergebnis stellt die Verteilung der Biomasse und die erreichte Treibhausgasvermeidung unter der Annahme optimaler Kosten dar (Abbildung 3.15).

In drei analysierten Bioökonomie-Szenarien wurden im Jahr 2050 zwischen 25 bis 56 Mio. t CO₂-Äquivalente eingespart. Im Hinblick auf die THG-Emissionswerte von 1990 entspricht dies einer Einsparung von 2,5 bis 5,0% für die Sektoren Energie, Gebäude, Verkehr und Industrie.

Die Treibhausgaseinsparungen werden dabei am effektivsten durch den Einsatz gasförmiger Produkte erreicht: Biogas, Biomethan (gereinigtes Biogas) und synthetisches Erdgas (Biomethan aus der Biomassevergasung) erwiesen sich als wirtschaftlich und ökologisch effektivste Optionen für den Einsatz von Biomasse in den Strom-, Wärme- und Verkehrssektoren. Als einziger Biokraftstoff, der chemisch äquivalent zu seiner fossilen Referenz ist, kann Biomethan problemlos in die bereits bestehende Erdgasnetzinfrastruktur in Deutschland eingespeist werden. Im Verkehrssektor sollte daher neben der allgemeinen Elektrifizierung, übergangsweise zur Unterstützung des Aufbaus eines nachhaltigen Mobilitätssystems, der Schwerpunkt auf die Förderung der Nachfrage von Biomethan (gasförmig oder verflüssigt) in den Sektoren gelegt werden, die nicht leicht zu elektrifizieren sind, wie z. B. der Schwerlastverkehr und Schiffsanwendungen.

Die Nutzung von holzartigen Biomassearten erwies sich im Strom- und Wärmebereich dabei im Hinblick auf die Erfüllung der Klimaziele am günstigsten, da die Konkurrenz um die vergärbaren und ölhaltigen Rohstoffe im Verkehr und Chemie stark wird.

Abbildung 3.15: THG-Minderungen bei Einsatz der kosten-optimalen Technologie in Deutschland, 2015–2050



Berechnet mit dem Modell BENSIM/BENOPT.

In dem Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ wird deutlich, dass die Nutzung von Biogas zur Wärme- und Stromerzeugung derzeit nicht so wirtschaftlich erscheint wie die von Biomethan. So werden Biogas-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nach 2030 stillgelegt, während Biomethan-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zunehmend wettbewerbsfähig werden. Der Grund hierfür ist, dass Biogas-Blockheizkraftwerke im Allgemeinen klein und dezentral organisiert sind, während Biomethan-BHKW groß und zentral verortet sind, was schließlich zu geringeren Kosten führt. Im Transportsektor ist Biomethan mittel- und langfristig aufgrund hoher Umwandlungswirkungsgrade kosteneffizient. Aus der Perspektive (kosten-)optimalen Treibhausgasvermeidung wird synthetisches

Erdgas zunehmend eine Rolle spielen, was die Produktion von Biomethan reduzieren wird. Während der Einsatz von Bioethanol nur bis 2030 als effizient erscheint, sind einige Biochemikalien und Biokunststoffe wettbewerbsfähige Optionen.

Im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ gleichen die Verteilungsmuster der Biomasse über alle Sektoren hinweg den Verteilungsmustern des Szenarios „**Bioökonomie am Tropf**“. Aufgrund ambitionierterer Klimaziele und einem Mangel an erneuerbaren Alternativen im Verkehrssektor im Vergleich zu denen bei Wärme- und Strombereitstellung, steigt die Nachfrage nach Biomasse im Verkehrssektor im Vergleich zum Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“

an. Dies führt zu einem höheren Bedarf an Biomasse im Verkehrssektor, sodass weniger Biomasse für Biogas-/ Biomethan-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Strom- und Wärmesektor zur Verfügung steht. Mit dieser Entwicklung erhält der Brennstoff Holz im Wärmesektor eine zunehmende Bedeutung. Die eingesetzte Biomasse umfasst Maissilage, Körnermais, Zuckerrüben und Holzbrennstoffe. Im Vergleich zu den anderen beiden hier vorgestellten Szenarien fallen die vermiedenen Klimagasemissionen in diesem Szenario insgesamt am höchsten aus.

In dem Szenario **„Bioökonomie-Wende“** führt die Nutzung anderer erneuerbarer Energien in den Bereichen Elektrofahrzeuge sowie Sonnen- und Windkraft im Verkehrs- und Energiesektor zu einer geringeren Nachfrage nach Biomasse. Im Strom- und Wärmesektor sind Biomethan-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Pelletöfen kosteneffizienter, während Biogas-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Holzhackschnitzelheizungen mehr zur THG-Reduzierung bei höheren Kosten beitragen können. Durch die geringere Nachfrage nach Bioenergie im Stromsektor ist Holzbrennstoff für Holzhackschnitzelheizungen und Pelletkessel gegenüber Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen vorzuziehen. Wegen der erhöhten Nachfrage nach Biochemikalien spielen langfristig geringe Mengen an Bio-Ethylen und Polymilchsäure eine steigende Rolle. Dadurch steigt die THG-Reduktion von 19 Mio. t im Jahr 2015 auf 38,2 Mio. t im Jahr 2025 an und sinkt dann auf 24,5 Mio. t im Jahr 2050. Die vermiedenen Klimagasemissionen durch den Einsatz von Biomasse sind in diesem Szenario insgesamt am geringsten, die Gesamtklimabilanz aufgrund der insgesamt gesunkenen Nachfragemenge und der sich geänderten Konsumstruktur hingegen am besten.

Literatur

- BMEL (2019): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2019. Bonn.
- Bringezu S, O'Brien M, Schütz H (2012): Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass. A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. Land Use Policy, 29, 1, 224-232pp., doi: 10.1016/j.landusepol.2011.06.010.
- FAO (2020): FAOStat. Zu finden in <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>> [zitiert am 30.06.2020]
- O'Brien M (2016): Assessing the EU's current and expected consumption of global timber in relation to the global capacity for sustainable supply: Kassel University Press. doi: 10.19211/KUP9783737601511

Die Perspektive(n) der Stakeholder

Die Szenarienentwicklung im BEPASO-Projekt wurde durch zwei Stakeholder-Workshops und eine Delphi-Studie begleitet. Zielgruppe bzw. Teilnehmer*innen beider Erhebungsschritte waren Vertreter der Wirtschaft, der Politik, aus dem akademischen Bereich, der Verbraucher*innen und verschiedener Interessenverbände. Dieses Vorgehen sollte dazu dienen, die Akzeptanz der entwickelten Szenarien in der breiteren Bevölkerung zu testen. In einem iterativen Prozess wurde das gesammelte Feedback dazu genutzt, die Szenarien bis zu ihrer finalen Form zu verändern und zu verfeinern. Für die Beschreibung der Vorgehensweise siehe Kapitel 7.

Im Rahmen der Stakeholder-Workshops wurde das Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ als inakzeptabel beurteilt. Eine Akzeptanzfähigkeit könnte sich nach Einschätzung der Stakeholder höchstens aus einer Priorisierung der Politik auf Wachstum, Arbeitsplätze und innere Sicherheit gegenüber einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung ergeben.

Auch dem Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ wurde eine überwiegend geringe Akzeptanzfähigkeit bescheinigt. Hauptgründe waren Befürchtungen eines Auseinanderdriftens der Gesellschaft durch zunehmende soziale Ungleichheit und Konflikte. Dazu würden auch die im Szenario angenommenen hohen Preise für nachhaltige, bio-basierte Produkte, die sich nur einkommensstarke Bevölkerungsschichten leisten könnten, beitragen. Auch wenn die Ursachen dieser Ungleichheit nicht in der Bioökonomie an sich gesehen wurden, wurde die Bioökonomie als Verstärker solcher Tendenzen intensiv diskutiert. Ebenfalls kritisch für die Akzeptanzfähigkeit dieses Szenarios war die angenommene Deckung des zusätzlichen

Biomassebedarfs durch Importe. Lediglich aufseiten der gesellschaftlichen Eliten wurde eine Akzeptanzfähigkeit für dieses Szenario vermutet, da diese Bevölkerungsgruppe durch den technischen Fortschritt und die Förderung bio-basierter Wirtschaft profitieren würde.

Die höchste gesellschaftliche Akzeptanzfähigkeit wurde dem Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ bescheinigt. Als Hauptgrund dafür wurde angeführt, dass mit der grundlegenden Umgestaltung der Wirtschaftsweise hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie weitreichende Innovationen, bzw. Technologiesprünge in Forschung und Entwicklung verbunden wären. Emissionen und der Flächenbedarf für die Biomasseerzeugung könnten dadurch gesenkt werden. Die Gesellschaft würde von diesen Innovationen deutlich profitieren. Diesen positiven Aspekten des Szenarios standen jedoch auch kritische Argumente entgegen. Besonders intensiv wurde eine mögliche staatliche Bevormundung im Konsumverhalten, insbesondere durch ein Diktat der Suffizienz, also der staatlich auferlegten Beschränkung des Konsums von Gütern und Dienstleistungen diskutiert. Neben der grundlegenden Bevormundung wurde zudem zu bedenken gegeben, dass eine Suffizienzstrategie, die nicht sozial gerecht gestaltet würde, zu einem sinkenden Lebensstandard in Teilen der Bevölkerung führen könnte.

Ein interessantes Ergebnis der durchgeführten Delphi-Studie war, dass eine CO₂-Besteuerung auf große Zustimmung traf. Einigen weiteren Aspekten der Szenarien wurde dagegen eine relativ geringe Bedeutung beigemessen. Dies galt z. B. für eine generelle Skepsis gegenüber Technologien und Innovationen, Einführung von Kennzeichnungssystemen zur Lösung der „Tank vs. Teller“-Diskussion, gesunkene verbindliche Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von bio-basierten Produkten.

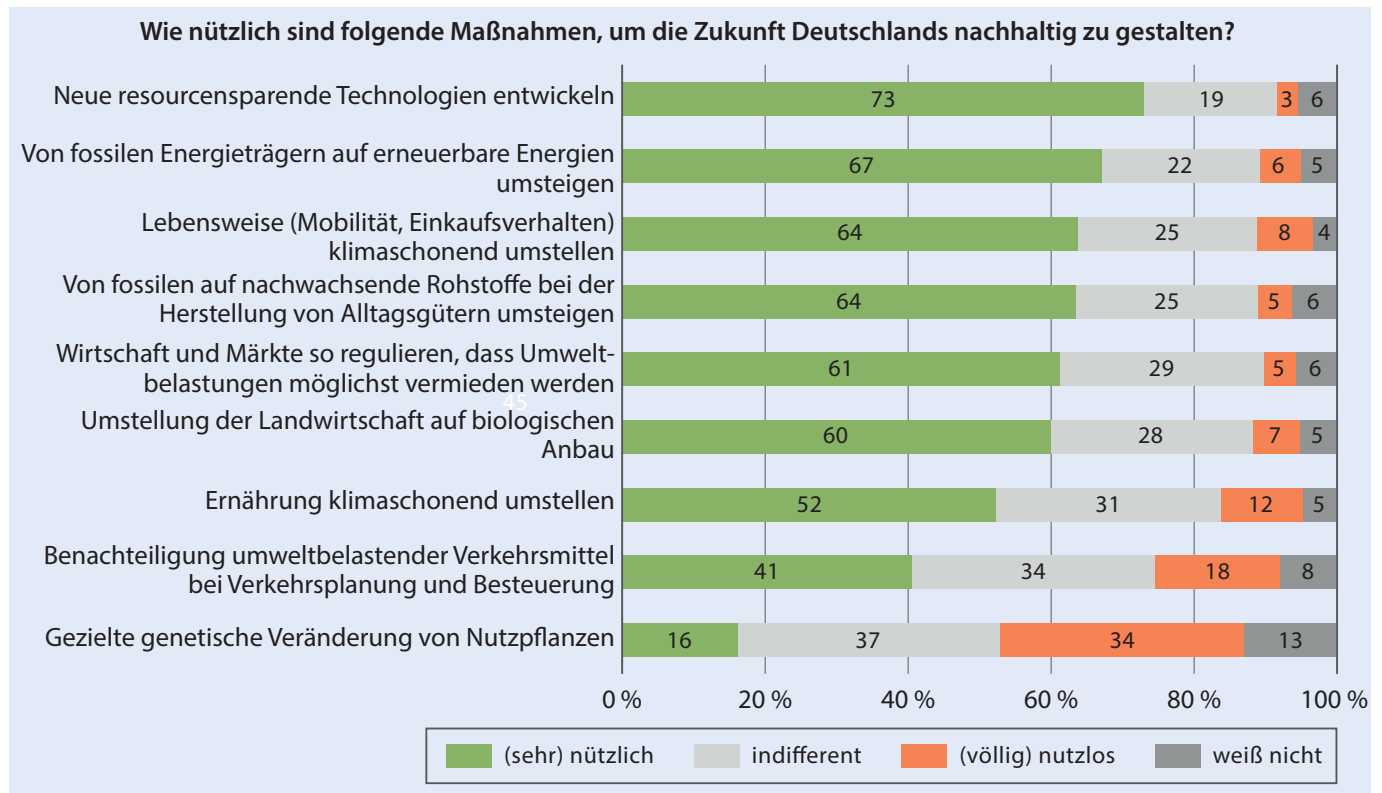
Die Perspektive(n) der Bürger*innen

Die Untersuchungen zeigen, dass Bürger*innen als Bioökonomie-Laien sehr unterschiedliche Einstellungen zur Bioökonomie bzw. zu den Konsequenzen haben, die sich aus einer stärker bio-basierten Wirtschaft ergeben: So ist für die einen die Beachtung der natürlichen Zusammenhänge wichtig, was dazu führt, dass die Einschränkung des Konsums, die verantwortungsvolle Nutzung bio-basierter, erneuerbarer Rohstoffe und ein Zurück zur

Natur befürwortet wird. Andere sehen in der Entwicklung und Anwendung innovativer, effizienter Technologien in der Bioökonomie die Lösung für die globalen Probleme. Eine dritte Gruppe an Menschen ist wiederum durch einen Abwägungsprozess geprägt, in welchem wirtschaftliche Kosten-Nutzen-Überlegungen und der Erhalt des derzeitigen Lebensstandards für alle im Mittelpunkt stehen.

Im gesellschaftlichen Diskurs über eine bio-basierte Zukunft werden verschiedenste Maßnahmen diskutiert,

Abbildung 4.1: Nützlichkeit verschiedener Maßnahmen zur nachhaltigen Gestaltung der Zukunft Deutschlands



die aus Sicht der Bürger*innen teilweise sehr alltagsfern, aber auch sehr nah am eigenen Leben sein können. Interessanterweise scheint dies aber keinen nachweisbaren Einfluss darauf zu haben, für wie nützlich die Bürger*innen die Maßnahmen für eine nachhaltige Zukunft halten (Abbildung 4.1). So wird die klimafreundliche Umstellung der eigenen Lebensweise ähnlich häufig als (sehr) nützlich beurteilt, wie die Substitution fossiler Energieträger und Rohstoffe durch bio-basierte Alternativen. Aus Sicht der Bürger*innen sollten vor allem innovative Technologien mit dem Ziel entwickelt werden, in den industriellen Produktionsprozessen Ressourcen einzusparen. Dabei werden aber explizit bestimmte Technologien wie die grüne Gentechnik, also die gentechnische Veränderung von Pflanzen ausgeschlossen.

In den drei während der Projektlaufzeit entwickelten Zukunftsszenarien einer Bioökonomie in Deutschland werden verschiedene Aspekte, wie im Kapitel Storylines beschrieben, in unterschiedlicher Intensität, Zusammensetzung und Ausgestaltung umgesetzt. Die Szenarien wurden den Studienteilnehmer*innen in ihrer Gesamtheit vorgelegt, sodass sie als umfassendes „Maßnahmenpaket“ mit seinen zahlreichen Interaktionen ganzheitlich betrachtet wurden¹ (Abbildung 4.2).

In Beurteilung der Szenarien anhand verschiedener Bewertungsdimensionen (Abbildung 4.3) wird in Form eines semantischen Differenzials gezeigt, wie die Studienteilnehmer*innen die drei Szenarien anhand verschiedener Kriterien bewerten. Während die Szenarien „**Bioökonomie am Tropf**“ und „**Bioökonomie-Inseln**“ ähnlich eingeschätzt werden, weicht die Beurteilung des Szenarios

„**Bioökonomie-Wende**“ in Verlauf und Ausmaß der Einschätzung deutlich von den beiden anderen ab.

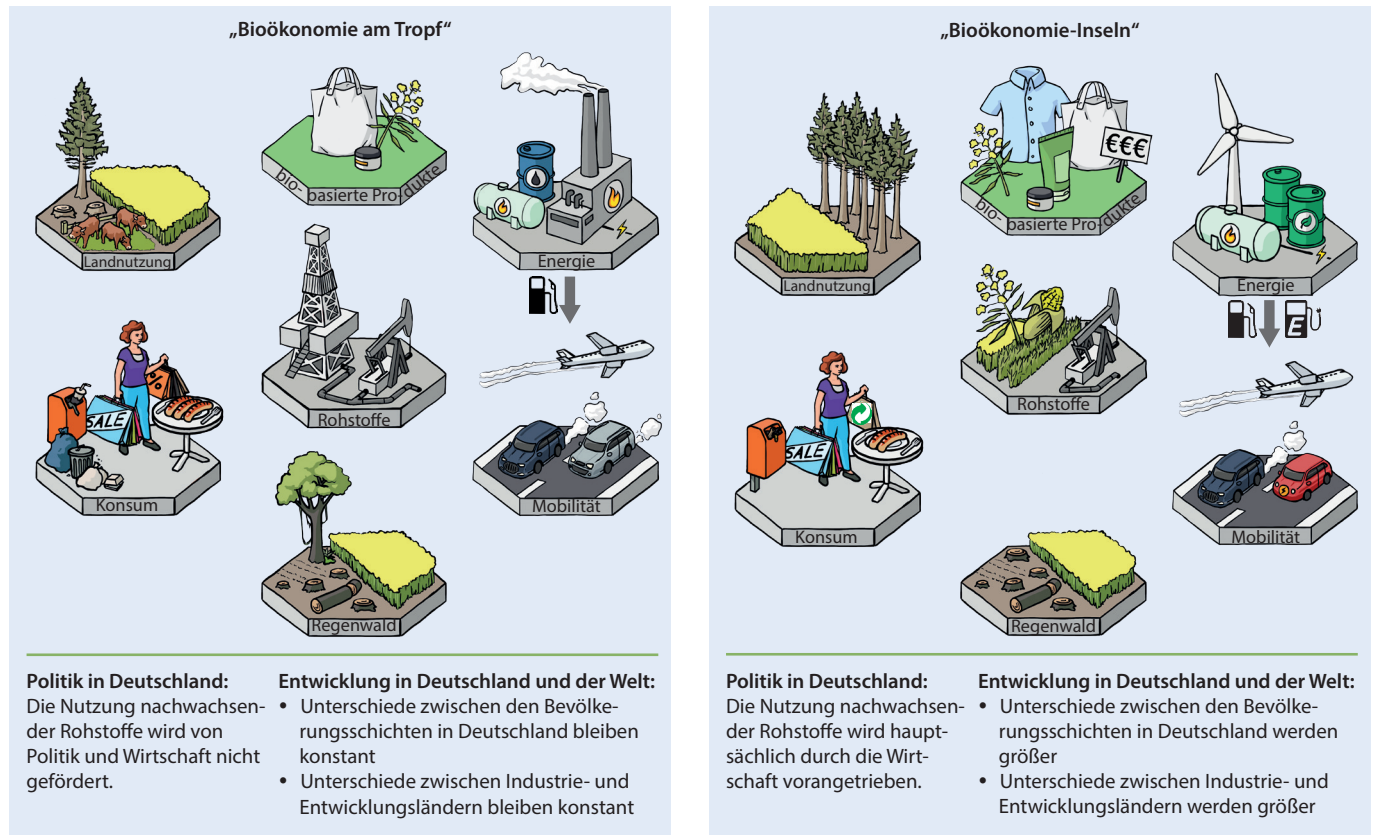
Das Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ wird überwiegend negativ beurteilt, d.h. die Mittelwerte liegen links der Mittellinie (Abbildung 4.3). Dieses Szenario ist aus Sicht der Studienteilnehmer*innen eher „rückständig“ und „nicht sozial“ und hat eine „beängstigende“ Wirkung. Die „**Bioökonomie-Inseln**“ werden in allen Bewertungsdimensionen des semantischen Differenzials negativ bis neutral bewertet. Das Szenario wird als „nicht sozial“ wahrgenommen und macht die Studienteilnehmer*innen eher „ärgerlich“. Bei der „**Bioökonomie-Wende**“ werden mit Ausnahme des Eigenschaftspaares „teuer – billig“ alle Bewertungsdimensionen positiv, d.h. rechts von der Mittellinie beurteilt, sodass die positiv bewerteten Eigenschaften den negativen Effekt von „teuer“ überwiegen.

Die Studienteilnehmer*innen wurden in einer offenen Frageform aufgefordert zu beschreiben, was ihnen an den verschiedenen Szenarien gefiel und was nicht. Dem Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ werden hauptsächlich negative Umwelteffekte zugeschrieben. Die am häufigsten wahrgenommenen Nachteile sind dessen belastende Auswirkungen auf die Umwelt und die Vermutung, dass der Klimawandel in diesem Szenario weiter verstärkt wird (Tabelle 4.1).

Die Studienteilnehmer*innen nehmen vor allem die konsumorientierte Lebensweise der Menschen, welche sie als Verschwendung von Energie und natürlichen Ressourcen empfinden, als umweltschädigend wahr. In der Wahrnehmung der Teilnehmer*innen wird diese Lebensweise durch gewinnmaximierende Unternehmensstrategien und durch eine fehlende, aber nötige politische Regulierung befeuert. Insgesamt wird das Szenario als nicht nachhaltig eingeschätzt.

¹ Die Beurteilung erfolgte in Rahmen einer Online-Befragung (n= 1.473) im Herbst 2019. Die Szenarien wurden anhand von interaktivem Bild- und Textmaterial für die Studienteilnehmer*innen erfassbar gemacht. Siehe Kapitel 7.

Abbildung 4.2: Visualisierung der Szenarien in der Onlinebefragung



„Mir gefällt natürlich nicht, wie mit den Ressourcen umgegangen wird und dass auch seitens der Politik nichts geschieht. Das heißt, keiner kümmert sich wirklich um die Probleme des Landes bzw. auch die Politiker sorgen nicht dafür, dass die Menschen umdenken.“

Besonders kritisch wird dabei gesehen, dass die Politik die Nutzung nachwachsender Rohstoffe nicht aktiv fördert. Dies wäre aber notwendig, um konkurrenzfähige

Alternativen für endliche fossile Ressourcen, insbesondere im Energiesektor, zu entwickeln. Das Fehlen umweltfreundlicher Innovationen, das heißt, der fehlende technische und gesellschaftliche Fortschritt ist der Grund für die überwiegend negative Beurteilung des Szenarios „Bioökonomie am Tropf“ (Tabelle 4.1).

Zu den wichtigsten Nachteilen des Szenarios „Bioökonomie-Inseln“ gehört die zunehmende soziale Ungleichheit

Fortsetzung Abbildung 4.2



innerhalb der deutschen Gesellschaft (Tabelle 4.1). Ein Auseinanderdriften in einerseits wohlhabende Bevölkerungsschichten, die sich teure bio-basierte Produkte leisten können, und andererseits in ärmere Schichten, die nicht über die finanziellen Möglichkeiten verfügen, um höherpreisige bio-basierte Produkte zu kaufen, ist für einen Großteil der Befragten nicht akzeptabel. Die soziale Gerechtigkeit ist für die Befragten bei der Beurteilung des

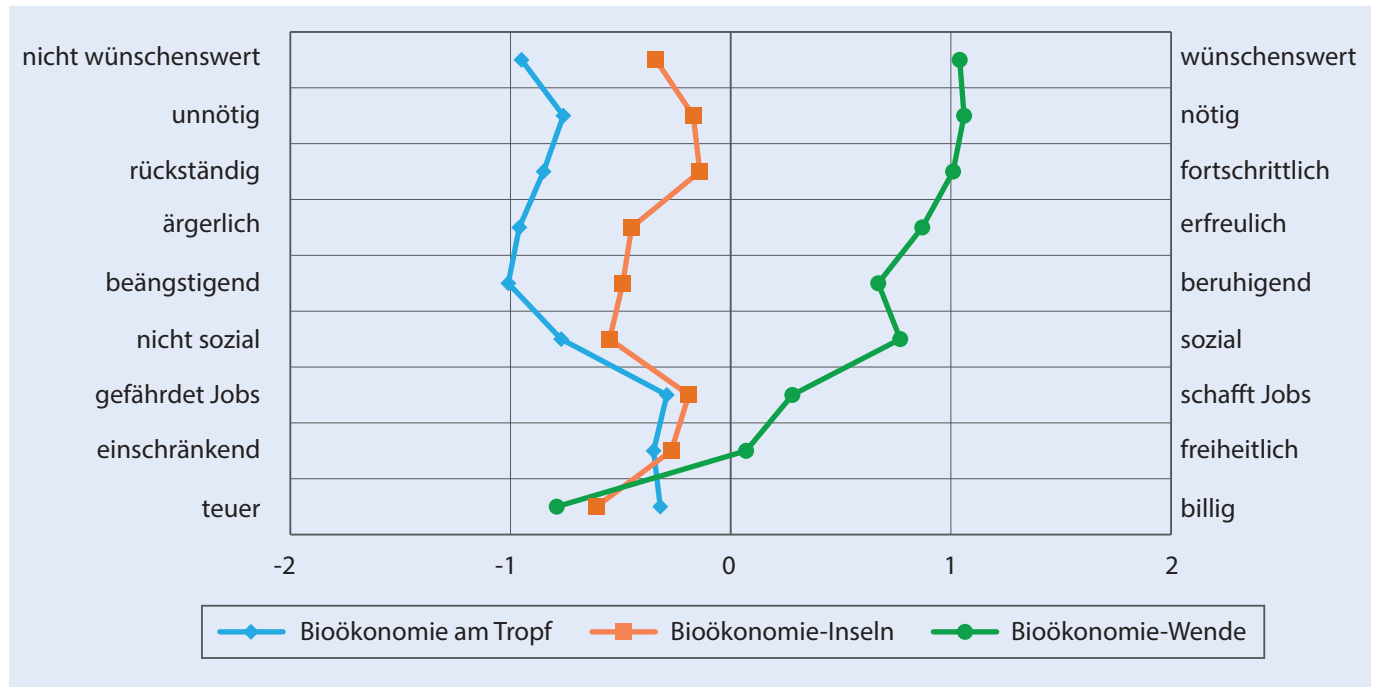
Zukunftsszenarios „**Bioökonomie-Inseln**“ ein wichtiger Aspekt. So wird auch von einem Großteil der Studienteilnehmer*innen kritisiert, dass die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland in diesem Szenario zulasten von Entwicklungsländern erfolgen würde: sei es aus Gründen der Verschiebung der negativen Umwelteffekte in diese Länder, sei es wegen ungerechter Handelsbedingungen beim Import der nachwachsenden Rohstoffe nach Deutschland oder wegen zunehmender Unterschiede zwischen Entwicklungs- und Industrieländern.

„Wir beuten quasi andere Länder aus, um unseren Lebensstil zu verwirklichen. Und lügen uns eine saubere Umwelt vor. Der Klimawandel macht aber nicht an der Grenze halt.“

Ein weiterer negativer Aspekt aus Sicht der Bevölkerung ist die Ausgestaltung der Mobilität in den „**Bioökonomie-Inseln**“. Neben der Kritik an dem Flugverkehr werden vor allem PKWs mit Elektro-Antrieb kritisch und nicht bedingungslos als nachhaltigere Alternative zum Verbrennungsmotor gesehen. Eine Umstellung des Individualverkehrs auf Elektro-Antrieb, während gleichzeitig das Flugverhalten unverändert bleibt, wird als unausgewogen eingeschätzt. Wenn das Ziel von mehr Umweltfreundlichkeit erreicht werden sollte, dann wäre ein limitierter Flugverkehr effektiver.

Während circa 80 % der Befragten solche negativen Aspekte des Szenarios nennen, nimmt etwa die Hälfte der Studienteilnehmer*innen auch positive Einschätzungen der „**Bioökonomie-Inseln**“ vor. So ist aus Sicht der Bürger*innen äußerst positiv zu bewerten, dass der Energiebedarf zum Großteil aus erneuerbaren Energien gedeckt wird. Diese werden als umweltschonender als fossile Energiequellen eingeschätzt und würden auch helfen, solche endlichen Ressourcen einzusparen.

Abbildung 4.3: Beurteilung der Szenarien anhand verschiedener Bewertungsdimensionen



„Erneuerbaren Energien: Wegen des Klimawandels brauchen wir heutzutage eine Alternative für die Fossilenergie-Quellen und die regenerativen Energiequellen sind die beste Alternative.“

Generell wird das Szenario von den Studienteilnehmer*innen als umweltfreundlich(er) beschrieben, da es nachhaltige Ansätze mit gering(er)en Umweltfolgen beinhalten würde. Individueller Lebensstil und industrieller Rohstoffbezug würden (mehr) der Umwelt gerecht. Die (teilweise) Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere bei der Herstellung bio-basierter Produkte, wird positiv gesehen. Die damit verbundene Zunahme der europäischen Waldflächen wird ausdrücklich befürwortet.

Aus Sicht der Bürger*innen wird das Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ als nachhaltig eingeschätzt (Tabelle 4.1). In dieser Zukunftsvision würden schädliche Umwelteinflüsse durch den Menschen auf nationaler und globaler Ebene deutlich verringert und der Klimawandel abgemildert. Dies hat positive Effekte auf die Lebensqualität der Menschen, insbesondere ihr Wohlergehen und ihre Gesundheit. Auch die nachhaltige Lebensweise mit bewusstem Konsumverhalten wird als positiv bewertet und als Teil eines „guten Lebens“ verstanden. Die Konvergenz der sozialen Schichten innerhalb Deutschlands wird als weiterer großer Vorteil des Szenarios angesehen, da Nachhaltigkeit und soziale Angleichung miteinander im Einklang stehen.

„... , dass Nachhaltigkeit so gefördert wird, dass soziale Härten ausgeglichen und vermieden werden, sowohl national als auch international, und dass unser ökologischer Erfolg weder auf Kosten der Entwicklungsländer erreicht wird, noch zu einer weiteren Umverteilung von unten nach oben führt. Zudem finde ich die staatliche Lenkungswirkung über Steuern zum Anschub der ökologischen Wende und des sozialen Ausgleichs unabdingbar.“

Drei Viertel der Studienteilnehmer*innen nehmen positive Bewertungen des Szenarios „**Bioökonomie-Wende**“ vor; lediglich 40 % nennen negative Aspekte des Szenarios (Tabelle 4.1). Es gibt keine klare Tendenz zur Beurteilung der Rolle der Politik bei der Entwicklung der „**Bioökonomie-Wende**“ seitens der Studien-

teilnehmer*innen. Einerseits wird eine aktive Rolle des Staates bei der Gestaltung der „**Bioökonomie-Wende**“ äußerst positiv und als Voraussetzung für die Entwicklung nachhaltiger Strukturen in allen Lebensbereichen gesehen. Begrüßt wird ein allgemeiner staatliche Gestaltungswille, aber auch eine Konsumgütersteuer auf Basis des ökologischen Fußabdruckes mit Kompensationsmechanismus an die Bevölkerung. Andererseits wird eine zusätzliche steuerliche Belastung der Bürger*innen deutlich kritisiert und der Mechanismus der Rückerstattung an sich bzw. in seiner Effektivität und Zielausrichtung angezweifelt. Aus Sicht der Bürger*innen müssen Wege für die Kompensation gefunden werden, welche auch Geringverdiener angemessen berücksichtigen.

Tabelle 4.1: Positive und negative Einschätzungen der Szenarien³

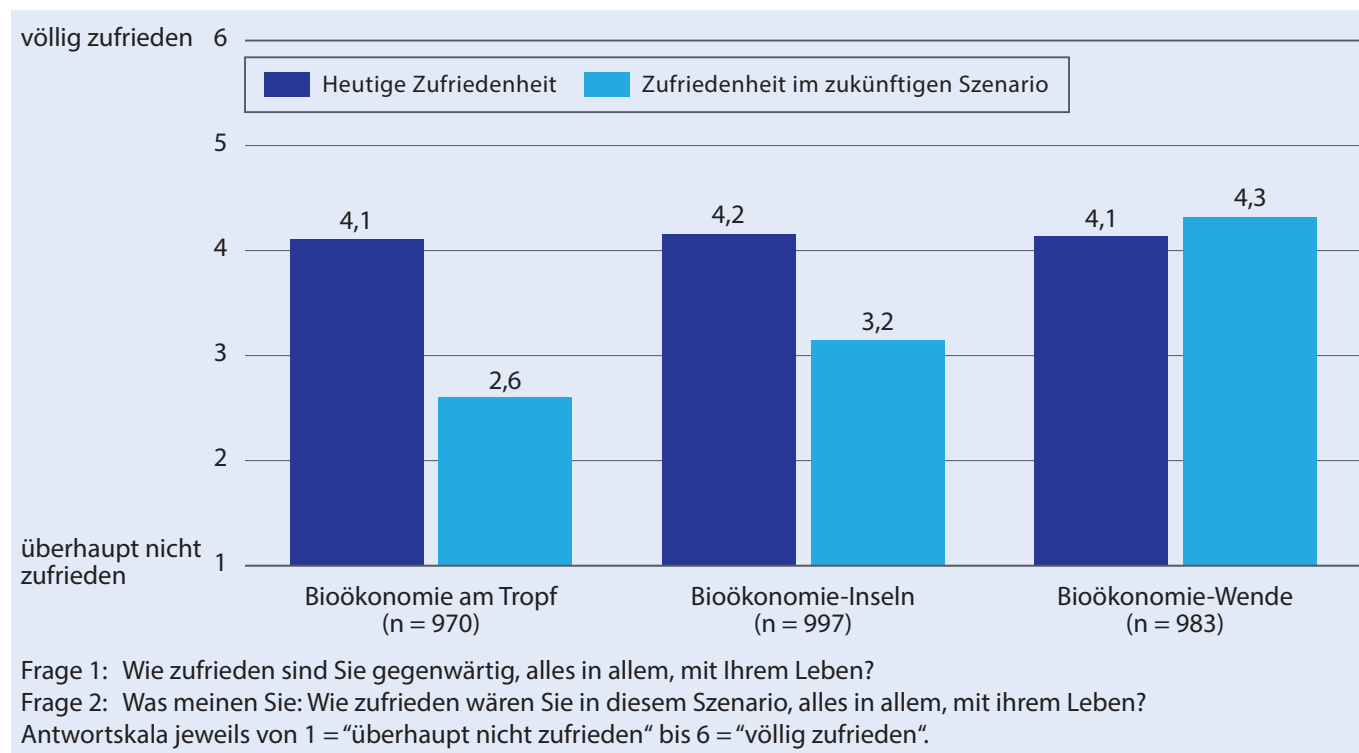
	Bioökonomie am Tropf	Bioökonomie-Inseln	Bioökonomie-Wende
Positive Einschätzungen	25 % ^a	49 % ^a	76 % ^a
	<ul style="list-style-type: none"> Stagnation, „Alles bleibt beim Alten“ Soziale Unterschiede in Deutschland bleiben konstant 	<ul style="list-style-type: none"> Energie Positive Umweltwirkungen Nutzung nachwachsender Rohstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> Positive Umweltwirkungen Soziale Unterschiede in Deutschland nehmen ab Aktive Rolle der Politik
Negative Einschätzungen	79 % ^a	78 % ^a	40 % ^a
	<ul style="list-style-type: none"> Negative Umweltwirkungen Passive Rolle der Politik Stagnation, „Alles bleibt beim Alten“ Konsumorientierte Lebensweise 	<ul style="list-style-type: none"> Soziale Unterschiede in Deutschland nehmen zu Landnutzung in Importländern Mobilität Teilweise konsumorientierte Lebensweise 	<ul style="list-style-type: none"> Verteuerung Aktive Rolle der Politik
^a Prozentualer Anteil der Studienteilnehmer*innen, die positive (negative) Einschätzungen der Szenarien angegeben haben. Frage: „Was gefällt Ihnen (nicht) an diesem Szenario für die Zukunft Deutschlands?“			

³ Offene Frage: „Was gefällt Ihnen (nicht) an diesem Szenario für die Zukunft Deutschlands?“ Auswertungsstrategie: Codierung der Transkripte durch Bildung von Antwortkategorien. 1 = Antwortkategorie wurde genannt, 0 = Antwortkategorie wurde nicht genannt. Auszählung der Häufigkeiten.

Aus individueller Sicht wird ein Zukunftsszenario im Wesentlichen danach beurteilt, wie es sich konkret auf das eigene Leben auswirkt bzw. wie sich das eigene Leben in dieser Zukunft gestaltet. Es ist davon auszugehen, dass mit steigender Zufriedenheit mit den individuellen Lebensumständen auch die Akzeptanz des Szenarios in seiner Gesamtheit steigt. Dies wird über die allgemeine Lebenszufriedenheit gemessen. Ein Vergleich der jetzigen Lebenszufriedenheit mit der subjektiv erwarteten Zufriedenheit in den drei Szenarien gibt Hinweise auf die Akzeptanzfähigkeit der Szenarien.

Da die Ausgangssituation in allen drei Szenarien identisch ist, ist auch die Zufriedenheit identisch. Während die Zufriedenheit bei den Szenarien „**Bioökonomie am Tropf**“ und den „**Bioökonomie-Inseln**“ signifikant zurückgeht, steigt sie im Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ leicht an (Abbildung 4.4). Diese Tendenz zeigt sich dann auch in der Benotung der Szenarien durch die Studienteilnehmer*innen. Im Mittel aller Befragten wird die „**Bioökonomie-Wende**“ mit einem gut (Note: 2,4) bewertet, die „**Bioökonomie-Inseln**“ erhält ein ausreichend (Note: 3,9) und „**Bioökonomie am Tropf**“ wird mit einem mangelhaft (Note: 4,6) beurteilt.

Abbildung 4.4: Zufriedenheit mit den Szenarien (Mittelwerte)

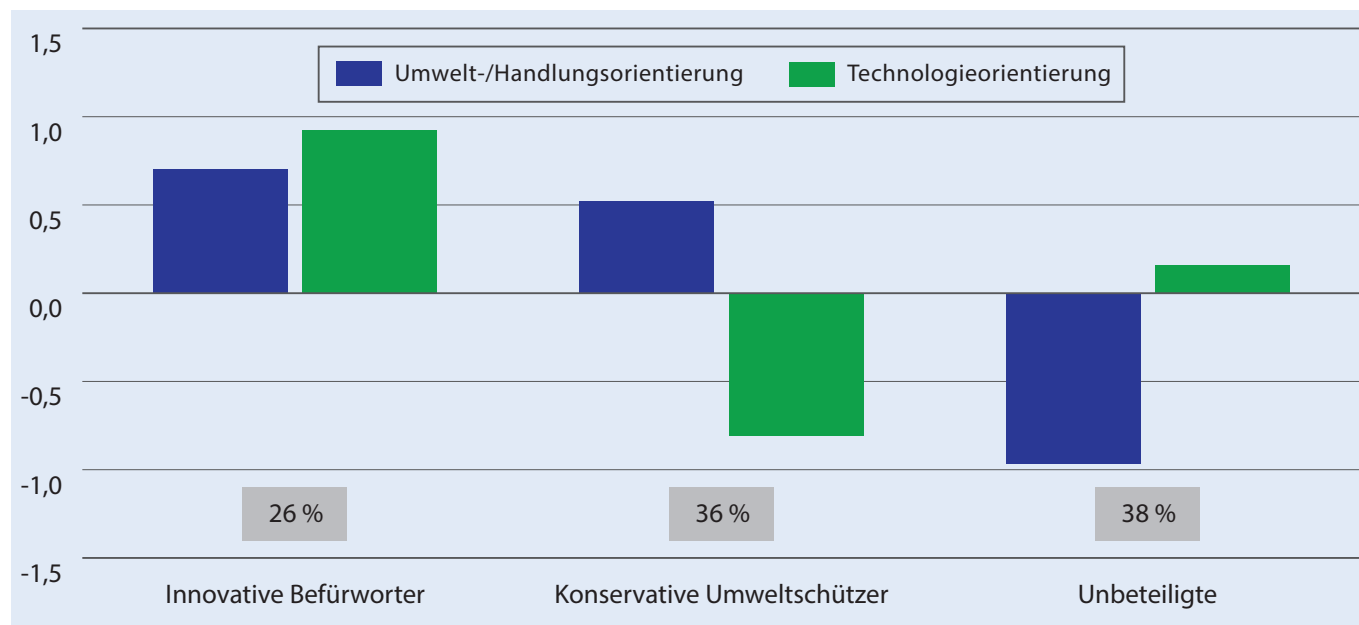


Die bisherige Ergebnisdarstellung nutzte immer die Mittelwerte, das heißt den Durchschnitt über alle Befragten. Es ist aber offensichtlich, dass die Einstellungen zur Bioökonomie und den damit verbundenen Änderungen innerhalb der Bevölkerung stark variieren. Geht man deshalb mehr ins Detail und untersucht man mögliche individuelle Bestimmungsgrößen für die Akzeptanz der verschiedenen Szenarien, zeigt sich, dass die grundsätzliche Einstellung der Befragten zur Bioökonomie großen Einfluss hat. Je mehr Wert darauf gelegt wird, dass natürliche Zusammenhänge in der Bioökonomie beachtet werden und dass Suffizienzstrategien verfolgt werden sollten, desto besser wird die „Bioökonomie-Wende“ beurteilt und entsprechend stärker akzeptiert. Personen, die wiederum die Bioökonomie eher anhand von

wirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Überlegungen beurteilen, bewerten das Szenario „Bioökonomie am Tropf“ tendenziell besser.

Zusätzlich zu der Analyse der drei möglichen Szenarien wurde die grundsätzliche Einstellung der Bürger*innen zur Bioökonomie bzw. zu verschiedenen Aspekten einer bio-basierten Wirtschaft untersucht. Dies erfolgte mithilfe von insgesamt elf Aussagen zur Bioökonomie. Auf dieser Grundlage wurden die Befragungsteilnehmer*innen in drei Gruppen eingeteilt. Diese Gruppen wurden entsprechend der vorherrschenden Meinung betitelt (Abbildung 4.5). So gibt es die Gruppe der „Innovativen Befürworter“ (26 %) eines technologiegestützten Wandels zur Bioökonomie, die Gruppe der „Konservativen Umweltschützer“ (36 %)

Abbildung 4.5: Bevölkerungsgruppen nach Einstellung zur Bioökonomie



und die Gruppe der „Unbeteiligten“ (38%). Die Zahlen in Klammern drücken die jeweilige Gruppengröße aus. Die Gruppe der „Innovativen Befürworter“ zeichnet sich dadurch aus, dass sie einen Handlungsbedarf für einen besseren Umweltschutz sehen und für die umfassende Nutzung innovativer Technologien sind. Die Gruppe der „konservativen Umweltschützer“ sieht ebenfalls einen Handlungsbedarf im Bereich des Umweltschutzes, steht neuen Technologien aber wesentlich kritischer gegenüber. Mitglieder dieser Gruppe tendieren eher dazu, Suffizienz zu befürworten. Diesen beiden Bevölkerungsgruppen ist gemein, dass sie einen gesamtgesellschaftlichen Umbau zu einer bio-basierten Wirtschaft unterstützen, die Unterschiede bestehen in den bevorzugten Instrumenten, diesen Weg zu erreichen. Die Gruppe der „Unbeteiligten“ sieht keinen besonderen Handlungsbedarf für den Umweltschutz. Interessant sind die soziodemografischen Daten dieser Gruppen: in der Gruppe der „konservativen Umweltschützer“ finden sich überproportional viele Frauen und weniger junge Menschen, dagegen ist in der Gruppe der „Befürworter“ der Anteil an Männern höher. In der Gruppe der „Uninteressierten“ ist der Anteil jüngerer Menschen höher als in den anderen Gruppen.

Kernelement des hier vorgestellten Projekts war die Erstellung von drei verschiedenen Szenarien für eine Bioökonomie im Jahr 2050. Die gewählte Vorgehensweise stellt Gesamtkonzepte in den Mittelpunkt der Betrachtungen und geht davon aus, dass einzelne Maßnahmen sich nicht unabhängig voneinander umsetzen lassen, sondern dass starke Interdependenzen bestehen. Eine wichtige Annahme im Insel-Szenario ist beispielsweise die effizientere Nutzung vorhandener Ressourcen, als eine Voraussetzung für die Reduktion der Emissionen aus der Verbrennung fossiler Treibstoffe. Die Szenarien basieren also auf einer engen Verzahnung verschiedener Teilaspekte der Bioökonomie. Das bedeutet vor allem, dass das eine nicht ohne das andere zu haben ist. Für das Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ heißt das z. B. auch, dass nur über die Reduktion des Fleischkonsums landwirtschaftliche Flächen zur Biomasseproduktion freigesetzt werden.

Daraus ergeben sich mehrere Zielkonflikte, die sich sowohl in den Modellrechnungen als auch in den verschiedenen Erhebungsschritten mit der Bevölkerung gezeigt haben. Auch wenn die Zielkonflikte nacheinander beschrieben werden, sind sie nicht voneinander unabhängig, sondern stark miteinander vernetzt.

Flächenkonkurrenzen

Die Erzeugung von Biomasse erfolgt überwiegend auf landwirtschaftlichen und forstlichen Flächen. Diese Flächen sind begrenzt, sodass Nutzungskonkurrenzen die Folge sind. Im Folgenden werden die Flächennutzungskonkurrenzen vorgestellt, die im Rahmen der Stakeholderprozesse und der Untersuchungen der Bevölkerung von Bedeutung waren. Bei einigen Zielkonflikten zeichnen sich Lösungsmöglichkeiten ab, die dann jedoch oft wieder zu anderen Zielkonflikten führen.

• *Tank versus Teller versus Trog*

Aufgrund der Flächenkonkurrenz können Konflikte zwischen der ausreichenden Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln und der Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche und energetische Nutzung für die Bioökonomie entstehen. Es stellt sich die Frage wie die begrenzte landwirtschaftliche Nutzfläche für

- ♦ Nahrungsmittelpflanzen für eine pflanzliche menschliche Ernährung,
- ♦ Futtermittelpflanzen für die tierische Ernährung,
- ♦ Nutzpflanzen für die bio-basierte Industrie und für die Bereitstellung von Bioenergie

aufgeteilt werden soll.

Lösungsansätze sind erstens technologischer Natur: Effizienzsteigerungen in der Landwirtschaft führen zu einer Steigerung der Erträge auf der vorhandenen Nutzfläche; Innovationen im Recycling (CO₂ als Rohstoff) und in der Kaskadennutzung führen zu einer verminderten Nachfrage nach bio-basierten Rohstoffen. Zweitens führen Verhaltensänderungen, wie eine effizientere Nutzung der zur menschlichen Ernährung vorhandenen Rohstoffe (Stichwort: Reduktion des Fleischkonsums) und die Mehrfachnutzung von Gütern des täglichen Bedarfs zu einem geringeren Verbrauch. Drittens können Flächenkonkurrenzen durch die Ausweitung der land- und forstwirtschaftlichen genutzten Fläche im Inland vermindert werden. Eine Deckung der Rohstoffnachfrage über zunehmende Importe ist aufgrund der Konsequenzen in Exportländern aus gesellschaftlicher Sicht nicht akzeptabel.

• *Bio-basierte Produkte vs. Bioenergie*

Eine ähnliche Konkurrenzsituation besteht auch innerhalb der Nutzungsgruppen. Wie gezeigt, ist die Fläche

begrenzt und nach Zuweisung der Fläche für die Biomasseerzeugung besteht eine weitere Nutzungskonkurrenz zwischen der Erzeugung von Rohstoffen für die stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse.

Auch hier könnte eine Effizienzsteigerung Abhilfe schaffen. Weiterhin kann die Nutzung bspw. von Biokraftstoffen erster Generation, die überwiegend aus pflanzlichen Rohstoffen gewonnen werden und die in direkter Konkurrenz zum Konsum als Nahrungsmittel stehen, politisch begrenzt oder sogar verboten werden. Hingegen wird die Nutzung von Biokraftstoffen der zweiten oder späteren Generationen verstärkt gefördert. Wie gezeigt wurde, ist die Biomasse nicht die einzige Alternative für fossilen Kohlenstoff. Aus Recycling oder aus neuen Technologien gewonnener Kohlenstoff kann die Nachfrage nach Biomasse als Rohstoff für chemische Industrie weiter reduzieren. Im optimalen Fall wird Biomasse als Rohstoff nur dann eingesetzt, wenn deren besondere Eigenschaften gefragt sind. Um das zu erreichen, müssen das Recycling und die Kaskadennutzung stärker gefordert und gefördert werden und die Umsetzung neuer Technologien attraktiver gemacht werden.

Gesellschaftliche Zielkonflikte

Aus gesellschaftlicher Sicht bestehen zahlreiche Zielkonflikte, die nachfolgend beschrieben werden.

- ***Biomassenutzung versus fossil-basierte Produkte***

Bio-basierte Produkte weisen oft höhere Preise auf als deren aktuelle auf Basis fossiler Rohstoffe erzeugte Äquivalente. Auch eine mögliche Konsumgütersteuer, eine Lenkungssteuer, die auf Produkte mit einem besonders hohen Ressourcenverbrauch (oder die hohe Nutzung fossiler Rohstoffe) erhoben wird, führt zu einer Preissteigerung.

Unter höheren Verbraucherpreisen leiden vor allem sozial schwächere Bevölkerungsteile, sodass eine (zunehmende) gesellschaftliche Spaltung erfolgen könnte.

Der Zielkonflikt könnte über einen Ausgleich von sozialen Ungleichheiten bzw. sozialen Härten über entsprechende Kompensationszahlungen aufgelöst werden.

- ***Landumbruch versus Klimaschutz***

Eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche für den Anbau von Rohstoffen für die menschliche und tierische Ernährung und für die Biomassegewinnung zulasten tropischer Regenwälder oder von Grünlandflächen wird zu Kohlenstoffbestandsverlusten und zur Erhöhung der Treibhausgasemissionen führen und damit die Klimaziele konterkarieren. Um dies zu verhindern, sollen aufeinander abgestimmte Maßnahmen zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme, wie z. B. ein verstärktes Flächenrecycling, die Steigerung der Ressourceneffizienz sowie die vermehrte Nutzung von Abfall- und Reststoffen, eingeführt werden.

- ***Intensive Anbautechniken versus Umweltschutz***

Produktionssteigerungen zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit der Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen können in Konflikt mit Umwelt- und Naturschutzziele stehen. So ermöglichen Monokulturen und der ertragssteigernde Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln zwar höhere Biomasse-Erträge, gehen aber gleichzeitig zulasten der Biodiversität.

- ***Verdrängung fossil-basierter Wirtschaftszweige versus arbeitsmarktpolitische Ziele***

Die Verdrängung von fossil-basierten Wirtschaftszweigen durch bio-basierte Alternativen hat Umverteilungseffekte

auf dem Arbeitsmarkt zur Folge. Während auf gesamtwirtschaftlicher Ebene eine Kompensation der verloren gehenden Arbeitsplätze in dem einem Sektor durch neue Arbeitsplätze in anderen Sektoren möglich ist, sind auf regionaler bzw. lokaler Ebene auch negative Effekte zu erwarten. Der wirtschaftliche Strukturwandel in den betroffenen Regionen kann politisch unterstützt werden, indem die Bedingungen für die Entstehung neuer Arbeitsplätze, u.a. im Bereich Bioökonomie, gefördert werden.

- ***Nord-Süd-Zielkonflikte***

In diesem Zielkonflikt geht es um die Frage, ob die Bioökonomie in Deutschland relativ teure Biomasse aus europäischem Anbau oder, falls verfügbar, günstigere Importbiomasse verwenden sollte. Importbiomasse erhöht den Exportanteil von Entwicklungs- und Schwellenländern und generiert dort zusätzliches Einkommen, ist möglicherweise aber mit negativen Effekten für die Ernährungssicherung in den Erzeugungsländern verbunden. Auch sind durch zunehmende Intensivierung negative Umwelteffekte in den Lieferländern zu befürchten. Ein Ausweichen auf europäische Biomasse würde dagegen die Produkte für europäische Konsumenten verteuern.

Die drei Szenarien einer Bioökonomie im Jahr 2050 sind drei von nahezu unendlich vielen Möglichkeiten zukünftiger Entwicklungen Deutschlands. Um die Konsequenzen nicht vorhersehbarer Entwicklungen abschätzen zu können, war eine Festlegung auf beispielhafte, aber plausible Kombinationen einzelner Elemente erforderlich. Dies ist über die gewählten Szenarien erfolgt. Das Besondere an dem gewählten Ansatz ist, dass über die Stakeholderprozesse und -panels auch die Perspektiven und Ansichten verschiedener gesellschaftlicher Interessengruppen berücksichtigt wurden. Grundsätzlich hätten also auch andere Szenarien entwickelt und modelliert werden können. Ziel war das Ausleuchten eines möglichst weiten Raums an Möglichkeiten, um so einerseits wichtige Handlungsbereiche und andererseits gesellschaftliche Zielkonflikte herauszuarbeiten.

Die Szenarien stellen somit keine Prognosen dar. Sie geben vielmehr Strukturen vor, die den Raum bieten, über mögliche zukünftige Entwicklungen nachzudenken und zu diskutieren. Darüber hinaus zeigen sie auf, welche Schritte wie gestaltet werden müssen, um eine wünschenswerte Entwicklung zu einer Bioökonomie in Deutschland einzuleiten.

Die gewählte Vorgehensweise stellt Gesamtkonzepte in den Mittelpunkt der Betrachtungen und geht davon aus, dass die einzelnen Maßnahmen sich nicht unabhängig voneinander umsetzen lassen, sondern dass starke Interdependenzen bestehen. Eine wichtige Annahme im „**Bioökonomie am Tropf**“-Szenario ist beispielsweise die effizientere Nutzung vorhandener Ressourcen, als eine Voraussetzung für die Reduktion der Emissionen aus der Verbrennung fossiler Treibstoffe. Die Szenarien bestehen also in einer engen Verzahnung verschiedener Teilaspekte der Bioökonomie. Das bedeutet, dass das eine nicht ohne das andere zu haben ist.

Der Ansatz dieses Projektes, mit Gesamtbildern statt mit Einzelaspekten zu arbeiten, stellt eine große Herausforderung für die wissenschaftliche Gemeinschaft dar, die komplexe Zusammenhänge gerne auf Einzelaspekte reduziert. Diese Reduktion auf Einzelaspekte ist in der Regel erforderlich, um eine möglichst exakte Wirkungsanalyse zu erstellen. Im Falle dieses Forschungsprojektes lag der Fokus jedoch auf dem „**Ganzen**“, weil die einzelnen Maßnahmen in der Realität eben nicht alleine, sondern nur als Teil des Ganzen wirken.

Das Szenario „**Bioökonomie-Wende**“ kann als Szenario angesehen werden, in dem der gesellschaftliche Wandel zur Bioökonomie gelungen ist und fossile Rohstoffe weitgehend ersetzt sind. Wichtiger Bestandteil vor allem dieses Szenarios ist die Nutzung aller (!) vorhandenen Möglichkeiten zur Reduktion des Bedarfs und der Verluste an Energie und Biomasse. Kreislauf-basierte Prozesse stellen eine wichtige Stellschraube des Erfolges dieses Szenarios dar. Gleichzeitig müssen neue Technologien zielgerichtet eingesetzt werden. Innerhalb des Projektes wurde deutlich, dass Technologiesprünge unerlässlich sind, um ein Szenario wie das Wende-Szenario Realität werden zu lassen. Diese Technologiesprünge sind nicht vorhersehbare Entwicklungen, die aufgrund der überaus dynamischen Entwicklung in vielen technologischen Bereichen (Digitalisierung) durchaus möglich und zu erwarten sind. Ein Beispiel für einen Technologiesprung könnte die Nutzung des Kohlenstoffs aus dem CO₂ der Luft sein. Bisher sind die entsprechenden Verfahren sehr energieintensiv. Eine technologieoffene Gesellschaft ist dabei grundlegend für die Entwicklung und Anwendung zukunftsweisender Technologien.

Das Wende-Szenario mag als romantisches Szenario angesehen werden: Es könnte als gesamtgesellschaftliches „**Wunschscenario**“ interpretiert werden. Deutlich wird aber gerade bei dem hier gewählten ganzheitlichen

Ansatz, dass eine entsprechende „Wende“ nur durch einen gesamtgesellschaftlichen Bewusstseinswandel erreicht werden kann. Denn „Verzicht“ ist ein wichtiges Element dieses Szenarios: Verzicht auf Konsumoptionen, weitgehender Verzicht auf Flugreisen und Reduktion des Fleischkonsums. All dies setzt ein grundlegendes Bewusstsein für die Umweltwirkungen des menschlichen Handelns und die Übernahme von Verantwortung eines jeden Einzelnen voraus.

Im Szenario „**Bioökonomie-Inseln**“ sind einzelne Aspekte einer Bioökonomie umgesetzt, andere nicht, es fehlt ein ganzheitliches Konzept. In diesem Szenario wurden stark ausgeprägte gesellschaftliche Ungleichheiten angenommen, in deren Umfeld sich die „**Bioökonomie-Inseln**“ entwickeln. Diese Spaltung wird durch die Verteuerung wichtiger Warengruppen verstärkt. Diese Zunahme gesellschaftlicher Unterschiede wurde von den Stakeholdern und von der befragten Bevölkerung stark thematisiert und ausdrücklich abgelehnt. Eine Bioökonomie in Deutschland kann sich damit nur (weitgehend) konfliktfrei ausbilden, wenn solchen Ungleichheiten von Seiten der Politik entgegengewirkt werden.

Das Szenario „**Bioökonomie am Tropf**“ entspricht in vielen Bereichen der Ausgangssituation im Jahr 2015. Viele Möglichkeiten bleiben ungenutzt, während einzelne Maßnahmen in Richtung Bioökonomie umgesetzt werden. Durch das mangelnde oder geringe Engagement von Politik und Wirtschaft entwickelt die Bioökonomie jedoch keine selbsttragende Eigendynamik.

Die vorgestellten Ergebnisse und Analysen zeigen, dass eine „**Bioökonomie-Wende**“, eine umfassende Substitution fossiler Rohstoffe einen drastisch verminderten Verbrauch fossiler Rohstoffe bei effizienterem Einsatz von Biomasse, weitreichende Konsequenzen für alle Produktions- und Lebensbereiche haben wird. Aus diesem

Grund ist es unabdingbar, Meinungen und Einstellungen der Bevölkerung zu kennen, um darauf eine zielgerichtete Kommunikation aufzubauen. Fast 40 % der Bevölkerung können nach den hier vorgestellten Untersuchungen als unbeteiligt bezeichnet werden. Das bedeutet, dass diese Bevölkerungsgruppe die Notwendigkeit eines Übergangs zu einer Bioökonomie derzeit nicht sieht. In dieser Gruppe finden sich mehr jüngere Menschen als in anderen Gruppen. Die anderen 60 % der Bevölkerung unterstützen einen gesamtgesellschaftlichen Umbau hin zu einer Bioökonomie. Sie unterscheiden sich jedoch in jene, die die umfassende Nutzung neuer und innovativer Technologien befürworten und jene, die neuen Technologien kritischer gegenüber stehen und bereit sind, stärker persönlich zu verzichten.

Die in dieser Broschüre vorgestellten Analysen zu drei ausgewählten Szenarien liefern eine Grundlage für die wichtige Diskussion um den erforderlichen technologischen und gesellschaftlichen Wandel, sowie die Herausforderungen für Politik, Wirtschaft und Bürger*innen bzw. Verbraucher*innen.

Der Politik kommt eine herausragende Rolle für einen gesellschaftlichen Wandel zu einer Bioökonomie zu, die auch weitreichende Maßnahmen nicht scheut. Verschiedene Politikbereiche müssen zusammenspielen, um kohärente, übergreifende Politikkonzepte zu entwickeln. Dies erfordert einen breiten gesellschaftlichen Konsens.

Die hier vorgestellten Ergebnisse beschränken sich überwiegend auf Deutschland und betrachten globale Zusammenhänge nur, soweit dies für die Konsistenz der Analysen erforderlich war. Selbstverständlich kann eine bio-basierte Wirtschaftsweise in Deutschland die globalen Herausforderungen nicht alleine lösen. Daraus ergibt sich ein Diskussions- und Forschungsbedarf auf der europäischen und der globalen Ebene.

7 Methodische Aspekte der Szenarientwicklung

Die im Rahmen des Projekts entwickelten Szenarien beschreiben mögliche zukünftige Entwicklungspfade hin zu einer bio-basierten Wirtschaft. Der Fokus liegt auf Deutschland und berücksichtigt gleichzeitig internationale Auswirkungen. Bei der Entwicklung der Szenarien war es besonders wichtig, dass sie gesamtgesellschaftliche Perspektiven widerspiegeln, die die gesellschaftliche Akzeptanzfähigkeit berücksichtigen.

Storylines

Die Szenarien basieren methodisch auf dem „Story and Simulation“ (SAS) Ansatz (Alcamo J, 2008). Durch eine schrittweise Zusammenarbeit entwickelt ein Szenario-Panel aus Stakeholdern mit Wissenschaftlern gemeinsam Szenarien, die qualitative und quantitative Elemente vereinen. Die qualitativen Bestandteile dieser Szenarien beschreiben Storylines möglicher zukünftiger Entwicklungspfade der deutschen Wirtschaft. Diese Narrative bilden Sichtweisen verschiedener Stakeholder und Wissenschaftler gleichzeitig ab (Alcamo J, 2008). Sie dienen so als kommunikative Brücke zwischen Wissenschaftlern und Interessengruppen und beziehen das beiderseitige umfangreiche Wissen über technologische und wirtschaftliche Entwicklungen explizit mit ein.

In wiederholten Diskussionsrunden mit den Interessengruppen wurde sichergestellt, dass die entwickelten Szenarien für Entscheidungsträger, Wissenschaftler, Planer und Praktiker gleichermaßen relevant und in sich konsistent sind.

Um die internationalen Auswirkungen und Wirkungsverflechtungen mit der deutschen Wirtschaft einbeziehen und zu berücksichtigen, wurde in einem „Fitting-Prozess“ nach übergeordneten Konzepten gesucht, die den BEPASO-Storylines möglichst weitgehend entsprechen

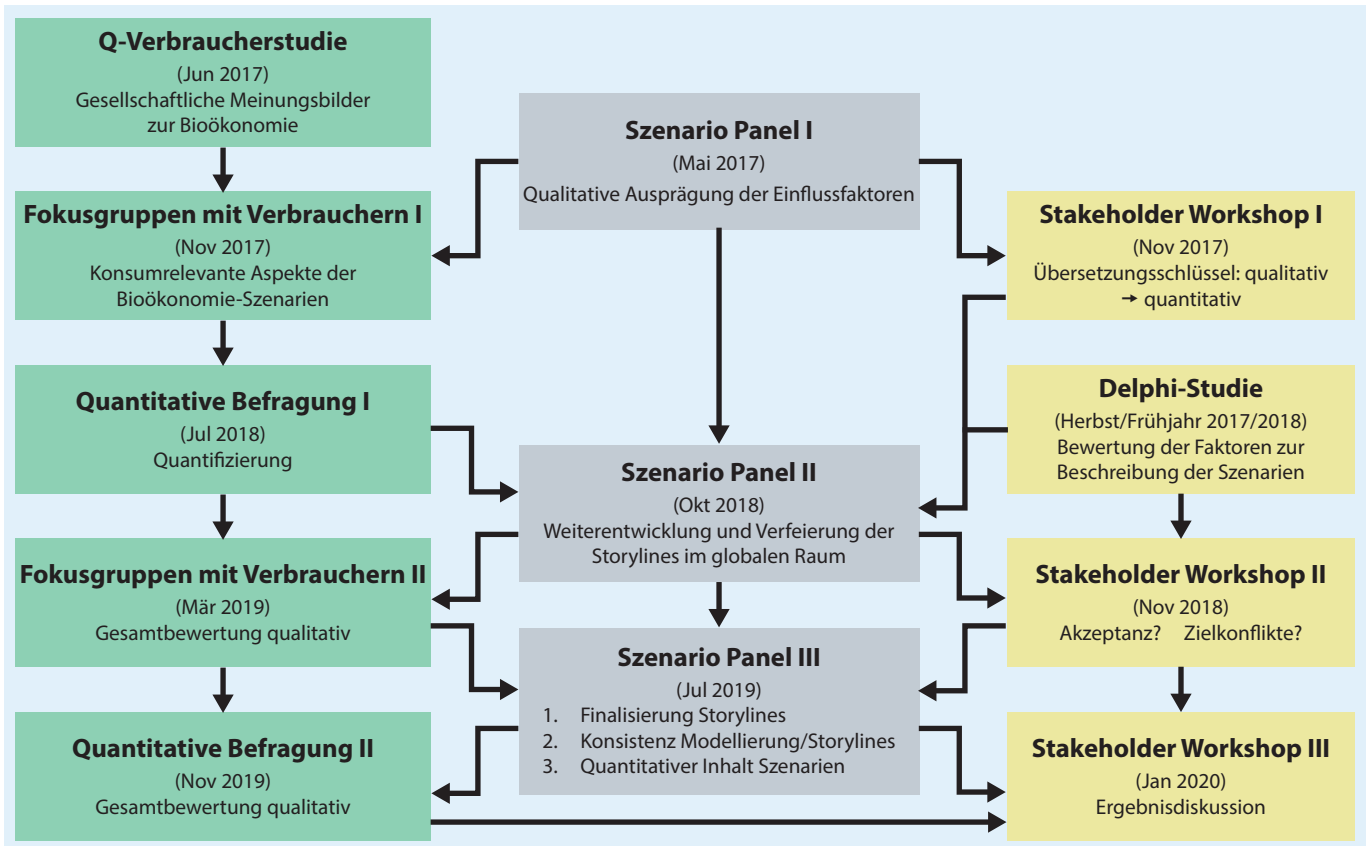
und die Datengrundlage der Modelle ergänzten. Dabei wurde bei der konkreten Umsetzung der BEPASO-Storylines in modell-basierte Szenarien auf die Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 1, 2 und 4 (O’Neill et al., 2012) zurückgegriffen. Dies gilt insbesondere auf die Projektionen zur Entwicklung der Bevölkerung oder des Volkseinkommens. Es wurden die SSP’s (Shared Socioeconomic Pathways) 1, 2 und 4 (O’Neill et al., 2017) herangezogen.

Szenario-Panels

Die partizipative und transdisziplinäre Entwicklung der Storylines erfolgte in Form von „Szenario Panels“, die dreimal während der Projektlaufzeit stattfanden. Hierzu wurden Vertreter*innen der Wirtschaft, der Politik, aus dem akademischen Bereich, der Verbraucher*innen und verschiedener Interessenverbände ausgewählt und zu jeweils dreitägigen Workshops eingeladen. Die Gesamtzahl der Teilnehmer*innen war auf 10 bis 15 Personen begrenzt, um einen kreativen Diskussionsprozess zu ermöglichen.



Abbildung 7.1: Zeitlicher Ablauf der Szenarientwicklung und Verbraucher-/Stakeholderprozesse



Das erste Szenario-Panel im Mai 2017 diente der Entwicklung von drei Zukunftsbildern zur Entwicklung der Bioökonomie in Deutschland. Dabei wurden auch Anpassungen der wirtschaftlichen Struktur berücksichtigt, die notwendig sind, um die spezifischen Bioökonomie-Szenarien bis zum Jahr 2050 zu realisieren. Für die drei Zukunftsbilder wurden qualitative Zustandsvariablen definiert, die die jeweilige Entwicklung der deutschen Bioökonomie zu den Zeitpunkten 2035 und 2050 beschreiben.

Das zweite und dritte Szenario-Panel in den Jahren 2018 und 2019 dienten der weiteren Differenzierung der Zustandsvariablen und Überprüfung der internen Konsistenz der Storylines. Dabei kamen sowohl die quantitativen Modellergebnisse als auch Ergebnisse aus den Feedbackprozessen mit Stakeholdern und Verbraucher*innen zur Anwendung. Durch diesen Austausch zwischen Modellierern und anderen Experten*innen mit Stakeholdern und Verbraucher*innen

konnten im Ergebnis wissenschaftlich plausible Szenarien generiert werden.

Stakeholder-Prozesse

Im Rahmen von drei **Stakeholder-Workshops** wurden die im Szenario-Panel entwickelten Storylines einer breiteren Teilnehmergruppe vorgestellt. Im ersten Workshop im Jahr 2017 wurden die qualitativen Einflussfaktoren der Storylines in quantitative Ausprägungen übersetzt. Dies bedeutete z.B. die Einflussfaktoren „Bevölkerungswachstum“ oder „Fleischkonsum“, die in den Storylines qualitativ als „schwach“, „mittel“, oder „stark“ beschrieben wurden, in prozentuale Wachstumsraten zu transformieren. Dies war Grundlage für die Modellierung der Storylines. Im zweiten und dritten Workshop (2018 und 2020) wurde die Akzeptanzfähigkeit der entwickelten Storylines und Szenarien diskutiert.

Im Rahmen einer mit Stakeholdern durchgeführten **Delphi-Studie** bewerteten die Teilnehmer*innen die Relevanz der einzelnen, die Szenarien bestimmenden, Einflussfaktoren. Neben den bereits vom Szenario-Panel entwickelten Faktoren wurden von den Stakeholdern auch neue Faktoren in die weitere Entwicklung der Szenarien eingebracht.

Verbraucher-Prozesse

Durch Kombination qualitativer und quantitativer Methoden der empirischen Sozialforschung wurden die Wahrnehmung der Bioökonomie und die Einschätzung der spezifischen Bioökonomie-Zukunftsbilder durch die Bevölkerung untersucht.

Unter Verwendung eines semi-quantitativen Ansatzes (Q-Methodology) wurden die Einstellungen der

Bevölkerung zur Bioökonomie ermittelt. Hierfür wurden 45 Einzelinterviews mit Bürger*innen durchgeführt, in denen die Teilnehmer*innen zu ihren Einstellungen mit einem Set von 56 Aussagen zur Bioökonomie befragt wurden. Mittels einer Faktorenanalyse wurden Personen mit ähnlichem Antwortverhalten bzw. Einstellungen zum Thema Bioökonomie schließlich in drei Gruppen zusammengefasst.

Qualitative **Fokusgruppen** ermöglichten durch intensive Diskussionen von jeweils 8 bis 10 Teilnehmer*innen die Erfassung des gesamten Meinungsspektrums zur Bioökonomie. In einer nahezu natürlichen Gesprächssituation wurden Einzelansichten begründet dargestellt und zunehmend präzisiert. Diese im Vergleich zum Einzelinterview realitätsnäheren Ergebnisse lieferten wichtige Inputs für zwei Szenario-Panels und dienten zur Vorbereitung unserer Online-Befragungen.

Zwei quantitative **Online-Befragungen** wurden durchgeführt, um die Bioökonomie-Szenarien von einer großen Zahl an Bürger*innen bewerten zu lassen. Die Befragungsteilnehmer*innen wurden nach soziodemografischen Quoten aus einem Online-Access-Panel ausgewählt (977 bzw. 1.500 Befragte). Mit Hilfe von interaktiven Bildern wurden die entwickelten Szenarien visualisiert und so verständlich aufbereitet, dass eine Bewertung durch „Laien“ möglich wurde. Wichtige Bewertungskriterien waren dabei u. a. subjektiv empfundene Vor- und Nachteile der Zukunftsbilder, ein potenzieller Einfluss auf die persönliche Lebenszufriedenheit sowie die Akzeptanz der Szenarien.

Modell-basierte Quantifizierung

Die quantitativen Elemente der Szenarien flossen in die Anwendung verschiedener Landnutzungs- und

ökonomischer Modelle ein. Diese Modelle bilden Veränderungen der globalen Landnutzung, Veränderungen auf Holz-, Agrar- und Energiemärkten sowie ökologische Fußabdrücke ab. Über eine modell-basierte Quantifizierung wurden Kennzahlen für die einzelnen Szenarien berechnet.

Es wurde ein Verbund von Modellen¹ aus LandSHIFT, BENSIM/BENOPT, GFPM und MAGNET aufgebaut. Dadurch werden die Auswirkungen der deutschen Biomassenutzung auf die globale Landnutzung räumlich abgebildet. Auswirkungen des Klimawandels werden über die Simulation von Ernteerträgen und der Netto-Primärproduktion von Grünland und Wäldern in LandSHIFT berücksichtigt.

Ausgehend von den berechneten globalen Landnutzungskarten und Handelsströmen werden mögliche ökologische Folgen über den Ackerflächen- und Forstfußabdruck berechnet und bewertet.

GFPM und MAGNET erfassen die energetische und stoffliche Nutzung von biogenen Rohstoffen aus der Forstwirtschaft sowie der Land- und Ernährungswirtschaft. Beide Modelle können die Entwicklung von Rohstoffpreisen und Rohstoffnachfragen im gesamtökonomischen Kontext simulieren.

Das globale Landnutzungsmodell LandSHIFT dient der räumlichen und zeitlichen Simulation von Landnutzung. Modellierete Änderungen ergeben sich aus Preisänderungen von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von Energiepflanzen.

Das Modell BENSIM/BENOPT simuliert die Wettbewerbsfähigkeit verschiedener Bioenergieformen (Kraftstoff bzw. Strom und Wärme) bei gegebenem Primärenergieangebot. Die Ergebnisse zeigen, welche Energieform unter den jeweiligen Rahmenbedingungen zu den niedrigsten Preisen bereitgestellt werden kann, bzw. welche Optionen optimal zur THG-Minderung beitragen können und wie Biomasse kostenoptimal eingesetzt wird.

Literatur

- Alcamo J (2008): The SAS Approach: Combining Qualitative and Quantitative Knowledge in Environmental Scenarios. Chapter 6 in: Alcamo J (Ed.) 2008. Environmental Futures: The Practice of Environmental Scenario Analysis. Elsevier. 123-148
- O'Neill BC, Kriegler E, Ebi KL, Kemp-Benedict E, Riahi K, Rothman DS, van Ruijven BJ, van Vuuren DP, Birkmann J, Kok K, Levy M, Solecki W (2017): The roads ahead: narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century, *Global Environ. Change*, 42:169-180, doi 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004

1 LandSHIFT: Land Simulation to Harmonize and Integrate Freshwater Availability and the Terrestrial Environment;
BENSIM/BENOPT: BioEnergy Simulation Model;
GFPM: Global Forest Products Model;
MAGNET: Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool.



Thünen-Institut für Marktanalyse, Braunschweig (Koordination)

- Prof. PD Dr. Martin Banse
- Dr. Corinna Hempel
- Dr. Viktoriya Sturm
- Dr. Sabine Will
- Prof. Dr. Katrin Zander



Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie

- Christian Morland, M. Sc.
- Franziska Schier, Dipl.-Ing.
- Dr. Holger Weimar



CESR – Center for Environmental Systems Research

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

- Apl. Prof. Dr. Rüdiger Schaldach
- Jan Schüngel, Dipl.-Systemwiss. u. Dipl.-Ing.
- Dr. Jan Göpel
- Prof. Dr. Stefan Bringezu
- Vincent Egenolf, M. Sc.
- Rebekka Hufner, M. Sc.



DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

- Dr. Nora Szarka
- Henryk Haufe, M. Sc.

UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

- Frazer Musonda, M. Sc. B. eng.
- Dr.-Ing. Markus Millinger
- Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH

- Dr. Stephan Piotrowski
- Lara Dammer
- Tatevik Babayan, M. Sc.
- Asta Partanen
- Aaron Wilde

Herausgeber

BEPASO-Konsortium
c/o Thünen-Institut für Marktanalyse
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
martin.banse@thuenen.de

Stand

August 2020

Zitationsvorschlag

Banse M, Zander K, Babayan T, Bringezu S, Dammer L, Egenolf V, Göpel J, Haufe H, Hempel C, Hübner R, Millinger M, Morland C, Musonda F, Partanen A, Piotrowski S, Schaldach R, Schier F, Schüngel J, Sturm V, Szarka N, Thrän D, Weimar H, Wilde A, Will S (2020): Eine biobasierte Zukunft in Deutschland – Szenarien und gesellschaftliche Herausforderungen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bildnachweis

© lastfuranec – stock.adobe.com (S. 8), © Edler von Rabenstein – stock.adobe.com (S. 9), © Montri – stock.adobe.com (S. 10),
© Quelle: AlexOakenman – Fotolia (S. 10), S. Will (S. 43)

Satz und Layout

Heidrun Fornahl
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über den Projektträger Jülich (PtJ).

Bestellinformationen

Diese Publikation steht auf der Internetseite
<https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/szenarien-einer-biooekonomie-2050-potenziale-zielkonflikte-loesungsstrategien/>
zum Herunterladen bereit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung