



HOCHSCHULE
NEUBRANDENBURG

University of Applied Sciences

Hochschule Neubrandenburg

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmittel- und Bioprodukttechnologie

WS 2024/2025

Die Bioökonomie im Schwerpunkt Gesundheit und Ernährung

Master – Thesis

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science (M.Sc.)

Verfasser: Marc Milzow B.Sc.

Betreuer: Prof. Dr. Leif-Alexander Garbe

Nino Beisler M.Sc.

Bearbeitungszeitraum: 04.11.2024 – 10.02.2025

URN: urn : nbn : de : gbv : 519-thesis: 2024-0070-4

Abstract

The bioeconomy is a key strategy for tackling global challenges such as climate change, resource scarcity and food security. This master's thesis examines the role of the bioeconomy in the health and food sector and analyses its potential to promote sustainability and innovation. By replacing fossil raw materials with renewable biological materials, the bioeconomy aims to create environmentally friendly and economically viable solutions. The master's thesis is based on a comprehensive literature review that includes scientific publications, policy documents and economic reports. It analyses bioeconomic approaches in the healthcare sector with a focus on sustainable medical production, the role of biotechnology in medicine and successful case studies of bioeconomic initiatives. In the food sector, the research examines sustainable food production, the utilisation of by-products and waste streams, and innovative bioeconomic practices. In addition, legal frameworks and policy measures at European and national level are analysed to assess their impact on bioeconomic development. A SWOT analysis provides insights into the strengths, weaknesses, opportunities and risks of bioeconomic strategies with a special focus on Mecklenburg-Vorpommern. The work identifies key hurdles, including high research costs, regulatory challenges and social acceptance, but also emphasises opportunities for regional value creation and technological progress. The results show that the bioeconomy offers considerable potential for promoting sustainability in the areas of health and nutrition. However, successful implementation requires interdisciplinary cooperation, targeted political support and increased public awareness. The paper concludes with strategic recommendations for promoting bioeconomic innovation, particularly in the context of Mecklenburg-Vorpommern, to support a sustainable and resilient future.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei all den Menschen bedanken, die mich auf meinem Weg zu dieser Masterarbeit begleitet und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Leif-Alexander Garbe, der mir dieses spannende Thema zur Verfügung gestellt hat. Ebenso danke ich meinem Betreuer Nino Beisler, M.Sc., für seine wertvolle Begleitung, sein konstruktives Feedback und seine Geduld während des gesamten Forschungsprozesses.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Kommilitonin Ulrike Spilker, die mich während der gesamten Zeit unermüdlich unterstützt hat. Ihre Motivation, ihr wertvoller Austausch und ihre stetige Hilfsbereitschaft haben einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit geleistet. Ohne sie wäre dieser Weg um einiges schwieriger gewesen – dafür bin ich ihr zutiefst dankbar.

Ein großer Dank geht auch an meine Familie und meine Freunde, die mich in dieser intensiven Zeit stets ermutigt haben. Ihr Zuspruch, Verständnis und die gemeinsamen Pausen haben wesentlich dazu beigetragen, dass ich diese Herausforderung meistern konnte.

Diese Arbeit wäre ohne eure Unterstützung in dieser Form nicht möglich gewesen – vielen Dank!

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Fragestellung.....	2
1.3	Methodische Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	2
2.	Konzepte und Hintergründe	3
2.1	Definition Bioökonomie.....	3
2.2	Biotechnologie.....	5
2.3	Relevanz der Bioökonomie für Gesundheit und Ernährung	10
2.3.1	Bioökonomie und ihre Bedeutung für die Gesundheit.....	10
2.3.2	Rolle der Bioökonomie für die Ernährung.....	15
2.4	Historische Perspektiven der Bioökonomie.....	21
2.4.1	Entwicklungen im Gesundheitswesen.....	21
2.4.2	Fortschritte im Ernährungssektor	23
3.	Bioökonomische Ansätze in der Gesundheitsversorgung.....	25
3.1	Nachhaltige Gesundheitsproduktion.....	25
3.2	Rolle der Biotechnologie in der Medizin	27
3.3	Fallstudien: Beispiele erfolgreicher Initiativen im Gesundheitssektor	29
4.	Bioökonomie im Bereich Ernährung	32
4.1	Nachhaltige Lebensmittelproduktion.....	32
4.2	Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen aus der Lebensmittelproduktion	37
4.3	Innovative bioökonomische Praktiken im Ernährungssektor	42
5.	Rechtliche Rahmenbedingungen und politische Maßnahmen.....	45
5.1	Bioökonomie auf europäischer Ebene: Herausforderungen und Chancen.....	45
5.2	Nationale Ansätze: Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern.....	50
6.	Wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte	58
6.1	Marktpotenzial der Bioökonomie	58
6.2	Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und die wirtschaftliche Entwicklung	60
6.3	Akzeptanz in der Gesellschaft	63
7.	Zukunftsaussichten in der Bioökonomie	65
7.1	Zukunftsorientierte Maßnahmen für die Bioökonomie: Handlungsempfehlungen für Mecklenburg-Vorpommern.....	65
7.2	Bioökonomie im Wandel: Zukunft und Forschung.....	67
8.	Zusammenfassung	70
9.	Literaturverzeichnis	72
10.	Tabellenverzeichnis	85
11.	Abbildungsverzeichnis	85

12. Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen86

13. Anhang.....88

 13.1 Anhang 1.....88

 13.2 Anhang 2.....99

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Im 21. Jahrhundert stehen Klimaschutz und Nachhaltigkeit im Zentrum globaler Diskussionen und politischen Handelns. Angesichts der wachsenden Problematiken, wie Ressourcenknappheit, Urbanisierung, Klimawandel und der Sicherstellung der globalen Ernährungssicherheit hat die Bioökonomie an Bedeutung gewonnen. Als integraler Bestandteil einer nachhaltigen Wirtschaftsstrategie verfolgt die Bioökonomie das Ziel, fossile Rohstoffe durch biobasierte, erneuerbare Ressourcen zu ersetzen und innovative technologische Ansätze zu nutzen, um die ökologischen Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten zu minimieren.

Die Bioökonomie strebt eine Balance zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Umweltschutz an. Gleichzeitig bietet sie Lösungen für die Bedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung. Ein schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen ist unerlässlich, um die ökologischen Grundlagen für zukünftige Generationen zu bewahren. Die Übernutzung dieser Ressourcen und die daraus resultierenden Beeinträchtigungen der Biosphäre verdeutlichen die Notwendigkeit, den Ressourceneinsatz auf ein ökologisch verträgliches Niveau zu begrenzen.

Darüber hinaus birgt die Bioökonomie das Potenzial, durch die Verknüpfung biologischen Wissens mit technologischen Innovationen neue Produkte und Verfahren zu entwickeln. Diese sind nicht nur ressourcenschonend, sondern tragen auch zur Schaffung wirtschaftlichen Wohlstands bei. Die Nutzung biogener Rohstoffe, die erneuerbar, anpassungs- und kreislauffähig sind, eröffnet vielfältige Perspektiven für nachhaltige Entwicklung.

Die globalen Herausforderungen, die von der Gewährleistung der Versorgungssicherheit bis hin zum Erhalt der Biodiversität reichen, unterstreichen die Komplexität der Bioökonomie. Als multidimensionales Konzept, das gesellschaftliche, ökonomische und politische Dimensionen umfasst, existiert keine einheitliche Definition der Bioökonomie. Ihre Umsetzung erfordert daher interdisziplinäre Ansätze, um eine nachhaltige Transformation der Wirtschaftssysteme zu ermöglichen und langfristig eine lebenswerte Zukunft sicherzustellen.

1.2 Zielsetzung und Fragestellung

Die vorliegende Arbeit verfolgt das konkrete Ziel, die Bioökonomie in den Bereichen Gesundheit und Ernährung umfassend zu analysieren und ihre Relevanz für eine nachhaltige Zukunft zu bewerten. In den folgenden Kapiteln wird unter anderem untersucht, welche bioökonomischen Ansätze erfolgreich umgesetzt wurden. Darüber hinaus werden Hindernisse betrachtet, die die Weiterentwicklung bremsen könnten und welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um die Akzeptanz und die Implementierung in die Gesellschaft zu fördern. Die daraus resultierende Fragestellung, die diese Arbeit leitet, lautet: *Wie kann die Bioökonomie zur Sicherstellung von Nachhaltigkeit in den Bereichen Gesundheit und Ernährung beitragen und welche Hindernisse müssen für eine erfolgreiche Umsetzung überwunden werden?*

1.3 Methodische Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die methodische Grundlage dieser Arbeit beruht auf einer umfassenden Literaturrecherche. Hinzu kommt die Betrachtung und Analyse bestehender Studien und Veröffentlichungen im Bereich der Bioökonomie. Ziel dieser Recherche ist es, einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu erhalten und relevante Entwicklungen sowie bestehende Ansätze im Kontext von Gesundheit und Ernährung zu identifizieren. Für eine fundierte Datenerhebung werden sowohl wissenschaftliche Publikationen, Berichte von Fachinstitutionen als auch politische und wirtschaftliche Dokumente in Betracht gezogen.

Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung und der Darlegung der Problemstellung sowie der Zielsetzung folgt das Kapitel der theoretischen Grundlagen, in dem die Bioökonomie definiert und deren Relevanz für den Gesundheits- und Ernährungssektor dargestellt wird. Anschließend wird die historische Entwicklung der Bioökonomie sowie ihre modernen Anwendungsbereiche beleuchtet. Darauf folgt eine Analyse bioökonomischer Ansätze in der Gesundheitsversorgung und im Ernährungsbereich, einschließlich Fallstudien und Praxisbeispiele. Im darauffolgenden Kapitel werden rechtliche Rahmenbedingungen und politische Maßnahmen untersucht, um die Herausforderungen und Chancen der Bioökonomie auf europäischer und nationaler Ebene zu bewerten. Abschließend werden die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Implikationen betrachtet, bevor in den Schlusskapiteln Trends, Handlungsempfehlungen und zukünftige Forschungsbedarfe skizziert werden. Die Arbeit endet mit einer zusammenfassenden Bewertung der Ergebnisse und einem Ausblick auf die weitere Entwicklung der Bioökonomie im Bereich Gesundheit und Ernährung.

2. Konzepte und Hintergründe

2.1 Definition Bioökonomie

Die Bioökonomie ist ein vielschichtiges Konzept, für das es keine einheitliche Definition gibt. Dies liegt an ihrer breiten Anwendbarkeit und den unterschiedlichen Schwerpunkten, die Institutionen und Organisationen setzen, je nach regionalen, wirtschaftlichen oder sektoralen Prioritäten. Neben den Definitionen der OECD, der Bundesregierung, der Europäischen Kommission und des Bioökonomierates existieren weitere Ansätze, beispielsweise von der FAO oder der Weltbank, die spezifische Perspektiven wie Ernährungssicherheit, Nachhaltigkeit oder wirtschaftliche Entwicklung in den Vordergrund stellen.

Eine Analyse der Definitionen von der OECD (2009), der Bundesregierung (2020), der Europäischen Kommission (2018) und der des Bioökonomierates (2018) zeigt sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede in den Ansätzen, Kernkomponenten, Zielen und Herausforderungen.

Gemeinsamkeiten

Alle Definitionen sehen die Bioökonomie als ein Wirtschaftsmodell, das auf der nachhaltigen Nutzung biologischer Ressourcen basiert. Sie betonen die Bedeutung biologischer Innovationen und technischer Fortschritte, um Produkte, Prozesse und Dienstleistungen bereitzustellen, die fossile Rohstoffe ersetzen. Der Fokus liegt dabei auf der Förderung von Nachhaltigkeit und der Verbindung von ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zielen. Ebenso werden alle relevanten Sektoren, wie Landwirtschaft, Fischerei, Aquakultur, Forstwirtschaft, Gesundheit und Ernährung, berücksichtigt. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Notwendigkeit politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen, um die Transformation der Bioökonomie zu unterstützen. Dies beinhaltet sowohl die Förderung von Forschung und Innovation als auch die Einbindung der Gesellschaft, um Akzeptanz und Umsetzung zu gewährleisten.

Unterschiede

Die OECD (2009) legt einen starken Fokus auf biotechnologische Innovationen als treibende Kraft der Bioökonomie. Besonders hervorgehoben wird das Verständnis von Genen, Zellprozessen und der Entwicklung neuer biotechnologischer Verfahren, bspw. in der Medizin und Pharmazie. In der Definition der Bundesregierung (2020) wird die Balance zwischen Ökologie und Ökonomie hervorgehoben. Sie integriert Kreislauffähigkeit, Erneuerbarkeit und Anpassungsfähigkeit der genutzten Ressourcen. Um eine breite Akzeptanz der Bioökonomie zu fördern, wird zusätzlich die gesellschaftliche Einbindung als eigenständiges Ziel definiert. Der Ansatz der Europäischen Kommission (2018) hat eine besonders umfassende Perspektive und bezieht neben biologischen Ressourcen auch Land- und Meeresökosysteme sowie deren Dienstleistungen ein. Sie sieht die Bioökonomie als zentralen Bestandteil der europäischen Wettbewerbsfähigkeit und Klimaanpassung, wobei die politische Integration und Kohärenz von besonderer Bedeutung ist. Nach Ansicht des Bioökonomierats (2018) liegt der Schwerpunkt der Bioökonomie auf einer wissensbasierten Produktion sowie der Nutzung von Schlüsseltechnologien wie Biotechnologie, Nanotechnologie und Informationstechnologie. Besonders hervorgehoben wird die Förderung neuer Technologien und Geschäftsmodelle, die mit einem klaren Fokus auf Innovation und Wohlstand verbunden ist.

Aufbauend auf diesen verschiedenen Ansätzen lässt sich die Bioökonomie im Rahmen dieser Arbeit wie folgt definieren. Die Bioökonomie ist ein nachhaltiges Wirtschaftssystem, das biologische Ressourcen, Prozesse und Prinzipien nutzt, um innovative Produkte und Dienstleistungen für verschiedene Sektoren bereitzustellen. Sie verbindet ökonomische, ökologische und technologische Ansätze, um biobasierte Lösungen zu entwickeln. Im Bereich der Gesundheit ermöglicht sie durch biotechnologische Verfahren die Herstellung von Medikamenten, Impfstoffen und regenerativen Therapien. In der Ernährung trägt sie durch nachhaltige Produktionsmethoden und biobasierte Innovationen zur Sicherstellung der Lebensmittelversorgung bei. Ihr Ziel ist es, fossile Rohstoffe zu ersetzen, Umweltbelastungen zu minimieren und wirtschaftliches Wachstum mit ökologischer Verantwortung zu vereinen.

Die Analyse der verschiedenen Definitionen zeigt, dass die Bioökonomie ein dynamisches und anpassungsfähiges Konzept ist, dessen konkrete Ausgestaltung von den jeweiligen institutionellen Zielen und regionalen Rahmenbedingungen abhängt. Diese Variabilität unterstreicht sowohl die Abhängigkeit als auch die Komplexität der Bioökonomie in ihrer praktischen Anwendung.

2.2 Biotechnologie

Die Biotechnologie umfasst die Nutzung biologischer Strukturen, Funktionen und Prozesse zur technischen Herstellung von Produkten und Dienstleistungen. Der Begriff wurde erstmals 1919 von Ereky geprägt. Er beschreibt biologische Prozesse als Mittel zur Veredelung von Rohstoffen, wie zum Beispiel bei der Umwandlung von Futter in Fleisch durch Schweinemast. Biotechnologie wird häufig mit dem Bild einer „Zellenfabrik“ verglichen, da Zellen Stoffe umwandeln, transportieren und speichern können. Erste Anwendungen fanden sich bereits in traditionellen Fermentationsprozessen wie der Herstellung von Wein, Bier oder Käse, lange bevor die zugrunde liegenden Prozesse wissenschaftlich verstanden wurden (Schüler, 2016).

Nach der Definition der EFB von 1989, wie von Dellweg (1994) dargestellt, ist die Biotechnologie die integrierte Anwendung von Natur- und Ingenieurwissenschaften, um Organismen, Zellen oder deren Bestandteile technisch zu nutzen. Diese anwendungsorientierte Wissenschaft verbindet Mikrobiologie, Biochemie und technische Chemie eng mit der Verfahrenstechnik (Dellweg, 1994). Mit der Entdeckung von Mikroorganismen durch Pasteur und Meilensteinen wie der Entwicklung der rekombinanten DNA-Technologie wurde die Biotechnologie zu einer Schlüsseltechnologie (Dellweg, 1994). Heute reicht ihr Anwendungsspektrum von der Insulinproduktion in der Medizin bis zu industriellen Prozessen wie der Enzymherstellung für Waschmittel (Dellweg, 1994).

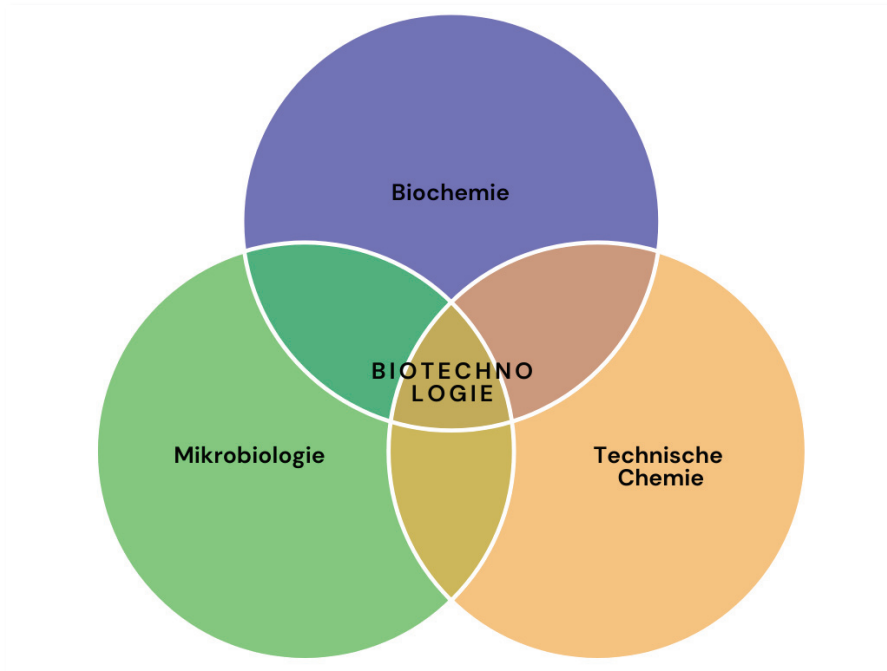


Abbildung 1 – Zusammensetzung der Biotechnologie aus Biochemie, Mikrobiologie und Technischer Chemie – Eigene Darstellung in Anlehnung von Dellweg (1994).

Die Abbildung 1 veranschaulicht die interdisziplinäre Grundlage der Biotechnologie. Sie zeigt, wie Biochemie, Mikrobiologie und Technische Chemie eng miteinander verbunden sind und gemeinsam die Basis für biotechnologische Anwendungen bilden. Die Biochemie liefert das Wissen über molekulare Prozesse und Stoffwechselwege. Darüber hinaus konzentriert sich die Mikrobiologie auf die Nutzung von Mikroorganismen und deren Funktionen. Die Technische Chemie überführt diese Erkenntnisse in großtechnische Verfahren. Die dargestellte Verknüpfung der Disziplinen basiert auf der Beschreibung von Dellweg (1994), der die Biotechnologie als stark anwendungsorientierte Wissenschaft charakterisiert.

Die Biotechnologie wird häufig anhand ihrer Anwendungsbereiche in verschiedene Klassifikationen unterteilt, die die Vielfalt und Spezialisierung dieser interdisziplinären Wissenschaft verdeutlichen. Dazu gehören beispielsweise die rote, grüne, weiße, gelbe sowie weitere Bereiche wie die blaue und graue Biotechnologie. Je nach Klassifikation variieren die Schwerpunkte von medizinischen Anwendungen über industrielle Prozesse bis hin zu agrar- oder ernährungsbezogenen Themen. Eine Übersicht dieser Klassifikationen ist in Abbildung 2 dargestellt.

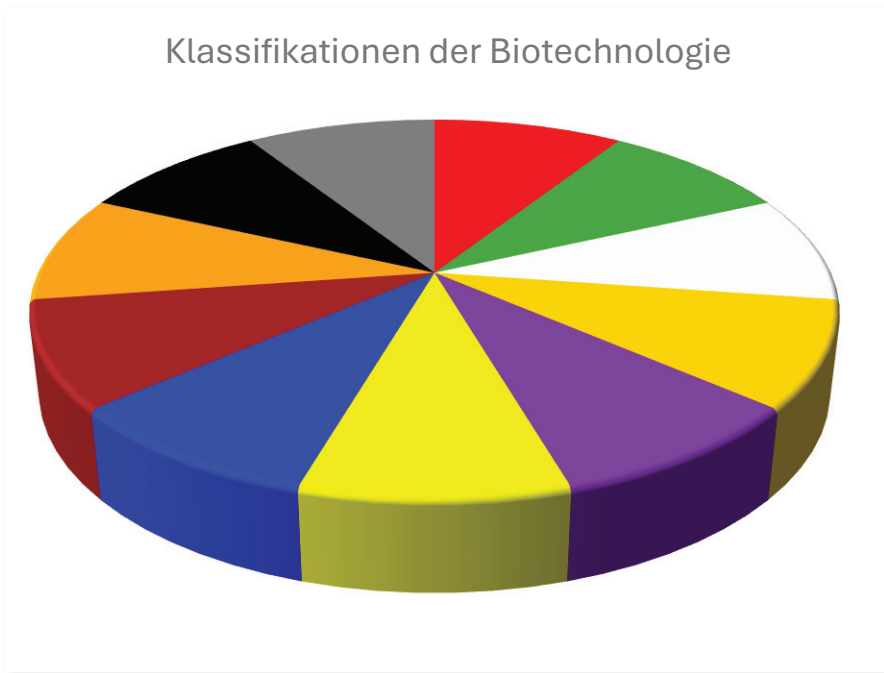


Abbildung 2 – Klassifikationen der Biotechnologie – Eigene Darstellung

Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei Klassifikationen näher betrachtet, die einen besonderen Bezug zu den Themen Gesundheit und Ernährung aufweisen. Diese werden im Folgenden genauer definiert und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Bioökonomie analysiert.

Rote Biotechnologie

Die rote Biotechnologie ist eine wissensintensive Querschnittstechnologie, die insbesondere in der Human- und Veterinärmedizin sowie in der Pharmazie Anwendung findet (Soete, 2006). Ihr Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Therapeutika, Diagnostika und biotechnologisch hergestellten Arzneimitteln, die in der Prävention, Diagnose und Behandlung von Krankheiten eingesetzt werden. Dieser Bereich zeigt weltweit die größte Wachstumsdynamik. In der pharmazeutischen Industrie und in der Medizin ist das Wachstum am stärksten und deshalb wird die rote Biotechnologie als zentraler Innovationsmotor im Gesundheitssektor betrachtet (Soete, 2006). Nationale Innovationssysteme, wie das deutsche, zeichnen sich durch ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit aus, wobei Stärken in Plattformtechnologien, Diagnostik und Produktion eine bedeutende Rolle spielen. Gleichzeitig fördert seine solide Grundlagenforschung, kombiniert mit einem funktionierenden Patentsystem, die Weiterentwicklung dieses Bereichs. Gesellschaftliche Akzeptanz und innovationsfreundliche Gesundheitssysteme tragen ebenfalls maßgeblich zu der Dynamik bei (Soete, 2006).

Im Kontext der Bioökonomie nimmt die rote Biotechnologie eine Schlüsselrolle ein. Durch den Einsatz biotechnologischer Verfahren bietet sie nachhaltige Alternativen zu konventionellen Produktionsmethoden, insbesondere in der Herstellung von Arzneimitteln und medizinischen Produkten. Dieser Beitrag zur Ressourcenschonung und Kosteneffizienz unterstützt nicht nur ökologische Ziele, sondern stärkt auch die wissensbasierte Wirtschaft. Die enge Verbindung zwischen wissenschaftlichem Fortschritt und wirtschaftlichem Potenzial macht die rote Biotechnologie zu einem essenziellen Baustein der Bioökonomie, indem sie Gesundheit und Nachhaltigkeit in Einklang bringt (Soete, 2006).

Weißer Biotechnologie

Die weiße Biotechnologie, auch als industrielle Biotechnologie bezeichnet, ist ein Bereich, der biologische Systeme, Mikroorganismen und Enzyme nutzt, um industrielle Prozesse nachhaltiger und umweltfreundlicher zu gestalten (Umweltbundesamt, 2006; DECHEMA, 2004). Sie umfasst die Herstellung von chemischen Produkten, Lebensmitteln, Enzymen, Biokraftstoffen sowie pharmazeutischen Vorprodukten und vereint interdisziplinäres Wissen aus Mikrobiologie, Chemie, Biochemie, Bioinformatik und Verfahrenstechnik. Durch den Einsatz von Biokatalysatoren ermöglicht die weiße Biotechnologie energieeffiziente und ressourcenschonende Verfahren, die traditionelle chemische Prozesse ersetzen oder ergänzen können (Umweltbundesamt, 2006).

Als Schlüsseltechnologie trägt die weiße Biotechnologie entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit der Industrie bei, da sie die Entwicklung innovativer, nachhaltiger Produkte und Prozesse vorantreibt (DECHEMA, 2004). Ihre Relevanz für die Bioökonomie liegt in der Fähigkeit, fossile Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen, Umweltbelastungen zu reduzieren und Energieeffizienz zu steigern. Damit fördert sie nicht nur ökologische Ziele, sondern auch die wirtschaftliche Transformation hin zu einer nachhaltigen, wissensbasierten Wirtschaft. Durch ihre breite Anwendbarkeit und das hohe Potenzial zur Verbesserung industrieller Prozesse spielt die weiße Biotechnologie eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der bioökonomischen Prinzipien (Umweltbundesamt, 2006; DECHEMA, 2004).

2.3 Relevanz der Bioökonomie für Gesundheit und Ernährung

2.3.1 Bioökonomie und ihre Bedeutung für die Gesundheit

Die Bioökonomie ist entscheidend für die nachhaltige Bewältigung globaler Herausforderungen im Gesundheitssektor. Sie fördert eine effizientere Nutzung von Ressourcen, treibt innovative Technologien voran und trägt dazu bei, die wachsenden Bedürfnisse einer alternden Bevölkerung sowie die steigende Krankheitslast zu bewältigen. Dabei hat die Bioökonomie das Potenzial, ökologische und ökonomische Ziele zu vereinen, indem sie biobasierte und nachhaltige Lösungen in bestehende Gesundheitssysteme integriert.

Mit einem geschätzten weltweiten Marktwert von mehreren Billionen Euro stellt der Gesundheitssektor nicht nur einen wesentlichen Wirtschaftsbereich dar, sondern ist auch ein Schlüsselfaktor für die gesellschaftliche Entwicklung. In Deutschland beliefen sich die Gesundheitsausgaben im Jahr 2022 auf rund 497,7 Mrd. Euro, was etwa 12,8 % des BIP entspricht (Statistisches Bundesamt, 2024). Diese Entwicklungen sind besonders relevant angesichts globaler Trends wie dem demografischen Wandel und dem Anstieg chronischer Erkrankungen. Prognosen zeigen, dass der Anteil der Weltbevölkerung über 60 Jahre bis 2050 von 12 % im Jahr 2015 auf 22 % steigen wird (WHO, 2024). In diesem Abschnitt wird die allgemeine Relevanz der Bioökonomie für den Gesundheitsbereich beleuchtet, wobei der Fokus auf den übergeordneten Zusammenhängen liegt.

Der Gesundheitssektor steht vor einer Vielzahl globaler Herausforderungen, die durch den demografischen Wandel, die steigende Krankheitslast, den erhöhten Pflegebedarf, regionale Unterschiede und die Notwendigkeit einer ressourcenschonenden Gesundheitsversorgung gekennzeichnet sind. In Deutschland wird der Anteil der über 60-Jährigen bis 2030 von 27 % (2013) auf 35 % ansteigen, während die Zahl der über 80-Jährigen um 48 % zunehmen wird (RKI, 2015). Parallel dazu sinkt die Gesamtbevölkerung bis 2050 um etwa 16 %, wobei das Durchschnittsalter auf 50 Jahre steigen wird (Peters et al., 2010). Diese Entwicklung führt zu einer erheblichen Belastung der Gesundheitssysteme durch die Zunahme altersbedingter Erkrankungen. Die demografische Alterung zieht eine steigende Prävalenz chronischer Krankheiten wie Diabetes, Krebs, Bluthochdruck und Demenz nach sich. Die Zahl der Demenzerkrankten in Deutschland wird in den kommenden Jahrzehnten auf 2 bis 3 Mio. ansteigen (RKI, 2015). Multimorbidität, das gleichzeitige Auftreten mehrerer chronischer Erkrankungen, wird vor allem bei älteren Menschen zunehmen (Peters et al., 2010). Zudem entfallen bereits 47 % der Krankheitskosten auf Personen über 65 Jahre, wobei Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Muskel-Skelett-Erkrankungen die Hauptursachen darstellen.

Die Versorgung älterer Menschen erfordert einen stark wachsenden Einsatz von Pflegekräften, was jedoch durch eine bestehende Lücke zwischen Angebot und Nachfrage erschwert wird. Ohne wirksame Gegenmaßnahmen wird diese Lücke weiter zunehmen (RKI, 2015). Besonders in den geburtenstarken Jahrgängen der Babyboomer wird der Bedarf an Pflegeeinrichtungen erheblich steigen (Peters et al., 2010). In Ostdeutschland wird die Alterung durch die Abwanderung junger Menschen zusätzlich verstärkt, was zu regionalen Disparitäten in der Gesundheitsversorgung führt. Dies erfordert angepasste Strategien für eine bedarfsgerechte medizinische und pflegerische Versorgung in diesen Regionen (RKI, 2015). Der Gesundheitssektor in Deutschland ist etwa für 5 % des gesamten Rohstoffverbrauchs verantwortlich, mit einem jährlichen Rohstoffkonsum von ca. 107 Mio. t (Umweltbundesamt, 2021). Zwischen 1995 und 2016 stieg der Rohstoffverbrauch im Gesundheitssektor um 80 %. Besonders ressourcenintensiv sind die Pharmaindustrie, Bauprojekte im Gesundheitssektor und die Medizintechnik (Umweltbundesamt, 2021). Gleichzeitig stellt der Klimawandel eine zunehmende Bedrohung dar, da der Gesundheitssektor sowohl betroffen ist (z.B.: durch Hitzewellen und neue Infektionskrankheiten) als auch zur Problematik beiträgt (Umweltbundesamt, 2021). Präventionsmaßnahmen könnten dazu beitragen, die Krankheitslast zu reduzieren und die Kosten für das Gesundheitssystem zu stabilisieren. Allerdings sind ihre Effekte auf die demografische Entwicklung und die damit verbundenen Herausforderungen begrenzt (Peters et al., 2010).

Um die Potenziale der Bioökonomie im Gesundheitssektor systematisch zu bewerten, wurde eine SWOT-Analyse durchgeführt. Diese Analyse beleuchtet Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen sowohl auf nationaler Ebene als auch auf regionaler Ebene. Während Deutschland durch eine starke Forschungs- und Innovationslandschaft geprägt ist, bietet Mecklenburg-Vorpommern durch seine landwirtschaftliche Struktur spezifische Potenziale für bioökonomische Anwendungen. Die Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der SWOT-Analyse zusammen.

Tabelle 1 - SWOT-Analyse der Bioökonomie im Gesundheitssektor: Vergleich zwischen Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern

Kategorie	Deutschland	Mecklenburg-Vorpommern
Stärken	<ul style="list-style-type: none"> - Gut entwickelte Forschungs- und Innovationslandschaft - Hohe Umweltstandards fördern ressourcenschonende und nachhaltige Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> - Bedeutende landwirtschaftliche Fläche als Basis für biobasierte Ressourcen - Starke Forschungsinfrastruktur im Agrar- und Ernährungssektor
Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> - Hohen Kosten für Forschung und Entwicklung - Langwierige regulatorische Prozesse für die Zulassung 	<ul style="list-style-type: none"> - Abwanderung jünger Fachkräfte - Weniger entwickelte industrielle Infrastruktur
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> - Wachsende Nachfrage nach nachhaltigen Produkten - EU-Förderprogramme wie der Green Deal bieten Unterstützung 	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale Initiativen wie das „WIR!-Bündnis Plant³“ fördern Innovationen - Potenziale für regionale Wertschöpfungsketten
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> - Politische Unsicherheiten und wirtschaftliche Krisen - Konkurrenz durch etablierte Technologien aus anderen Ländern 	<ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel gefährdet landwirtschaftliche Rohstoffe

Die Bioökonomie bietet erhebliche Potenziale für die nachhaltige Transformation des Gesundheitssektors, sowohl auf nationaler Ebene als auch in spezifischen Regionen wie Mecklenburg-Vorpommern. Eine systematische Betrachtung der Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen zeigt, dass die Bioökonomie wesentliche Beiträge zur Ressourcenschonung, Innovationsförderung und regionalen Entwicklungen leisten kann. Deutschland profitiert von einer gut entwickelten Forschungs- und Innovationslandschaft, die insbesondere im Bereich der medizinischen Biotechnologie weltweit führend ist. Die hohen Umweltstandards und die politische Förderung durch Programme wie die Nationale Bioökonomiestrategie bieten einen zusätzlichen Anreiz, nachhaltige Technologien im Gesundheitssektor zu etablieren (Hassel et al., 2024). Diese Stärken schaffen eine solide Grundlage für die Entwicklung und den Einsatz biobasierter Produkte und Prozesse, die gleichzeitig ökologischen und ökonomischen Anforderungen gerecht werden. Mecklenburg-Vorpommern hingegen zeichnet sich durch seine extensive landwirtschaftliche Nutzung und seine starke Forschungsinfrastruktur im Bereich Agrar- und Ernährungswissenschaften aus. Diese spezifischen regionalen Gegebenheiten ermöglichen es, biobasierte Ressourcen effektiv zu nutzen und regionale Wertschöpfungsketten zu fördern (Hassel et al., 2024). Regionale Initiativen wie das WIR!-Bündnis Plant³ haben das Potenzial, Mecklenburg-Vorpommern zu einer Modellregion für bioökonomische Innovationen zu machen. Trotz dieser Potenziale gibt es sowohl auf nationaler als auch auf regionaler Ebene Schwächen, die betrachtet werden müssen. In Deutschland stellen die hohen Kosten für Forschung und Entwicklung sowie langwierige regulatorische Prozesse Hürden dar. Mecklenburg-Vorpommern sieht sich mit der Abwanderung junger Fachkräfte und einer weniger entwickelten industriellen Infrastruktur konfrontiert, was die Umsetzung bioökonomischer Projekte erschwert (Hassel et al., 2024). Die Chancen, die sich aus der wachsenden globalen Nachfrage nach nachhaltigen Produkten ergeben, sind jedoch vielversprechend. Deutschland kann durch die Unterstützung europäischer Förderprogramme wie dem Green Deal eine Vorreiterrolle im Bereich der Bioökonomie einnehmen (Hassel et al., 2024). Mecklenburg-Vorpommern könnte durch innovative Projekte und die Förderung des Gesundheitstourismus einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten. Gleichzeitig müssen Bedrohungen wie politische Unsicherheiten, wirtschaftliche Krisen und die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt werden. Insbesondere in MV birgt der Klimawandel Risiken für landwirtschaftliche Rohstoffe, die eine zentrale Grundlage der Bioökonomie bilden (Hassel et al., 2024).

Zusammenfassend zeigt die Analyse, dass die Bioökonomie erhebliche Potenziale für die nachhaltige Gestaltung des Gesundheitssektors bietet. Die gezielte Nutzung von regionalen und nationalen Stärken, kombiniert mit Maßnahmen zur Überwindung von Schwächen, könnte dazu beitragen, die Bioökonomie langfristig als Schlüsselstrategie für eine nachhaltige Gesundheitsversorgung zu etablieren.

2.3.2 Rolle der Bioökonomie für die Ernährung

Die Bioökonomie bietet innovative Ansätze, um die globalen, nationalen und regionalen Herausforderungen im Ernährungssektor zu bewältigen. Durch die nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen und die Förderung von Kreislaufwirtschaft ermöglicht sie eine effizientere und umweltfreundlichere Gestaltung von Produktions- und Versorgungssystemen. Besonders im Ernährungssektor spielt die Bioökonomie eine Schlüsselrolle, da sie nicht nur die landwirtschaftliche Produktivität steigern, sondern auch die Ressourceneffizienz verbessern und die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen reduzieren kann. Dies macht sie zu einem wichtigen Baustein für die Sicherung der globalen Ernährung. Die Sicherung der globalen Ernährung stellt angesichts wachsender Herausforderungen eine der zentralen Aufgaben des 21. Jahrhunderts dar. Prognosen zufolge wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf über 9 Mrd. Menschen anwachsen, was eine erhebliche Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion erfordert (BMBF, 2010; Perbandt et al., 2021). Gleichzeitig führt die zunehmende Urbanisierung zu einem Verlust fruchtbarer Böden, während der Klimawandel mit extremen Wetterereignissen wie Dürren und Überschwemmungen die landwirtschaftlichen Erträge bedroht (von Braun, 2014). Weitere Herausforderungen ergeben sich aus der begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen wie Land und Wasser sowie aus der Konkurrenz zwischen Nahrungsmittelproduktion, Energiegewinnung und industrieller Biomassenutzung (BMBF, 2010; von Braun, 2014). Hinzu kommt, dass etwa ein Drittel der weltweit produzierten Lebensmittel entlang der Wertschöpfungskette verloren geht oder verschwendet wird, was die Effizienz der Nahrungsmittelproduktion erheblich beeinträchtigt (Perbandt et al., 2021). Darüber hinaus verschärfen soziale und ökonomische Ungleichheiten sowie geopolitische Konflikte die Ernährungsunsicherheit, sodass weltweit etwa 678 Mio. Menschen von Unterernährung betroffen sind (BMZ, 2024; von Braun, 2014). Angesichts dieser komplexen Problemlagen wird die Notwendigkeit einer nachhaltigen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion immer deutlicher. Die Bioökonomie kann hier durch die Nutzung biobasierter Technologien und die Förderung von Kreislaufwirtschaft einen wesentlichen Beitrag leisten, um die Effizienz der Produktion zu steigern und die Umweltauswirkungen zu reduzieren (BMBF, 2010; Perbandt et al., 2021). Die Bioökonomie sieht sich sowohl auf nationaler Ebene als auch in der Region Mecklenburg-Vorpommern spezifischen Herausforderungen gegenüber. Die Tabelle 2 fasst diese deutlich zusammen.

Tabelle 2 - Gegenüberstellung der nationalen und regionalen Herausforderungen der Bioökonomie im Ernährungsbereich

Herausforderung	Nationale Ebene (Deutschland)	Regionale Ebene (Mecklenburg-Vorpommern)
Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit	Nachhaltige Nutzung biogener Rohstoffe wird als essenziell angesehen, um ökologische Belastungen langfristig zu minimieren	Nutzung entwässerter Moorflächen für Paludikultur stellt zentrale Herausforderung und zugleich bedeutendes Potenzial dar
Ernährungssicherheit	Sicherstellung der Ernährung wird angesichts globaler Herausforderungen wie Klimawandel und Bevölkerungswachstum priorisiert	Hohe Konzentration auf Getreide (50,5 %) und Winterraps (19,1 %) weist auf eine begrenzte Diversifikation der Anbaustrukturen hin
Digitalisierung und Innovation	Digitalisierung und technologische Fortschritte gelten als entscheidende Faktoren zur Steigerung der Effizienz und Innovationskraft in der Bioökonomie	Rückgang der Patentanmeldungen (von 11 auf 7 pro 100.000 EW) deutet auf Defizite im Bereich Forschung und Entwicklung hin
Regionale Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit	Förderung regionaler Wertschöpfungsketten und die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle werden als strategische Ziele verfolgt	Ernährungswirtschaft zeigt eine starke Exportorientierung (4,7 Mio.t pflanzlicher Produkte), jedoch eine geringe regionale Wertschöpfung
Arbeitskräftemangel	Qualifikation und Sicherung von Fachkräften stellt eine zentrale Maßnahme zur Unterstützung der Bioökonomie dar	Landwirtschaftliche Betriebe sind besonders in arbeitsintensiven Bereichen wie Gemüseanbau und ökologische Landwirtschaft von Fachkräftemangel betroffen
Forschung und Entwicklung	Förderung interdisziplinärer Ansätze zur Entwicklung biobasierter Innovationen und zur Anwendung biologischen Wissens wird betont	Mangelnde Innovationsaktivitäten im Bereich nachhaltiger Lebensmittelproduktion und begrenzte technologische Fortschritte in der Aquakultur

Dieser Abschnitt verdeutlicht, dass die Bioökonomie nicht nur globale Herausforderungen adressiert, sondern auch auf nationaler und regionaler Ebene spezifische Lösungsansätze benötigt. Dies bietet die Grundlage für die nachfolgende SWOT-Analyse, um die Potenziale und Risiken der Bioökonomie für den Ernährungssektor systematisch zu bewerten. Die Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der SWOT-Analyse. Diese basiert auf der Nationalen Bioökonomiestrategie (2020) sowie einer IST-Analyse zur Bioökonomiestrategie Mecklenburg-Vorpommerns. Detaillierte Informationen zur IST-Analyse sind im Anhang 1 (Punkt 13.1) zu finden.

Tabelle 3 – SWOT-Analyse für den Bereich Ernährung: Vergleich zwischen Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern

Kategorie	Deutschland	Mecklenburg-Vorpommern
Stärken	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Forschungs- und Innovationskraft - Politische Unterstützung und Strategien - Breites Wissen über biogene Ressourcen - Nachhaltige Lebensmittelproduktion - stabile landwirtschaftliche Struktur - starke Wertschöpfungsketten 	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Anteil landwirtschaftlicher Flächen - wichtiger Agrarproduzent - Starke Ernährungswirtschaft - wachsender Ökolandbau - Potenzial für nachhaltige Bioökonomie - Aquakultur- und Fischerei-Potenzial
Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Abhängigkeit von fossilen Ressourcen - Regulatorische Hürden - Mangelnde Kreislaufwirtschaft in der Ernährung - Verbraucherakzeptanz von neuen Technologien - Flächenkonkurrenz & Landnutzungskonflikte 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Abhängigkeit von Monokulturen - Geringe Wertschöpfung in MV selbst - Mangelnde industrielle Infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> - Fachkräftemangel - Hohe Abhängigkeit von Fördergeldern
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> - Steigende Nachfrage nach nachhaltigen Produkten - Technologische Fortschritte in der Agrar- und Ernährungsforschung - Internationale Vorreiterrolle - Förderung der Kreislaufwirtschaft - Politische Rahmenbedingungen und EU-Strategien - Entwicklung neuer bioökonomischer Wertschöpfungsketten 	<ul style="list-style-type: none"> - Bioökonomie-Strategie 2030 von MV - Wachsendes Verbraucherinteresse an nachhaltigen Produkten - Entwicklung neuer nachhaltiger Produkte - Moor- und Grünlandnutzung für nachhaltige Produktion - Förderung der regionalen Aquakultur <ul style="list-style-type: none"> - Innovationen durch Forschungsnetzwerke
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel und Umweltveränderungen - Globale Konkurrenz & Abhängigkeit von Importen - Soziale Ungleichheit durch teurere nachhaltige Lebensmittel - Unklare Regulierung neuer bioökonomischer Produkte - Wirtschaftliche Unsicherheiten und hohe Produktionskosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Strukturwandel in der Landwirtschaft - Abhängigkeit von Förderungen <ul style="list-style-type: none"> - Wetterextreme - Abwanderung von Fachkräften - Konkurrenz durch günstige Importe

Die Analyse zeigt, dass Deutschland über eine starke Forschungs- und Innovationsbasis verfügt. Die Nationale Bioökonomiestrategie (2020) setzt gezielt auf die Nutzung biologischer Ressourcen und innovativer Technologien zur Förderung einer nachhaltigen Ernährungsproduktion (BMBF; BMEL, 2020). Besonders betont wird die Entwicklung nachhaltiger Wertschöpfungsketten, die die biobasierte Wirtschaft stärken und fossile Ressourcen langfristig ersetzen sollen (BMBF; BMEL, 2020). Zudem wird die Digitalisierung als wichtiger Treiber für die Bioökonomie hervorgehoben, insbesondere durch den Einsatz von Präzisionslandwirtschaft, Automatisierung und KI zur Effizienzsteigerung in der Lebensmittelproduktion (BMBF; BMEL, 2020). Auf regionaler Ebene profitiert Mecklenburg-Vorpommern von einem hohen landwirtschaftlichen Flächenanteil (62 % der Gesamtfläche) und einer bedeutenden Ernährungswirtschaft, die mit 137 Betrieben über 16.000 Arbeitsplätze stellt (ZELT, 2024). Besonders hervorzuheben ist das Wachstum der ökologischen Landwirtschaft, die mittlerweile 24 % der landwirtschaftlichen Betriebe in MV ausmacht, mit einer Anbaufläche von 199.700 ha – ein Zuwachs von 17 % seit 2020 (ZELT, 2024). Aquakultur und Fischerei gelten als weitere Potenzialbereiche, obwohl die Produktionsmengen in den letzten Jahren rückläufig waren (ZELT, 2024). Trotz dieser Stärken gibt es weiterhin strukturelle Schwächen. Auf Bundesebene bestehen regulatorische Hürden, die die Markteinführung biobasierter Lebensmittel erschweren und Innovationsprozesse verlangsamen (BMBF; BMEL, 2020). Zudem kommt es zu Flächenkonkurrenzen zwischen der Nutzung für Lebensmittelproduktion, Bioenergie und Naturschutz, wodurch eine nachhaltige Nutzung biogener Ressourcen erschwert wird (BMBF; BMEL, 2020). Auch die Verbraucher Akzeptanz gegenüber neuen biobasierten Lebensmitteln, wie zellkultiviertem Fleisch oder Insektenproteinen, bleibt ein Hindernis für eine breitere Marktdurchdringung (BMBF; BMEL, 2020). In MV zeigt sich das Problem der geringen Wertschöpfung innerhalb der Region, da viele landwirtschaftliche Rohstoffe unverarbeitet exportiert und anschließend als veredelte Produkte wieder importiert werden (ZELT, 2024). Zudem sind über 70 % der Anbauflächen mit Getreide und Ölfrüchten belegt, was zu geringer Biodiversität und erhöhtem Risiko gegenüber Klimaextremen führt (ZELT, 2024). Der Fachkräftemangel in Schlüsselbereichen der Bioökonomie stellt eine weitere Hürde dar, da es an qualifizierten Arbeitskräften für Forschung und landwirtschaftliche Innovationsprozesse mangelt (ZELT, 2024). Auf der Chancen-Seite kann Deutschland von EU-Strategien wie dem Green Deal und der Farm-to-Fork-Strategie profitieren, die eine nachhaltige Transformation der Lebensmittelproduktion vorantreiben (BMBF; BMEL, 2020).

Die Förderung einer Kreislaufwirtschaft, insbesondere die Nutzung biogener Reststoffe für neue Lebensmittel- oder Verpackungslösungen, stellt eine zentrale Entwicklungsmöglichkeit dar (BMBF; BMEL, 2020). In Mecklenburg-Vorpommern eröffnet die Bioökonomie-Strategie 2030 neue Perspektiven für regionale Wertschöpfungsketten und nachhaltige Lebensmittelproduktion (ZELT, 2024). Die steigende Nachfrage nach regionalen Bio-Produkten bietet zudem Potenzial für eine verstärkte Direktvermarktung. Zusätzlich besteht großes Potenzial für nachhaltige Nutzung von Moor- und Grünlandflächen (ZELT, 2024). Allerdings bleiben wesentliche Risiken bestehen. Der Klimawandel mit zunehmenden Wetterextremen gefährdet landwirtschaftliche Erträge und erfordert eine Anpassung der Anbausysteme (BMBF; BMEL, 2020). Deutschland ist weiterhin abhängig von Rohstoffimporten, insbesondere für pflanzliche Proteine, die für nachhaltige Ernährungskonzepte benötigt werden (BMBF; BMEL, 2020). In Mecklenburg-Vorpommern zeigt sich der Strukturwandel in der Landwirtschaft als Herausforderung, da große Betriebe die Branche dominieren und kleine, nachhaltig wirtschaftende Betriebe es schwer haben, wettbewerbsfähig zu bleiben. Zudem besteht eine starke Abhängigkeit von Fördermitteln, sodass Kürzungen im EU-Budget oder nationale Einsparungen erhebliche Auswirkungen haben könnten (ZELT, 2024).

Die Bioökonomie bietet sowohl auf Bundesebene als auch in Mecklenburg-Vorpommern große Chancen für eine nachhaltige Ernährungswirtschaft. Während Deutschland durch Forschung, politische Unterstützung und Wertschöpfungsketten gut aufgestellt ist, gibt es Herausforderungen hinsichtlich Regulierungen, Verbraucherakzeptanz und Ressourcennutzung. Mecklenburg-Vorpommern hat als landwirtschaftlich geprägte Region enormes Potenzial, leidet jedoch unter Fachkräftemangel, Monokulturen und einer geringen lokalen Verarbeitung der Erzeugnisse. Eine gezielte Förderung der Kreislaufwirtschaft, Innovationsnetzwerke und nachhaltiger regionaler Strukturen könnte langfristig sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile bringen.

2.4 Historische Perspektiven der Bioökonomie

2.4.1 Entwicklungen im Gesundheitswesen

Die Entwicklungen im Gesundheitswesen sind eng mit den gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Transformationen der letzten Jahrhunderte verbunden. Besonders die Industrialisierung im 19. Jahrhundert brachte weitreichende Veränderungen mit sich. Der Übergang von einer Agrar- zu einer Industriegesellschaft führte zu sozialen Missständen wie Überbevölkerung in Städten, schlechten Wohnverhältnissen und prekären Arbeitsbedingungen (Diederichs et al., 2008). Um diesen Herausforderungen zu begegnen, entstanden erste Ansätze einer öffentlichen Gesundheitspolitik. Der Fokus lag auf der Bekämpfung von Seuchen und der Verbesserung der hygienischen Infrastruktur. Wissenschaftliche Fortschritte, insbesondere in der Mikrobiologie durch Forscher wie Robert Koch und Max von Pettenkofer, ermöglichten den Aufbau moderner Trinkwasser- und Abwassersysteme, die entscheidend zur Verbesserung der Lebensbedingungen beitrugen (Sarasin, 2011). Ein weiterer Meilenstein war die Einführung der gesetzlichen Krankenversicherung in Deutschland im Jahr 1883. Als Reaktion auf politischen Druck durch die organisierte Arbeiterbewegung wurde eine verpflichtende Mitgliedschaft für Industriearbeiter in Krankenkassen eingeführt. Diese boten Leistungen wie ambulante Behandlungen, die Bereitstellung von Medikamenten und Krankengeld. Dieses Modell legte den Grundstein für das heutige deutsche Sozialversicherungssystem, das später um Unfall-, Invaliditäts- und Altersversicherungen ergänzt wurde (Diederichs et al., 2008). Die Professionalisierung und Verwissenschaftlichung der Medizin im 19. und 20. Jahrhundert veränderten das Gesundheitswesen nachhaltig. Wissenschaftliche und technologische Fortschritte führten zu einem besseren Verständnis von Krankheiten und ihrer Ursachen, geprägt durch die Bakteriologie und naturwissenschaftliche Methoden (Merl, 2021). Krankenhäuser und Gesundheitsämter wurden zu zentralen Institutionen der Gesundheitsversorgung. Gleichzeitig etablierte sich im 20. Jahrhundert die evidenzbasierte Medizin als Leitprinzip, das durch standardisierte Behandlungspfände und studienbasierte Entscheidungsprozesse geprägt ist (Merl, 2021). Parallel dazu spielte Prävention eine immer wichtigere Rolle, sowohl in der individuellen Verantwortung als auch in staatlichen Maßnahmen. Bereits im 18. und 19. Jahrhundert lag der Fokus auf der Pflege des eigenen Körpers und der Vermeidung von Krankheiten (Sarasin, 2011). Im Laufe des 20. Jahrhunderts gewann das Risikofaktorenmodell an Bedeutung, das präventive Interventionen und internationale Programme wie jene der WHO etablierte. Dieses Modell verwischte zunehmend die Grenzen zwischen Gesundheit und Krankheit, da präventive Maßnahmen Teil der Gesundheitsversorgung wurden (Sarasin, 2011).

Natürliche Produkte und traditionelle Medizinansätze spielen bis heute eine bedeutende Rolle in der Gesundheitsversorgung. Während die traditionelle europäische Medizin einst auf Heilpflanzen und ganzheitliche Ansätze vertraute, gelten diese heute als wertvolle Ergänzungen zur Schulmedizin, insbesondere in der Präventions- und Palliativmedizin (Riffel, 2021). Ähnliche Entwicklungen zeigen sich in der Traditionellen Chinesischen Medizin, die mit modernen wissenschaftlichen Ansätzen kombiniert wird, um personalisierte Behandlungen zu ermöglichen (von Trotha; Schmitz, 2019). Natürliche Produkte bilden zu dem die Basis vieler moderner Arzneimittel und stellen weiterhin eine wichtige Ressource für die biotechnologische Forschung dar (Newman; Cragg, 2020).

Die heutigen Herausforderungen des Gesundheitswesens sind geprägt von ökonomischen Zwängen und technologischem Fortschritt. Die Ökonomisierung hat das Verhältnis zwischen Arzt und Patient verändert, indem Patienten zunehmend als Konsumenten wahrgenommen werden (Merl, 2021). Gleichzeitig hat die Technisierung der Medizin die Möglichkeiten der Diagnostik und Therapie revolutioniert, führt jedoch auch zu einer Distanzierung im Arzt-Patient-Verhältnis (Merl, 2021). In der Zukunft wird es entscheidend sein, wissenschaftlich-technische Ansätze mit individueller Zuwendung und empathischer Kommunikation zu verbinden, um den komplexen Anforderungen des modernen Gesundheitswesens gerecht zu werden.

2.4.2 Fortschritte im Ernährungssektor

Die Entwicklung des Ernährungssektors ist eng mit der Entstehung der Landwirtschaft und deren Weiterentwicklung verknüpft. Bereits vor etwa 44.000 Jahren nutzten Neandertaler Wildgetreide, wie archäologische Untersuchungen zeigen, und legten damit den Grundstein für die spätere systematische Nutzung von Pflanzenressourcen (Riehl, 2020). Die sogenannte Neolithische Revolution markierte den Übergang von Jagen zum Sammeln zu Ackerbau und Viehzucht. Dieser Wandel war keine Bewusste Innovation, sondern eine Reaktion auf klimatische und ökologische Veränderungen wie das Ende der letzten Eiszeit (ca. 15.000 v. Chr.), die zu einer Diversifikation der Nahrungsquellen führte (Brock, 2006). Durch die Domestikation von Pflanzen und Tieren wurde es möglich, sesshafte Gesellschaften zu bilden, deren soziale und wirtschaftliche Strukturen sich grundlegend veränderten (Riehl, 2020).

Im Verlauf der Geschichte erlebte der Ernährungssektor verschiedene Phasen technologischen und sozialen Fortschritts. Die Einführung von Bewässerungssystemen, Brandrodungen und später die gezielte Züchtung ertragreicher Pflanzenarten erhöhten die Effizienz der Landwirtschaft erheblich. Diese Entwicklungen legten den Grundstein für spätere Innovationen wie die Grüne Revolution, die Mitte des 20. Jahrhunderts eine radikale Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität ermöglichte (Pingali, 2012). Die Grüne Revolution wurde durch die Einführung von Hochleistungssorten für Grundnahrungsmittel wie Reis, Weizen und Mais, den Einsatz moderner landwirtschaftlicher Inputs und international koordinierter Forschungsprogramme wie dem CGIAR geprägt (Dix; Langenthaler, 2006). Diese Maßnahmen führten zu einer deutlichen Ertragssteigerung und verbesserten die Ernährungssicherheit in vielen Entwicklungsländern. Allerdings gingen die Errungenschaften dieser Periode mit Herausforderungen wie einer zunehmenden Umweltbelastung durch Monokulturen, den Einsatz von Chemikalien und der Verarmung des Genpools einher (Pingali, 2012). Die jüngsten Fortschritte im Ernährungssektor sind stark durch die Bioökonomie geprägt. Diese verfolgt das Ziel, biologische Ressourcen effizienter und nachhaltiger zu nutzen, indem biotechnologische Innovationen und Kreislaufwirtschaftskonzepte integriert werden (Patermann; Aguilar, 2018). Technologien wie die mikrobiologische Fermentation oder die Nutzung genetischer Fortschritte in der Pflanzenzüchtung tragen dazu bei, die Ressourcennutzung zu verbessern und Lebensmittelverluste zu reduzieren (Birner, 2018). Diese Ansätze spiegeln eine Verschiebung von reiner Produktivitätssteigerung hin zu nachhaltigen und ressourcenschonenden Lösungen wider.

Insgesamt zeigt sich, dass der Ernährungssektor in seiner Entwicklung maßgeblich von technologischen, sozialen und ökologischen Einflüssen geprägt wurde. Die Fähigkeit, Überschüsse zu produzieren, schuf die Grundlage für kulturelle und technologische Innovationen, die wiederum die Ernährungssicherheit verbesserten. Die Herausforderung besteht darin, diese Fortschritte angesichts globaler Herausforderungen wie des Klimawandels und wachsender Bevölkerungszahlen fortzuführen und weiterzuentwickeln.

3. Bioökonomische Ansätze in der Gesundheitsversorgung

3.1 Nachhaltige Gesundheitsproduktion

Die nachhaltige Gesundheitsproduktion ist ein zentraler Bestandteil der Bemühungen, ökologische und soziale Verantwortung in einer der ressourcenintensivsten Branchen zu übernehmen. Sie trägt wesentlich zur Erreichung der globalen Nachhaltigkeitsziele (SDGs) bei, insbesondere zu SDG 3 (Gesundheit und Wohlergehen), SDG 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion) und SDG 13 (Klimaschutz). Diese Ziele zielen darauf ab, eine hochwertige Gesundheitsversorgung sicherzustellen, Ressourcen effizienter zu nutzen und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Durch die Integration von Kreislaufwirtschaft und bioökonomischen Ansätzen werden nicht nur Ressourcen geschont und Abfälle minimiert, sondern auch innovative Technologien und Prozesse gefördert, die den Gesundheitssektor widerstandsfähiger und nachhaltiger gestalten (Jeschke; Heupel, 2022).

Der Gesundheitssektor ist eine der ressourcenintensivsten Branchen und trägt maßgeblich zum Rohstoffverbrauch und zur Umweltbelastung bei. In Deutschland werden jährlich rund 107 Mio. t Rohstoffe durch den Gesundheitssektor verbraucht, was etwa 5 % des gesamten Verbrauchs ausmacht (Umweltbundesamt, 2021). Zudem entfallen 5 % bis 8 % des Gesamtenergieverbrauchs auf diesen Bereich (Keim et al., 2019). Neben dem Energie- und Ressourcenbedarf verursacht der Sektor auch signifikante Mengen an CO₂-Emissionen, was die Dringlichkeit unterstreicht, nachhaltige Ansätze zu implementieren. Der Einsatz fossiler Energieträger führt nicht nur zu Klimabelastungen, sondern auch zu Luftverschmutzung, die wiederum gesundheitliche Risiken mit sich bringt (Bundesärztekammer, o.D.). Eine zentrale Strategie zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks der Gesundheitsproduktion ist die Kreislaufwirtschaft, die durch die Prinzipien der Bioökonomie unterstützt wird. So können biobasierte Materialien wie Biokunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wie Mais oder Zuckerrohr hergestellt werden. Diese bieten nicht nur eine nachhaltige Alternative zu fossilen Kunststoffen, sondern reduzieren auch die CO₂-Emissionen um bis zu 70 %. In der Medizintechnik kommen Biokunststoffe in Einwegartikeln wie Spritzen und Kathetern sowie in langlebigen Geräten wie Endoskopen zum Einsatz. Ihre Biokompatibilität und anpassbaren Eigenschaften machen sie besonders geeignet für die hohen Anforderungen im Gesundheitssektor (BioVox, 2024). Gleichzeitig ermöglichen biotechnologische Verfahren eine ressourcenschonende Herstellung von Arzneimitteln, indem sie den Energiebedarf und die chemische Belastung reduzieren. Diese Ansätze stärken den Fokus auf geschlossene Stoffkreisläufe, ein zentrales Ziel der Bioökonomie (BMBF, 2021).

Die effiziente Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil nachhaltiger Praktiken. Technologien wie enzymatische Behandlungsverfahren oder Plasmatechnologie können Arzneimittelrückstände aus Abwässern entfernen und so geschlossene Stoffkreisläufe fördern (Vetter, 2023; INP, 2023). Gleichzeitig können innovative Wärmerückgewinnungssysteme in Dampfsterilisatoren bis zu 80 % der eingesetzten Energie wieder nutzbar machen, was sowohl die Ressourceneffizienz steigert als auch die Kosten senkt (Kugler, 2013). Auch digitale Plattformen und Sharing-Modelle fördern die gemeinsame Nutzung von Medizingeräten. Diese Ansätze tragen zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs bei und unterstützen gleichzeitig eine nachhaltigere Nutzung der verfügbaren Technologien (Umweltbundesamt, 2021).

Die nachhaltige Gesundheitsproduktion bietet somit erhebliche Möglichkeiten, die Umweltbelastung des Gesundheitssektors zu reduzieren, Ressourcen effizienter zu nutzen und die Versorgungssicherheit zu stärken. Im Kontext der Bioökonomie zeigt sich, wie die gezielte Nutzung biologischer Prozesse und nachwachsender Rohstoffe zu geschlossenen Stoffkreisläufen beiträgt und innovative Ansätze wie biobasierte Materialien oder biotechnologische Verfahren ermöglicht. Die Bioökonomie stellt damit eine zentrale Grundlage für eine Transformation des Gesundheitssektors hin zu mehr Nachhaltigkeit dar. Um diese Potenziale voll auszuschöpfen, sind eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Wissenschaft und Industrie sowie ein konsequenter gesellschaftlicher Dialog erforderlich.

3.2 Rolle der Biotechnologie in der Medizin

Die Biotechnologie, insbesondere die rote Biotechnologie, spielt eine zentrale Rolle in der modernen Medizin und Gesundheitsversorgung. Wie in Punkt 2.2 dieser Arbeit dargelegt, wurde die Biotechnologie zunächst allgemein definiert, bevor die rote Biotechnologie als wissensintensive Querschnittstechnologie hervorgehoben wurde. Sie findet Anwendung in der Human- und Veterinärmedizin sowie in der Pharmazie. Diese konzentriert sich auf die Entwicklung von Therapeutika, Diagnostika und biotechnologisch hergestellten Arzneimitteln (Soete, 2006). Mit ihrer weltweit größten Wachstumsdynamik, insbesondere in der pharmazeutischen Industrie und der Medizin, gilt sie als zentraler Innovationsmotor im Gesundheitssektor. Darüber hinaus bietet die rote Biotechnologie im Kontext der Bioökonomie nachhaltige Alternativen zu konventionellen Produktionsmethoden, insbesondere in der Herstellung von Arzneimitteln und medizinischen Produkten. Ihr Beitrag zur Ressourcenschonung und Kosteneffizienz unterstützt nicht nur ökologische Ziele, sondern stärkt auch die wissensbasierte Wirtschaft. Dieses Kapitel untersucht spezifische Entwicklungen, Anwendungen und Potenziale biotechnologischer Verfahren in der Medizin, beleuchtet jedoch auch die damit verbundenen Herausforderungen für die Gesundheitsversorgung.

Entwicklungen in der biotechnologischen Medizin

Die biotechnologische Forschung hat in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt, insbesondere im Bereich der Gentherapie, der Biopharmazeutika und der regenerativen Medizin. Diese Entwicklungen zeigen das enorme Potenzial biotechnologischer Ansätze zur Verbesserung der Gesundheitsversorgung. Sie spielen gleichzeitig eine zentrale Rolle in der Bioökonomie, da sie nachhaltige und ressourcenschonende Lösungen ermöglichen. Die Gentherapie zielt darauf ab, genetisches Material gezielt zu verändern oder zu ergänzen, um genetisch bedingte Krankheiten zu behandeln (Deutscher Bundestag, 2017; Fehse et al., 2021). Verfahren wie die somatische Gentherapie, die Defekte in Körperzellen korrigiert, oder die Keimbahntherapie, die genetische Veränderungen vererben kann, verfolgen sowohl präventive als auch kurative Ansätze. Die Einführung der CRISPR/Cas9-Technologie hat präzise Eingriffe in das Genom ermöglicht, wodurch die Heilung monogenetischer Erkrankungen wie Mukoviszidose oder Sichelzellenanämie in greifbare Nähe rückt (Doudna; Charpentier, 2014). Darüber hinaus bietet die Gentherapie personalisierte Behandlungsansätze für komplexe Krankheiten wie Krebs oder Immunerkrankungen (Fehse et al., 2021).

Indem sie genetisch basierte Präventions- und Therapiemethoden entwickelt, trägt die Gentherapie nachhaltig zur Bioökonomie bei. Sie ermöglicht ressourcenschonende Alternativen zur konventionellen Arzneimittelherstellung und reduziert langfristig die Kosten im Gesundheitssystem. Biopharmazeutika sind hochspezialisierte Arzneimittel, deren Wirkstoffe mithilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt werden. Sie umfassen rekombinante Antikörper, Enzyme und Impfstoffe und stellen mit einem Marktanteil von 34,5 % am deutschen Pharmamarkt einen schnell wachsenden Sektor dar (Lücke et al., 2024). Besonders hervorzuheben sind personalisierte Therapieansätze, die auf genetischen Profilen basieren, sowie innovative Technologien wie die CAR-T-Zelltherapie und mRNA-basierte Impfstoffe (Boehringer Ingelheim, 2025). Diese Biopharmazeutika leisten einen bedeutenden Beitrag zur Bioökonomie, da ihre ressourcenschonende Herstellung die Abhängigkeit von chemisch-synthetischen Produktionsverfahren reduziert. Darüber hinaus fördern sie den Ausbau wissensbasierter Wirtschaftszweige, die ein zentrales Element der Bioökonomie darstellen. Die regenerative Medizin verfolgt das Ziel, geschädigte Zellen, Gewebe oder Organe zu ersetzen, zu regenerieren oder deren Funktion wiederherzustellen. Hierbei kommen zellbasierte Ansätze, Tissue Engineering und biomimetische Materialien zum Einsatz (Mason; Dunnill, 2008). Beispiele sind die Hautregeneration, die Behandlung degenerativer Erkrankungen wie Alzheimer oder Diabetes und die Nutzung von Stammzellen zur Gewebereparatur. In der Bioökonomie spielt die regenerative Medizin eine Schlüsselrolle, da sie auf die nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen setzt. So stellen z.B. nicht-embryonale Stammzellen eine ressourcenschonende Alternative dar, die invasive und ressourcenintensive Behandlungen ersetzen können. Gleichzeitig treibt die Integration neuer Technologien wie Nanotechnologie und KI nicht nur die Gesundheitsversorgung voran, sondern unterstützt auch den Übergang zu einer wissensbasierten Wirtschaft.

Trotz der vielversprechenden Fortschritte stehen Gentherapie, Biopharmazeutika und regenerative Medizin vor einer Reihe von Herausforderungen. Technologische und wissenschaftliche Hürden bleiben aktuell. Beispielsweise birgt die Gentherapie das Risiko sogenannter „Off-Target-Effekte“, bei denen ungewollte genetische Veränderungen auftreten können. Diese können schwerwiegende Nebenwirkungen wie Tumorbildung verursachen (Doudna; Charpentier, 2014; Fehse et al., 2021). Langfristige Auswirkungen genetischer Modifikationen, insbesondere bei Keimbahntherapien, sind noch nicht vollständig erforscht, was Unsicherheiten in der klinischen Anwendung schafft (Deutscher Bundestag, 2017).

Auch die Biopharmazeutika stehen vor Herausforderungen. Hohe Entwicklungskosten und komplexe regulatorische Anforderungen erschweren den Marktzugang und können die Verfügbarkeit dieser Medikamente einschränken (Lücke et al., 2024; Boehringer Ingelheim, 2025). Die regenerative Medizin steht insbesondere bei der Verwendung embryonaler Stammzellen vor ethischen Herausforderungen (Mason; Dunnill, 2008). Technische Herausforderungen, wie die Kontrolle des Zellwachstums oder die Integration gezüchteten Gewebes in den Körper, erfordern weiterhin intensive Forschung. Zudem sind diese innovativen Technologien oft kostenintensiv, wodurch sie bislang nur für wohlhabende Länder oder Individuen zugänglich sind (Fehse et al., 2021).

Zusammenfassend zeigt sich, dass die biotechnologische Medizin nicht nur enorme Chancen bietet, sondern auch ein gezieltes Management ethischer, technischer und ökonomischer Hürden erfordert, um ihr volles Potenzial im Sinne der Bioökonomie auszuschöpfen.

3.3 Fallstudien: Beispiele erfolgreicher Initiativen im Gesundheitssektor

Fallstudien spielen eine entscheidende Rolle, um die theoretischen Konzepte und Ziele der Bioökonomie im Gesundheitssektor greifbar zu machen. Sie veranschaulichen praxisnahe Lösungen, wie innovative und nachhaltige Ansätze konkret umgesetzt werden. Dabei zeigen sie auch, welche Herausforderungen überwunden werden müssen. Während Punkt 3.1 die Bedeutung nachhaltiger Gesundheitsproduktion und Punkt 3.2 die Rolle der Biotechnologie in der Medizin beleuchteten, bietet dieses Kapitel einen Einblick in erfolgreiche Initiativen, die diese Prinzipien in der Praxis umsetzen. Anhand ausgewählter Beispiele werden verschiedene Dimensionen der Bioökonomie dargestellt, unter anderem Kreislaufwirtschaft, biotechnologische Innovationen und Digitalisierung. So wird die Vielseitigkeit und der Einfluss dieser Ansätze im Gesundheitssektor verdeutlicht.

Ein zentraler Aspekt der nachhaltigen Gesundheitsversorgung ist die Kreislaufwirtschaft, die ressourcenschonende Prozesse, Abfallreduktion und Energieeffizienz vereint. Krankenhäuser zählen zu den ressourcenintensivsten Einrichtungen und verbrauchen täglich so viel Energie wie eine Kleinstadt (Blume, 2020). Die weltweite Gesundheitsbranche ist für 4,4 % der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich – eine höhere Belastung als die gesamte Luft- und Schifffahrt zusammen. Ein durchschnittliches deutsches Krankenhaus verbraucht täglich 500 l Wasser pro Patienten und erzeugt mehrere Kilogramm Abfälle, die teilweise auch gefährlich sein können. Trotz strikter Hygienerichtlinien und hoher Sicherheitsanforderungen zeigen sogenannte Green Hospitals, dass nachhaltige Maßnahmen erfolgreich umgesetzt werden können.

Der Übergang zu einem nachhaltigen Krankenhaus beginnt mit der Energieeffizienzsteigerung, beispielsweise durch den Einsatz erneuerbarer Energien wie Photovoltaik, verbesserte Isolierung und optimierte Heizsysteme. Zudem sind nachhaltige Materialstrategien entscheidend. Einige Kliniken setzen auf biobasierte Kunststoffe und Mehrwegsysteme für OP-Textilien, um die Abfallmengen zu reduzieren (Blume, 2020). Ein Vorzeigebispiel für nachhaltiges Krankenhausmanagement ist das REGIOMED Klinikum Lichtenfels, das als „Leuchtturmprojekt“ der Green Hospital Initiative Bayern gilt. Die Planungs- und Bauzeit betrug 9 Jahre, bei Gesamtkosten von 112 Mio. Euro. Durch Maßnahmen wie dreifach verglaste Fenster, Wärmerückgewinnung, Geothermie und den Einsatz von Solar- und Biogasstrom konnte der CO₂-Ausstoß um 75 % und der Energieverbrauch um 60 % gesenkt werden (Blume, 2020). Ein zentraler Aspekt der nachhaltigen Gesundheitsversorgung ist die optimierte Beschaffung und Logistik. So verfolgt das seit 2022 laufende Projekt KliOL (Klimaschutz in Kliniken durch Optimierung der Lieferketten) das Ziel, durch effizientere Bestell- und Lieferstrategien den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren. Dazu gehört die Förderung regionaler Anbieter sowie der Einsatz umweltfreundlicher Verpackungsmaterialien (Raggam et al., 2023). Auch die Wiederverwendung medizinischer Geräte ist ein wichtiger Bestandteil der Kreislaufwirtschaft. Pilotprojekte zur Aufarbeitung von OP-Besteck und Endoskopen zeigen, dass durch die Einführung zertifizierter Wiederverwendungsprogramme die Abfallmenge um bis zu 40 % gesenkt werden kann (Valencia et al., 2024). Die nachhaltige Abfallbewirtschaftung stellt eine zentrale Herausforderung für Krankenhäuser dar. Best Practices zeigen jedoch, dass durch systematische Trennung und Recycling signifikante Einsparungen möglich sind. Beispielsweise haben Kaiser Permanente und die Cleveland Clinic durch die Einführung robuster Abfallmanagementsysteme eine Reduktion des Krankenhausabfalls um 40 % erzielt werden. In Deutschland gelang es dem Universitätsklinikum Freiburg, durch die Einführung moderner Abfalltrennungsmechanismen gefährliche Abfälle um 35 % zu reduzieren (Valencia et al., 2024). Auch im Bereich der Wassereffizienz wurden bedeutende Fortschritte erzielt. So konnte die Cleveland Clinic durch moderne Recyclingsysteme und wassersparende Armaturen den Wasserverbrauch um 30 % senken. Null-Abfluss-Systeme, die 100 % des Abwassers für nicht trinkbare Zwecke aufbereiten, reduzieren nicht nur den Wasserverbrauch, sondern auch den ökologischen Fußabdruck der Kliniken erheblich (Valencia et al., 2024). Die Optimierung der Energieeffizienz in Gesundheitseinrichtungen stellt eine der wirksamsten Strategien zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks dar. Fallstudien aus Deutschland zeigen erfolgreiche Sanierungsprojekte.

Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über erfolgreiche Energieeffizienzmaßnahmen in deutschen Gesundheitseinrichtungen. Sie zeigt konkrete Beispiele für Sanierungsprojekte, die zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen beigetragen haben. Die aufgeführten Krankenhäuser haben durch gezielte bauliche und technische Maßnahmen signifikante Einsparungen erzielt (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2016).

Tabelle 4 – Energieeffizienzmaßnahmen in deutschen Gesundheitseinrichtungen

Krankenhaus	Maßnahmen	Energieeinsparung [MWh/Jahr]	CO₂-Reduktion [t/Jahr]
Krankenhaus Mühlacker	Gebäudesanierung mit Photovoltaik, Wärmedämmung und energieeffizienten Fenstern	193	38,6
Klinikum Stuttgart	Nutzung von Abwärme aus der Kälteerzeugung zur Trinkwassererwärmung	880	1.600
Universitätsklinikum Freiburg	CO ₂ -neutrale Wärmeerzeugung durch Luftkollektoren seit 1995	170	Keine Angabe

Trotz dieser erfolgreichen Initiativen bleibt die nachhaltige Transformation des Gesundheitssektors eine Herausforderung. Derzeit verfügen lediglich 6 % der deutschen Krankenhäuser über eine Nachhaltigkeitsstrategie. Hauptgründe sind finanzielle Hürden, der Kostendruck sowie die strikten Anforderungen an Hygiene und Patientensicherheit (Blume, 2020). Die zentrale Beschaffung stellt eine weitere Barriere dar, da günstigere Lieferanten gegenüber nachhaltigeren, regionalen Alternativen bevorzugt werden (Raggam et al., 2023). Langfristig sind strukturelle Veränderungen erforderlich, um die Kreislaufwirtschaft im Gesundheitssektor voranzutreiben, Hierzu zählen gesetzliche Verpflichtungen, die Integration nachhaltiger Beschaffungsrichtlinien sowie innovative Finanzierungsmodelle für ökologische Investitionen. Studien zeigen zudem, dass nachhaltige Gesundheitskonzepte nicht nur den ökologischen Fußabdruck reduzieren, sondern auch Kosteneinsparungen von bis zu 1.400 Euro pro Krankenhausbett und Jahr ermöglichen (Blume, 2020).

4. Bioökonomie im Bereich Ernährung

4.1 Nachhaltige Lebensmittelproduktion

Die nachhaltige Produktion von Lebensmitteln ist eine zentrale Herausforderung angesichts globaler Krisen wie dem Klimawandel, wachsender Ressourcennachfrage und zunehmender Ernährungsunsicherheit. Im Jahr 2023 waren weltweit zwischen 713 und 757 Millionen Menschen von Hunger betroffen, was etwa 9 % der Weltbevölkerung entspricht. Über 2,33 Milliarden Menschen litten zudem an moderater oder schwerer Ernährungsunsicherheit. Prognosen zufolge wird bis 2030 etwa eine halbe Milliarde Menschen chronisch unterernährt sein (FAO et al., 2024). Diese Zahlen verdeutlichen die Dringlichkeit, globale Lebensmittelsysteme widerstandsfähiger und nachhaltiger zu gestalten.

Der Klimawandel verschärft bestehende Probleme der Lebensmittelproduktion. Seit der vorindustriellen Zeit hat sich die Erdoberfläche um 1,1 °C erwärmt, wobei dieser Anstieg ausschließlich auf anthropogene Treibhausgasemissionen zurückzuführen ist. Extremwetterereignisse wie Dürren, Starkregen und Hitzewellen beeinträchtigen die landwirtschaftliche Produktion, insbesondere in den Tropen, und führen zu Ernteaussfällen sowie steigenden Lebensmittelpreisen (IPCC, 2021). Ohne nachhaltige Gegenmaßnahmen wird die globale Temperatur bis zum Ende des Jahrhunderts rasant ansteigen, wodurch die Risiken für Ernährungssysteme weiter zunehmen (Häusler, 2019).

Strategien zur nachhaltigen Lebensmittelproduktion

Nachhaltige landwirtschaftliche Methoden, wie die Optimierung von Bewässerungssystemen und ein präziser Ressourceneinsatz, bieten effektive Ansätze zur Reduzierung der Umweltbelastung der Landwirtschaft. Gleichzeitig können Effizienzgewinne in der Nahrungsmittelproduktion erzielt werden. Dennoch werden fast ein Drittel der weltweit produzierten Nahrungsmittel verschwendet, was etwa 10 % der globalen Treibhausgasemissionen verursacht (Häusler, 2019).

Die Lebensmittelproduktion ist energieintensiv. In Deutschland entfallen etwa 10 % des Gesamtenergieverbrauchs auf diese Branche, wobei Prozesse wie Erhitzen, Kühlen, Pasteurisieren, Schockfrostern und der Betrieb elektrischer Motoren besonders energieaufwendig sind (Riethmüller, 2020).

Insbesondere die Branchen Fleischerei, Molkerei, Brauerei und Bäckerei tragen mit rund 50 % maßgeblich zum Energieverbrauch der Lebensmittelindustrie bei. Maßnahmen wie Energiemonitoring, die Modernisierung von Kälteanlagen und die Nutzung von Abwärme können den Energieverbrauch erheblich reduzieren. Standards wie ISO 50001 bieten einen systematischen Rahmen, um Energieeffizienzmaßnahmen zu implementieren (Pradella et al., 2019). Die Reduktion von Lebensmittelverschwendung stellt eine zentrale Herausforderung für den Ernährungssektor dar, da jährlich ein erheblicher Anteil der produzierten Nahrungsmittel entlang der Wertschöpfungskette verloren geht oder entsorgt wird. Innovative Technologien und Plattformen bieten vielversprechende Ansätze, um dieser Problematik zu begegnen. Ein bedeutender technologischer Ansatz ist die Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln durch Nanotechnologie und aktive Verpackungen. Nanopartikel können in die Verpackungsmaterialien integriert werden, um das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen und so die Frische von Lebensmitteln länger zu bewahren. Diese Technologien bilden die Grundlage für aktive Verpackungen, die zusätzlich auf Umweltbedingungen reagieren und bspw. antimikrobielle Substanzen freisetzen, um die Produktqualität langfristig zu sichern. Neben einer erhöhten Lebensmittelsicherheit verringern solche Verpackungen den Bedarf an chemischen Konservierungsstoffen und begünstigen die Entwicklung dünnerer, umweltfreundlicherer Lösungen, wodurch der Materialverbrauch reduziert wird (Wissens Chronik, 2024; Zukunftsernährung.de, 2024). Ein weiteres Verfahren zur Haltbarkeitsverlängerung ist die Gefriertrocknung. Durch die nahezu vollständige Entfernung von Wasser wird das Wachstum von Mikroorganismen verhindert, was die Haltbarkeit von Lebensmitteln signifikant verlängert – und das ohne den Einsatz chemischer Konservierungsstoffe. Darüber hinaus bewahrt die Gefriertrocknung die Nährstoffe, Farben, Aromen und Texturen der Produkte, sodass diese auch nach langer Lagerung ihre Qualität behalten. Dies ermöglicht die Verarbeitung landwirtschaftlicher Überschüsse und reduziert Abfälle (FrostX, 2024).

Neben technologischen Innovationen tragen digitale Plattformen wie „Foodsharing“ und „Too Good To Go“ maßgeblich zur Reduzierung von Lebensmittelverschwendung bei. Sie sammeln überschüssige Lebensmittel und verteilen diese weiter oder ermöglichen Verbrauchern, unverkaufte Lebensmittel von Restaurants und Geschäften zu einem reduzierten Preis zu erwerben. Dadurch werden nicht nur Abfälle vermieden, sondern auch CO₂-Emissionen reduziert, die durch die Produktion und Entsorgung dieser Lebensmittel entstehen (Finanz Liebe, 2023; Smarticular, 2024). Solche Plattformen fördern nicht nur einen bewussten Umgang mit Lebensmitteln, sondern stärken auch das gesellschaftliche Bewusstsein für nachhaltigen Konsum.

ESG-Kriterien und Verbraucherperspektiven

Die ESG-Kriterien (Environmental, Social, Governance) gewinnen in der Lebensmittelindustrie zunehmend an Bedeutung und stellen eine wichtige Grundlage für nachhaltige Wertschöpfungsketten dar.

- **Environmental (Umwelt):** Dieser Aspekt umfasst Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen, effizientes Ressourcenmanagement, Nutzung erneuerbarer Energien sowie den Schutz der Biodiversität.
- **Social (Soziales):** Hierzu zählen faire Arbeitsbedingungen, Einhaltung von Menschenrechten, Förderung der Mitarbeitergesundheit und soziale Verantwortung entlang der gesamten Lieferkette.
- **Governance (Unternehmensführung):** Governance-Kriterien betreffen Aspekte wie Transparenz, ethisches Verhalten, Einhaltung regulatorischer Vorgaben sowie die Integration von Nachhaltigkeit in die Unternehmensstrategie.

Die Implementierung von ESG-Kriterien ermöglicht es Unternehmen, Risiken zu minimieren, nachhaltige Geschäftspraktiken zu fördern und ihre Attraktivität für Investoren zu erhöhen. Insbesondere in der Lebensmittelindustrie gewinnen diese Kriterien zunehmend an Bedeutung, da die Branche stark von ökologischen und sozialen Herausforderungen betroffen ist. Gleichzeitig eröffnet die konsequente Umsetzung von ESG-Kriterien Chancen, indem Unternehmen von einem positiven Image profitieren und langfristig Kosten durch umweltfreundliche Prozesse einsparen können (Lebensmitteltechnik Deutschland, 2024).

Eine repräsentative Bevölkerungsbefragung zeigt, dass Verbraucher gute Arbeitsbedingungen, hohe Tierschutzstandards und Umweltfreundlichkeit als zentrale Kriterien bei der Lebensmittelauswahl erachten, jedoch Schwierigkeiten haben, diese Eigenschaften in Produkten zu erkennen. Die Mehrheit der Befragten fordert faire Preise für Landwirte und spricht sich dafür aus, externe Kosten wie Umwelt- und Gesundheitsschäden in Lebensmittelpreise einzubeziehen, auch wenn dies höhere Kosten bedeutet. Zudem wird die Reduzierung von Lebensmittelverschwendung als zentraler Beitrag zum Klimaschutz betrachtet, während regionale und saisonale Lebensmittel ebenfalls hohe Zustimmung erhalten (Verbraucherzentrale Bundesverband, 2021).

Integration landwirtschaftlicher Ansätze

Die Integration landwirtschaftlicher Ansätze ist ein zentraler Bestandteil der nachhaltigen Lebensmittelproduktion und setzt auf enge Kooperation zwischen landwirtschaftlichen Betrieben und dem Ernährungssektor, um kurze Wertschöpfungsketten zu fördern und Ressourcen effizient zu nutzen. Ein Beispiel hierfür ist das Konzept der Community Supported Agriculture (CSA), bei dem Landwirte und Verbraucher als Gemeinschaft zusammenarbeiten. Verbraucher finanzieren die landwirtschaftliche Produktion vorab, was den Landwirten finanzielle Planungssicherheit bietet. Gleichzeitig werden durch kurze Transportwege und lokale Vermarktung Treibhausgasemissionen reduziert, während frische, saisonale und lokal produzierte Lebensmittel direkt vom Bauernhof zur Verfügung stehen. CSA unterstützt zudem den biologischen Anbau, stärkt soziale Netzwerke und schafft Vertrauen zwischen Landwirten und Verbrauchern (Diekmann, 2019).

Ein weiterer Ansatz ist die nachhaltige Agrarwirtschaft, die eine ganzheitliche Betrachtung der Lebensmittelproduktion erfordert. Hierbei werden Bereiche wie Bodenbehandlung, Saatgut, Pflanzenschutz und die Wertschöpfungskette bis zum Endprodukt einbezogen. Zu den Maßnahmen zählen nachhaltige Bewirtschaftungspraktiken zur Vermeidung von Bodendegradation, der Einsatz biologisch abbaubarer Pflanzenschutzmittel sowie die Förderung von Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschonung. Technologische Innovationen wie Smart-Farming-Technologien und regionale Verarbeitungs- und Verpackungslösungen tragen zur Effizienzsteigerung und Reduzierung von Abfällen bei (Jeschke; Breinlinger, 2020).

Darüber hinaus spielen regionale Wertschöpfungsketten eine zentrale Rolle bei der Integration landwirtschaftlicher Ansätze. Die Stärkung lokaler Wirtschaftskreisläufe durch den Aufbau regionaler Verarbeitungsstrukturen und die Förderung von Bio-Wertschöpfungsketten sind entscheidend, um die wirtschaftliche Stabilität und ökologische Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Innovative Projekte wie „RegioKost“ des BMEL unterstützen den Aufbau von Verarbeitungsstrukturen für regionale Lebensmittel, insbesondere für die Außer-Haus-Verpflegung. Diese Maßnahmen reduzieren Transportwege, bewahren lokale Kompetenzen im Lebensmittelhandwerk und fördern die ökologische Lebensmittelwirtschaft (BMEL, 2024). Ansätze wie die Permakultur ergänzen diese Strategien, indem sie langfristig stabile landwirtschaftliche Systeme schaffen, die auf natürlichen Ökosystemen basieren und geschlossene Kreisläufe fördern. Dabei wird der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit durch natürliche Methoden wie Mulching und Kompostierung betont, während Mischkulturen und Fruchtfolgen die Resilienz gegenüber Schädlingen und klimatischen Veränderungen erhöhen (Regele, 2022). Ergänzt wird dies durch innovative Technologien, wie sie das FiBL beschreibt, welche die Regionalisierung von Wirtschaftskreisläufen und die Verbindung von biologischer Produktion mit Regionalität als zentrale Elemente für die nachhaltige Lebensmittelproduktion ansehen (FiBL, o.D.).

Herausforderungen und Chancen

Die vorgestellten Maßnahmen und Konzepte verdeutlichen, dass ein Wandel hin zu einer nachhaltigen Lebensmittelproduktion sowohl notwendig als auch möglich ist. Langfristig wird es entscheidend sein, nicht nur bestehende Systeme zu optimieren, sondern auch innovative Ansätze zu entwickeln, um die Balance zwischen ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Anforderungen zu wahren. Nur durch enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft können die Ernährungssicherheit und Nachhaltigkeit für zukünftige Generationen gewährleistet werden. Die nachhaltige Lebensmittelproduktion steht an einem Wendepunkt, an dem innovative Ansätze und traditionelle Methoden gleichermaßen gefordert sind. Die vorgestellten Maßnahmen und Konzepte zeigen, dass ein Wandel möglich ist, jedoch nur durch Konsequente Zusammenarbeit zwischen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Langfristig wird es entscheidend sein, nicht nur die bestehenden Systeme zu optimieren, sondern auch neue Wege zu entwickeln, um die Balance zwischen ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Anforderungen zu wahren. Die nachhaltige Lebensmittelproduktion ist somit nicht nur ein Ziel, sondern auch ein fortlaufender Prozess, der Anpassung und Innovation erfordert, um die Ernährungssicherheit auch für zukünftige Generationen zu gewährleisten.

4.2 Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen aus der Lebensmittelproduktion

Die effiziente Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen ist ein wesentlicher Bestandteil der Bioökonomie und der Kreislaufwirtschaft. Biogene Abfälle umfassen biologisch abbaubare pflanzliche, tierische oder aus Pilzmaterialien bestehende Stoffe, während Reststoffe Nebenprodukte sind, die bspw. in der Getreideproduktion oder Holzverarbeitung entstehen (Schüch; Hennig, 2020).

Diese Stoffe bieten Potenziale für die energetische und stoffliche Nutzung, fördern Ressourceneffizienz und reduzieren Umweltbelastungen (Schüch; Hennig, 2020). Nebenströme wie Presskuchen oder Rübenschnitzel werden bereits als Futtermittel oder in Fermentationsprozessen verwendet und tragen erheblich zur Wertschöpfung bei (Klein et al., 2023). Dennoch bestehen Herausforderungen, wie lange Transportwege und hohe Logistikkosten, die eine bessere lokale Vernetzung erfordern (Klein et al., 2023).

Die nachfolgende Abbildung 3 veranschaulicht die zentralen Verwertungspfade von Nebenprodukten und Abfällen aus der Lebensmittelproduktion. Diese Darstellung bietet eine Übersicht über die verschiedenen Verwendungsoptionen.

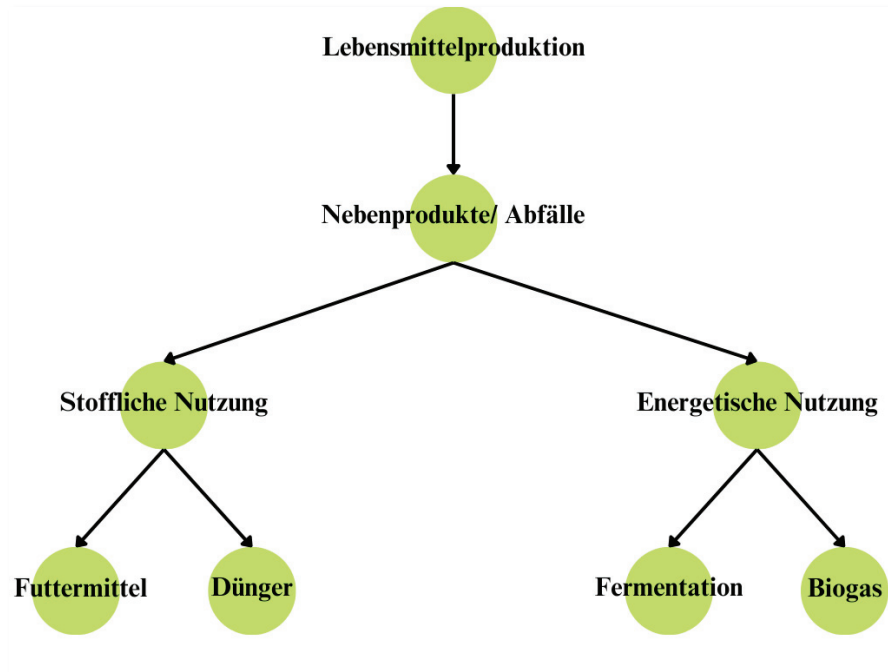


Abbildung 3 – Verwertungspfade von Nebenprodukten und Abfällen aus der Lebensmittelproduktion – eigene Darstellung, in Anlehnung an Schüch; Hennig, (2020); Klein et al., (2023)

Stoffliche Nutzung von Nebenprodukten

Die stoffliche Nutzung von Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion stellt eine vielversprechende Möglichkeit da, Abfälle zu minimieren und Ressourcen effizienter einzusetzen. Nebenprodukte enthalten wertvolle Inhaltsstoffe, die durch innovative Verfahren erschlossen und in neuen Produkten verwendet werden können. Diese Ansätze tragen nicht nur zur Förderung der Kreislaufwirtschaft bei, sondern bieten auch ökonomische und ökologische Vorteile.

Nebenprodukte wie Olivenpressrückstände, Traubentrester oder Zitruschalen enthalten wertvolle bioaktive Verbindungen. Zum Beispiel verbleiben in Olivenpressrückständen bis zu 45 % der ursprünglichen phenolischen Verbindungen der Olive, darunter Oleuropein und Tyrosol-Derivate. Diese Verbindungen weisen stark antioxidative und entzündungshemmende Eigenschaften auf und können in funktionalen Lebensmitteln eingesetzt werden (Di Nunzio et al., 2020)

Auch pflanzliche Nebenprodukte wie Traubentrester und Kartoffelschalen werden zunehmend genutzt. Traubentrester liefert Anthocyane als natürliche Farbstoffe sowie Traubenkernöl, das aufgrund seines hohen Linolsäuregehalts als hochwertiges Speiseöl gilt (Schieber, 2020). Kartoffelschalen enthalten phenolische Verbindungen und Gycolalkaloide, die in pharmazeutischen Anwendungen und als Ballaststoffe in Backwaren verwendet werden können (Schieber, 2020)

Ein weiteres Beispiel für die Nutzung von Nebenprodukten, ist die Herstellung von Biokunststoffen aus Agar, Chitosan und Molke. Diese Materialien bieten eine nachhaltige Alternative zu fossilen Kunststoffen, da sie sowohl eine verbesserte Klimabilanz als auch exzellente technische Eigenschaften, wie hohe Barrierewirkung gegen Sauerstoff, aufweisen (Detzel et al., o.D.). Beispiele hierfür sind PLA-Joghurtbecher, die sowohl technisch als auch wirtschaftlich konkurrenzfähig sind, sowie PEF-Flaschen, die einen verbesserten Schutz für sauerstoffempfindliche Getränke bieten.

Ein zentraler Verwertungsansatz für Nebenprodukte ist ihre Verarbeitung zu Futtermitteln. Raps-Presskuchen, ein Nebenprodukt der Ölgewinnung, dient als proteinreiche Futtermittelkomponente, die besonders in der Milchviehhaltung geschätzt wird. Auch Zuckerrübenschnitzel finden als energiehaltige Futtermittel Verwendung (Susenbeth, 2004). Nebenprodukte wie Gärreste aus der Biogasproduktion werden als organische Düngemittel genutzt, um Nährstoffkreisläufe zu schließen und den Einsatz synthetischer Düngemittel zu reduzieren (Schüch; Hennig, 2020).

Tierische Nebenprodukte wie Schlachtabfälle oder Küchenabfälle werden ebenfalls stofflich genutzt. Diese können zu Düngemitteln, Futtermitteln oder sogar zu Kosmetikprodukten verarbeitet werden. Tierische Fette und Öle bieten zudem Potenzial für die Herstellung von Biokraftstoffen. In der EU fallen jährlich über 20 Mio.t TNP an, die unter strengen Sicherheitsstandards verarbeitet werden müssen, um Gesundheits- und Umweltgefahren zu minimieren (EFSA, o.D.)

Eine vielversprechende Innovation ist die insektenbasierte Verwertung von Bioabfällen. Obst-, Gemüse- und Küchenreste können als Futtermittel für die Insekten wie Grillen oder Mehlwürmer dienen. Diese Insekten wandeln die Abfälle effizient in hochwertige Proteine um, die sowohl in der Tierzucht als auch potenziell in der menschlichen Ernährung verwendet werden können (BMBF, 2020).

Organische Rückstände aus der Insektenproduktion können zu dem als Dünger in der Landwirtschaft genutzt werden und tragen so zur Schließung von Stoffkreisläufen bei. Darüber hinaus ist die Insektenproduktion deutlich umweltfreundlicher als traditionelle Tierhaltung, da sie weniger Treibhausgase erzeugt und große Mengen an Abfällen in kurzer Zeit verwerten kann. Dennoch sind weitere Forschungen erforderlich, um optimale Bedingungen für diese Verwertung zu schaffen (BMBF, 2020).

Die stoffliche Nutzung von Nebenprodukten bietet erhebliche Potenziale, darunter die Reduzierung von Abfällen, die Förderung der Kreislaufwirtschaft und die Entwicklung neuer, nachhaltiger Produkte. Gleichzeitig bestehen Herausforderungen wie logistische Hürden, hohe Kosten für Transport und Lagerung sowie regulatorische Anforderungen. Technologische Innovationen und Forschung sind erforderlich, um die Verarbeitungseffizienz weiter zu verbessern und die Nutzung von Nebenprodukten wirtschaftlich attraktiver zu gestalten.

Energetische Nutzung

Die energetische Nutzung biogener Reststoffe und Abfällen stellt einen zentralen Ansatz zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zur Bereitstellung erneuerbarer Energiequellen dar. Sie verbindet ökologische Vorteile mit wirtschaftlicher Ressourceneffizienz und bietet wichtige Lösungen für eine nachhaltige Energieversorgung.

Biogasanlagen spielen eine Schlüsselrolle in der energetischen Nutzung von biogenen Reststoffen. Durch die anaerobe Vergärung von organischen Abfällen, wie Gülle, Bioabfällen oder Klärschlamm, entsteht Biogas, das Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) enthält. Dieses Biogas kann direkt zur Energieerzeugung genutzt oder nach Aufbereitung als Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist werden (Scholwin et al., 2019). Studien zeigen, dass Gülle derzeit zu etwa 30 % in Biogasanlagen genutzt wird, wobei ein Potenzial zur Verdopplung besteht (Scholwin et al., 2019). In Deutschland gibt es rund 9.600 Biogasanlagen, die 2021 etwa 50 Terrawattstunden Strom erzeugt haben, was 11 % der erneuerbaren Stromproduktion entspricht (Fraunhofer IGB, 2022).

Das technische Potenzial von Biomasse in Deutschland wird auf 86 – 140 Mio.t Trockenmasse geschätzt, wobei bereits zwischen 65 % und 84 % dieses Potenzial genutzt werden. Zusätzliche ungenutzte Potenziale bestehen insbesondere bei Bioabfällen, Gülle und Stroh, deren Nutzung um bis zu 340 % gesteigert werden könnte (Brosowski, 2021; Scholwin et al., 2019). Landwirtschaftliche Reststoffe wie Getreidestroh und Waldrestholz bieten ebenfalls erhebliche Möglichkeiten für die Energieerzeugung (Wiegmann et al., 2008).

Moderne Technologien wie die Hochlastfaulung, die in Kläranlagen eingesetzt wird, ermöglichen eine effiziente Biogasausbeute und verbessern die Handhabung und Weiterverarbeitung von Klärschlamm (Fraunhofer IGB, 2022). Darüber hinaus fördern Bioraffinerien die vollständige Verwertung von Biomasse, indem sie sowohl stoffliche als auch energetische Anwendungen kombinieren (Lohmann; Graf, 2022). Die Flexibilisierung von Bioenergieanlagen zur bedarfsorientierten Biogaserzeugung stellt einen wichtigen Ansatz dar, um Schwankungen in der Energieproduktion auszugleichen (BMWK, o.D.).

Die Biogasproduktion bietet eine Vielzahl an ökologischen und ökonomischen Vorteilen, die sie zu einer zentralen Komponente der nachhaltigen Energieversorgung machen. Ein wesentlicher Beitrag liegt in der Reduktion von Treibhausgasemissionen, insbesondere durch die Vermeidung von Emissionen, die bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle entstehen würden (Scholwin et al., 2019). Darüber hinaus ermöglicht die Biogasproduktion die Bereitstellung von Strom, Wärme und Kraftstoffen, die fossile Energieträger effektiv ersetzen können. Dies trägt nicht nur zur Minderung der Abhängigkeit von fossilen Ressourcen bei, sondern leistet auch einen bedeutenden Beitrag zur Energiewende (Fraunhofer IGB, 2022). Ein weiterer Vorteil ist die kreislauforientierte Nutzung von Gärresten. Diese Nebenprodukte der Biogasproduktion können als Düngemittel zur Bodenverbesserung eingesetzt werden, wodurch Nährstoffe in den Kreislauf zurückgeführt und die Bodenqualität langfristig gefördert wird (Brosowski, 2021).

Die energetische Nutzung biogener Reststoffe steht vor verschiedenen Herausforderungen. Dazu gehören logistische Probleme wie Transport und Lagerung, hohe Investitionskosten für Biogasanlagen sowie strenge gesetzliche Anforderungen (Scholwin et al., 2019). Zudem ist die begrenzte Verfügbarkeit von Biomasse ein wesentlicher Faktor, der die Nutzungskonkurrenzen zwischen stofflicher und energetischer Verwertung verstärkt (BMWK, o.D.).

Ein zukünftiger Ansatz besteht in der Kombination von stofflicher und energetischer Nutzung innerhalb eines Kaskadensystems. Dies maximiert die Ressourceneffizienz, indem Biomasse zuerst stofflich genutzt wird und dann anschließend energetisch verwertet wird (Lohmann; Graf, 2022). Weitere Forschungsschwerpunkte umfassen die Entwicklung innovativer Technologien zur Steigerung der Effizienz sowie der Rückgewinnung von Nährstoffen aus Reststoffen (BMWK, o.D.).

4.3 Innovative bioökonomische Praktiken im Ernährungssektor

Die nachhaltige Transformation des Ernährungssektors ist eng mit den globalen Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen verknüpft. Während in den vorangegangenen Kapiteln traditionelle nachhaltige Produktionsmethoden und die effiziente Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen im Sinne der Kreislaufwirtschaft behandelt wurden, widmet sich dieses Kapitel innovativen Ansätzen, die das Potenzial haben, den Ernährungssektor grundlegend zu verändern. Diese Praktiken beruhen auf technologischen, biotechnologischen und organisatorischen Innovationen und gehen über die Optimierung bestehender Systeme hinaus, um nachhaltigere und zukunftsfähigere Ernährungssysteme zu schaffen. Wie in Abbildung 4 dargestellt, stehen besonders die Ziele SDG 2 (Kein Hunger), SDG 12 (Nachhaltige/r Konsum und Produktion) und SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) im Fokus dieser Ansätze.



Abbildung 4 -Übersicht der SDGs, die durch innovative bioökonomische Praktiken im Ernährungssektor adressiert werden, mit Fokus auf SDG 2 (kein Hunger), SDG 12 (Nachhaltige/r Konsum und Produktion und SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) – eigene Darstellung in Anlehnung an United Nations (2025)

Die Biotechnologie bietet zahlreiche Möglichkeiten, die Lebensmittelproduktion effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist die Reduktion gesundheitsschädlicher Stoffe. Beispielsweise können durch enzymatische Verfahren unerwünschte Nebenprodukte in Weizen- oder Sojaproteinen gespalten werden. Ebenso wird Acrylamid, ein schädlicher Stoff in Brot und Chips, durch enzymatische Prozesse reduziert (Baumann, 2014). Gleichzeitig tragen genomische und molekulargenetische Analysen zur Ertragssteigerung, Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegen Umweltstressoren und Erhöhung der Lebensmittelqualität bei. Auch die Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln durch spezielle Enzyme, die biologische Abbauprozesse verzögern, spielt eine bedeutende Rolle. Dies reduziert Lebensmittelabfälle erheblich und fördert nachhaltige Produktionsketten. Zukünftig könnte die Erschließung neuer Rohstoffe, wie holziger Pflanzenbestandteile, zur Human- und Tierernährung beitragen und weitere Fortschritte in der Ressourcenschonung und Qualitätsverbesserung ermöglichen (Baumann, 2014).

Ein weiteres vielversprechendes Forschungsfeld sind Mikroalgen, die wertvolle Stoffe wie Lipide, Proteine, Pigmente und bioaktive Verbindungen produzieren. In der Aquakultur bereichern sie Fischfutter mit essenziellen Nährstoffen wie EPA, DHA und Beta-Carotin und verbessern so die Gesundheit von Zuchtfischen (Ambily et al., 2024). Mit der CRISPR-Technologie lassen sich das Wachstum, die Photosynthese, die Lipidproduktion und die Stressresistenz von Mikroalgen gezielt optimieren. Beispiele für erfolgreiche Anwendungen sind die Steigerung der Zeaxanthin-Produktion bei *Chlamydomonas reinhardtii*, die Erhöhung der Lipidproduktion bei *Phaeodactylum tricornutum* und die Optimierung von Stoffwechselwegen zur Herstellung bioaktiver Verbindungen wie Fucoxanthin bei *Nannochloropsis spp.* (Ambily et al., 2024). Trotz ihrer Vorteile, wie geringerem Flächenbedarf und Ressourcenschonung, stellen hohe Produktionskosten und die Notwendigkeit spezies-spezifischer Methoden weiterhin Herausforderungen dar.

Die zelluläre Landwirtschaft bietet eine nachhaltige Alternative zur konventionellen Tierhaltung. Milchkomponenten können durch die Kultivierung von Milchdrüsenzellen in Bioreaktoren oder mittels fermentationsbasierter Technologien hergestellt werden. Bei fermentationsbasierten Verfahren werden gentechnisch veränderte Mikroorganismen eingesetzt, um Proteine wie Kasein und Molkenprotein zu produzieren. Zellkultur-basierte Technologien kultivieren hingegen spezifische Zellen zur Herstellung von Milchkomponenten. Diese Ansätze reduzieren Treibhausgasemissionen, den Ressourcenverbrauch und ethische Probleme der Massentierhaltung erheblich (Kwon et al., 2024).

Technologische Fortschritte, wie 3D-Zellkulturen und verbesserte Membranfiltration, könnten in Zukunft die Produktionskosten senken und die Effizienz weiter steigern. Präzisionsfermentation ermöglicht die Herstellung bioidentischer tierischer Proteine, ohne dass Tiere dafür benötigt werden. Mikroorganismen wie Hefen oder Pilze werden genetisch so modifiziert, dass sie Proteine wie Kasein und Molkenproteine produzieren. Diese Technologie reduziert den ökologischen Fußabdruck erheblich, da weniger Wasser und Land benötigt werden und die Produktion unabhängig von klimatischen Schwankungen erfolgt (Nielsen et al., 2024; Knychala et al., 2024). Bereits heute produzieren Unternehmen wie Perfect Day tierfreie Milchprodukte, die geschmacklich und funktionell denen herkömmlicher Produkte gleichen. Dennoch bleiben Herausforderungen wie hohe Produktionskosten und regulatorische Hürden bestehen. Eine weitere innovative Technologie ist der 3D-Lebensmitteldruck, der die Individualisierung und Anpassung von Lebensmitteln ermöglicht. Mit extrusions- und pulverbasierten Verfahren lassen sich Produkte wie Schokolade, Pasta und Fruchtgummi passgenau herstellen. Diese Technologie reduziert Lebensmittelabfälle und fördert die nachhaltige Nutzung regionaler Rohstoffe (Franke et al., 2018; Vogt, 2017). Ein besonderes Einsatzgebiet ist die Entwicklung spezieller Gerichte für ältere Menschen und Menschen mit Ernährungsproblemen, wie im EU-Projekt PERFORMANCE demonstriert. Hier werden Mahlzeiten auf individuelle Bedürfnisse und Nährstoffanforderungen abgestimmt. Künstliche Intelligenz revolutioniert die personalisierte Ernährung durch die Analyse von Gesundheitsdaten, Ernährungsgewohnheiten und Umweltfaktoren. KI-Systeme generieren individuelle Empfehlungen, analysieren Mahlzeiten über digitale Foto-Ess-Tagebücher und bieten adaptive Interventionen zur Förderung gesunder Ernährungsgewohnheiten (Schirmann et al., 2023; Renner et al., 2023). Diese Technologien sparen Zeit, sind skalierbar und können nachhaltige Konsummuster fördern. Herausforderungen bestehen jedoch in Datenschutzfragen, der Zugänglichkeit und der Einhaltung ethischer Standards (Renner et al., 2023).

Diese innovativen bioökonomischen Praktiken verdeutlichen, wie technologische Fortschritte zur Nachhaltigkeit beitragen und den Ernährungssektor transformieren können. Sie leisten einen entscheidenden Beitrag zur Lösung globaler Herausforderungen wie Ernährungssicherheit und Klimaschutz. Ihre Weiterentwicklung und breite Anwendung werden zukünftig von zentraler Bedeutung sein, um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

5. Rechtliche Rahmenbedingungen und politische Maßnahmen

5.1 Bioökonomie auf europäischer Ebene: Herausforderungen und Chancen

Die Bioökonomie ist ein zentraler Bestandteil der europäischen Nachhaltigkeitsstrategie und spielt eine wesentliche Rolle in der Transformation hin zu einer ressourcenschonenden und klimafreundlichen Wirtschaft. Bereits 2012 veröffentlichte die Europäische Union ihre erste Bioökonomiestrategie, die 2018 überarbeitete und erweitert wurde. Die Strategie verfolgt das Ziel, biobasierte Innovationen zu fördern, nachhaltige Wertschöpfungsketten zu etablieren und die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen zu reduzieren. Sie ist eng mit anderen politischen Programmen wie dem Green Deal, der Farm-to-Fork-Strategie und dem Horizon Europe-Forschungsprogramm verknüpft. Trotz der ehrgeizigen Zielsetzungen stehen die bioökonomischen Maßnahmen der EU vor verschiedenen Herausforderungen. Dazu gehören regulatorische Uneinheitlichkeit zwischen den Mitgliedstaaten, Zielkonflikte zwischen wirtschaftlichen Interessen und Umweltzielen sowie technische und wirtschaftliche Hürden in der Umsetzung. Gleichzeitig bietet die Bioökonomie auf europäischer Ebene große Chancen, etwa durch die Förderung nachhaltiger Innovationsprozesse, die Schaffung neuer Märkte für biobasierte Produkte und eine globale Vorreiterrolle in der Umweltpolitik. Um die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der europäischen Bioökonomiestrategie strukturiert zu analysieren, wird im Folgenden eine SWOT-Analyse durchgeführt. Die Ergebnisse der SWOT-Analyse sind in der Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 5 - SWOT-Analyse der Bioökonomie auf europäischer Ebene

Kategorie	Bioökonomie auf europäischer Ebene
Stärken	<ul style="list-style-type: none"> - Integriert in den EU Green Deal – Bioökonomie ist Teil der langfristigen Nachhaltigkeitsstrategie der EU - EU-Forschungsförderung – Programme wie Horizon Europe und Farm-to-Fork fördern Innovationen im Bereich Bioökonomie - Technologische Fortschritte – Fortschritte in Biotechnologie, Fermentationstechnologien und alternativen Proteinen ermöglichen nachhaltige Lösungen - Förderung der Kreislaufwirtschaft – Bioökonomie kann Abfälle reduzieren und ressourcenschonende Produktionsmethoden unterstützen
Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> - Regulatorische Uneinheitlichkeit – Unterschiedliche nationalen Regelungen erschweren eine einheitliche Umsetzung in der EU - Fehlende Infrastruktur – Recycling- und Kreislaufwirtschaftssysteme für biobasierte Produkte sind oft unzureichend ausgebaut - Hohe Produktionskosten – Biobasierte Produkte sind oft teurer als fossile Alternativen, was die Marktakzeptanz erschwert - Schwierigkeiten bei der Mengensteuerung – Keine einheitlichen Maßnahmen zur Begrenzung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe oder tierischer Produkte
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> - Internationale Vorreiterrolle – EU kann durch Umweltstandards und Handelsabkommen weltweit eine Führungsposition einnehmen - Neue Märkte für biobasierte Produkte – Entwicklung nachhaltiger Alternativen für Kunststoffe, Lebensmittel und Materialien - Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen – Bioökonomie kann helfen, die EU unabhängiger von fossilen Ressourcen zu machen - Schaffung neuer Arbeitsplätze – Besonders im ländlichen Raum könnten nachhaltige Industrien gefördert werden
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> - Carbon Leakage und Wettbewerbsnachteile – Strenge EU-Vorgaben könnten dazu führen, dass Produktion in Drittstaaten mit geringeren Umweltstandards verlagert wird - Interessen von Industrie und Landwirtschaft – Widerstand gegen schärfere Regulierungen (z.B.: Pestizidreduktion, Tierhaltungsbegrenzung) aus wirtschaftlichen Gründen - Langsame politische Entscheidungsprozesse – Umsetzung neuer Regularien dauert oft Jahre, was Fortschritte hemmt - Landnutzungskonflikte – Konkurrenz zwischen Biomasseproduktion, Lebensmittelanbau und Naturschutz

Die SWOT-Analyse zeigt, dass die europäische Bioökonomiestrategie sowohl erhebliche Stärken und Chancen als auch wesentliche Schwächen und Risiken aufweist. Während politische Maßnahmen und Förderprogramme die Entwicklung der Bioökonomie begünstigen, bestehen weiterhin regulatorische, wirtschaftliche und ökologische Herausforderungen, die eine nachhaltige Umsetzung erschweren. Die Integration in den European Green Deal und die damit verknüpfte Farm-to-Fork-Strategie verdeutlichen die politische Relevanz dieses Wirtschaftssektors auf EU-Ebene (Ekardt et al., 2021). Durch umfangreiche Förderprogramme wie Horizon Europe sowie die Bereitstellung nationaler und regionaler Fördermittel erhalten Forschungseinrichtungen und Unternehmen gezielte Unterstützung bei der Entwicklung biobasierter Innovationen (Kiresiewa et al., 2019). Die Bioökonomie bietet dabei die Möglichkeit, die europäische Wirtschaft schrittweise unabhängiger von fossilen Rohstoffen zu machen und eine nachhaltigere Ressourcenbewirtschaftung zu etablieren (Ekardt et al., 2021). Ein wesentlicher Vorteil liegt in der Förderung von Technologien im Bereich Biotechnologie, Fermentation und alternativen Proteinen, die das Potenzial haben, eine ressourcenschonendere und klimafreundlichere Produktion in der Lebensmittel-, Chemie- und Agrarwirtschaft zu ermöglichen (Kiresiewa et al., 2019). Die Bioökonomie kann zudem zur regionalen Wirtschaftsförderung beitragen, insbesondere durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze im Bereich der nachhaltigen Landwirtschaft, Kreislaufwirtschaft und biobasierter Produktion (Ekardt et al., 2021). Die EU hat hierbei die Möglichkeit, durch internationale Umwelt- und Handelsabkommen globale Standards für nachhaltige bioökonomische Wertschöpfungsketten zu setzen und eine internationale Vorreiterrolle einzunehmen (Kiresiewa et al., 2019). Trotz dieser positiven Entwicklungen gibt es jedoch erhebliche Herausforderungen. Eine der größten Schwächen ist die regulatorische Uneinheitlichkeit innerhalb der EU, die dazu führt, dass Mitgliedsstaaten ihre Bioökonomiestrategien unterschiedlich umsetzen, was die Schaffung eines einheitlichen Marktes für biobasierte Produkte erschwert (Ekardt et al., 2021). Zudem fehlt es an einer effektiven Mengensteuerung, sodass die Nutzung fossiler Rohstoffe oder nicht nachhaltiger Biomasse weiterhin preislich attraktiver bleibt als biobasierte Alternativen (Ekardt et al., 2021). Vor diesem Hintergrund entstehen Wettbewerbsnachteile für nachhaltige Unternehmen, die sich in einem Markt mit etablierten fossilen Industrien behaupten müssen. Ein weiteres Problem besteht in den hohen Produktionskosten biobasierter Produkte, die den Markteintritt erschweren und eine breite Marktdurchdringung verlangsamen (Kiresiewa et al., 2019). Viele biobasierter Alternativen sind aktuell noch teurer als ihre fossilen Gegenstücke, insbesondere wenn sie nicht in einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft eingebunden sind.

Die fehlende Infrastruktur für Recycling und Biomasseverarbeitung stellt ein weiteres Hindernis dar, das die langfristige Nachhaltigkeit bioökonomischer Produkte infrage stellt (Ekardt et al., 2021). Auf globaler Ebene könnte sich das Problem des Carbon Leakage verschärfen, da Unternehmen mit hohen Umweltauflagen ihre Produktion in Länder mit geringeren Standards verlagern. Dadurch wird die Gesamtbilanz der Treibhausgasemissionen nicht verringert, sondern lediglich geographisch verlagert (Ekardt et al., 2021). Ein weiteres Risiko ergibt sich aus Landnutzungskonflikte, da eine verstärkte Biomassenutzung zu Konkurrenzsituationen zwischen der Nahrungsmittelproduktion, industriellen Nutzung und Naturschutzinteressen führen kann (Kiresiewa et al., 2019). Schließlich könnten langsame politische Entscheidungsprozesse die Umsetzung wichtiger Maßnahmen verzögern. Da die Abstimmung auf europäischer Ebene zwischen verschiedenen politischen Agenden wie der Gemeinsamen Agrarpolitik, der Kreislaufwirtschaftsstrategie und den Klimaschutzzielen äußerst komplex ist, stellt sie eine besondere Herausforderung dar. (Ekardt et al., 2021).

Die SWOT-Analyse macht deutlich, dass die Bioökonomie auf europäischer Ebene ein großes Innovationspotenzial bietet, jedoch noch zahlreiche strukturelle Herausforderungen bewältigt werden müssen. Um die positiven Effekte der Bioökonomiestrategie bestmöglich zu nutzen und ihre Risiken zu minimieren, sollten gezielte politische Maßnahmen ergriffen werden:

1. Harmonisierung der Bioökonomie-Strategien innerhalb der EU, um regulatorische Uneinheitlichkeit zu reduzieren und einen einheitlichen Binnenmarkt für biobasierte Produkte zu schaffen.
2. Stärkere Investitionen in Kreislaufwirtschaft und Recycling-Infrastrukturen, um die Nachhaltigkeit biobasierter Produkte zu gewährleisten.
3. Einführung einer effektiven Mengensteuerung für fossile Rohstoffe und nicht nachhaltige Biomassenutzung, um wirtschaftliche Anreize für die Bioökonomie zu erhöhen.
4. Aufbau eines europäischen Zertifizierungssystem für nachhaltige Biomasse, um Wettbewerbsnachteile auszugleichen und den Marktzugang für biobasierte Innovationen zu erleichtern.
5. Förderung von Bildungs- und Forschungsprogrammen, um Unternehmen und Verbraucher über die Vorteile der Bioökonomie aufzuklären und die Akzeptanz biobasierter Produkte zu erhöhen.

Durch diese Maßnahmen könnte die Bioökonomie langfristig zu einem zentralen Pfeiler der nachhaltigen Wirtschaftstransformation in der EU werden. Die EU hat hierbei die Chance, eine Vorreiterrolle zu übernehmen und internationale Maßstäbe für eine ressourcenschonende, klimafreundliche und sozial gerechte Wirtschaftsweise zu setzen.

5.2 Nationale Ansätze: Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern

Während die europäische Bioökonomiestrategie einen übergeordneten Rahmen für die Entwicklung einer nachhaltigen, biobasierten Wirtschaft vorgibt (Punkt 5.1), erfolgt die konkrete Umsetzung auf nationaler und regionaler Ebene. Die Mitgliedsstaaten der EU gestalten ihre eigenen bioökonomischen Strategien und politischen Maßnahmen, die sich an den spezifischen wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen orientieren. In Deutschland bildet die Nationale Bioökonomiestrategie (2020) die zentrale Leitlinie für die Transformation zu einer ressourcenschonenden Wirtschaftsweise. Sie definiert Ziele, Fördermaßnahmen und regulatorische Rahmenbedingungen, um bioökonomische Innovationen zu fördern und eine nachhaltige Nutzung biogener Ressourcen sicherzustellen. Neben der nationalen Strategie entwickeln die Bundesländer eigene regionale Konzepte und Initiativen, um die Bioökonomie an die landesspezifischen Gegebenheiten anzupassen. Ein Beispiel hierfür ist das Bundesland MV, das derzeit an einer eigenen Bioökonomiestrategie arbeitet. Aufgrund seiner landwirtschaftlich geprägten Wirtschaftsstruktur und der Verfügbarkeit biogener Ressourcen bietet das Bundesland besonders großes Potenzial für eine nachhaltige Bioökonomie. Darüber hinaus wurde die Region nordöstliches Mecklenburg-Vorpommern als Modellregion für die industrielle Bioökonomie identifiziert. In diesem Punkt werden die rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Maßnahmen auf nationaler Ebene und regionaler Ebene analysiert. Dabei wird sowohl die nationale Strategie als auch die laufende Entwicklung der Bioökonomiestrategie in Mecklenburg-Vorpommern betrachtet.

Nationale Bioökonomiestrategie (2020)

Die Nationale Bioökonomiestrategie wurde 2020 von der Bundesregierung verabschiedet und dient als zentrale Leitlinie für die Entwicklung einer nachhaltigen, biobasierten Wirtschaft in Deutschland. Sie vereint die früheren Konzepte der Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 und der Politikstrategie Bioökonomie in einem kohärenten Rahmen. Die Strategie soll die Transformation zu einer ressourcenschonenden Wirtschaftsweise beschleunigen (BMBF; BMEL, 2020). Durch die Förderung von Innovationen und die nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen sollen wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Herausforderungen bewältigt werden.

Die Nationale Bioökonomiestrategie basiert auf zwei grundlegenden Prinzipien, die die strategische Ausrichtung der Bioökonomie bestimmen. Abbildung 5 verdeutlicht diese beiden Leitprinzipien. Diese beiden Prinzipien bilden die Grundlage für die weiteren strategischen Maßnahmen und Handlungsfelder der Bioökonomiestrategie.

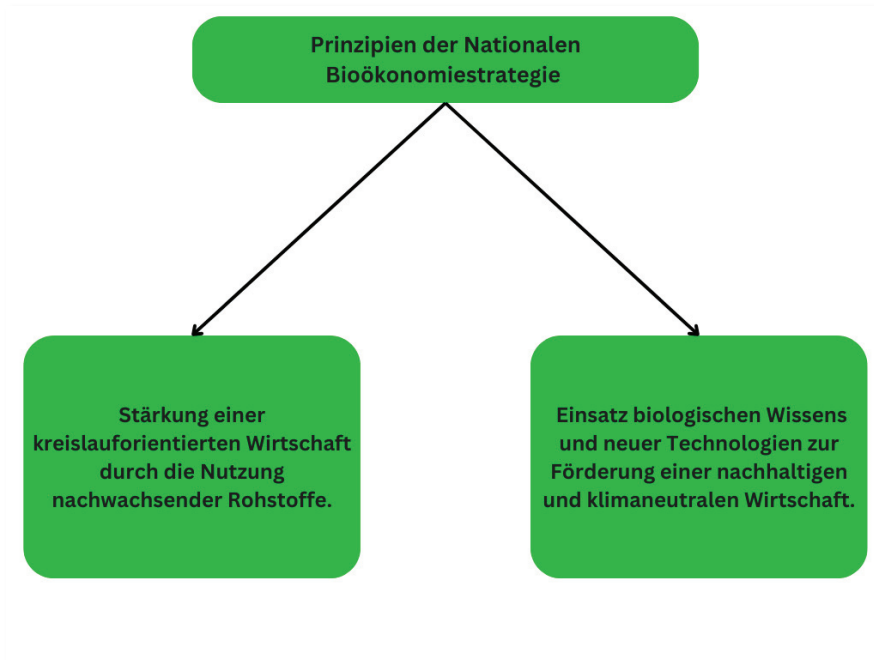


Abbildung 5 – Prinzipien der Nationalen Bioökonomiestrategie – eigene Darstellung in Anlehnung an BMBF; BMEL (2020)

Basierend auf diesen Prinzipien lassen sich sechs zentrale Handlungsfelder ableiten, die die Umsetzung der Strategie strukturieren. Diese sind in Abbildung 6 dargestellt. Jedes dieser Handlungsfelder trägt dazu bei, die übergeordneten Prinzipien der Bioökonomiestrategie in konkrete Maßnahmen zu überführen.



Abbildung 6 – Zentrale Handlungsfelder der Nationalen Bioökonomiestrategie – eigene Darstellung in Anlehnung an BMBF; BMEL, (2020)

Um die Ziele der Nationalen Bioökonomiestrategie (2020) zu verwirklichen, verfolgt die Bundesregierung einen ganzheitlichen Ansatz, der auf verschiedene Fördermaßnahmen und politische Strategien setzt. Ein zentrales Element bildet die Forschungsförderung, bei der gezielt wissenschaftliche Projekte in Bereichen wie Biotechnologie, nachhaltige Kreislaufwirtschaft und ressourcenschonende Landwirtschaft finanziell unterstützt werden. Diese Investitionen sollen neue technologische Entwicklungen vorantreiben und die Grundlagen für innovative Anwendungen schaffen (BMBF; BMEL, 2020). Ergänzend dazu setzt die Regierung auf eine Innovationsförderung, die Unternehmen Anreize bietet, biobasierte Produkte und Verfahren auf den Markt zu bringen. Durch gezielte finanzielle Unterstützung und Erleichterungen bei der Markteinführung sollen nachhaltige Alternativen zur konventionellen Wirtschaft gestärkt werden (BMBF; BMEL, 2020). Ein weiteres Instrument sind regulatorische Anpassungen, durch die politische Rahmenbedingungen geschaffen werden, um den Wandel zu einer biobasierten Wirtschaftsweise zu erleichtern. Gesetzliche Anreize sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Marktbedingungen sollen dazu beitragen, dass nachhaltige Technologien schneller implementiert werden können (BMBF; BMEL, 2020). Darüber hinaus werden regionale Pilotprojekte gefördert, um bioökonomische Innovationen in der Praxis zu erproben und weiterzuentwickeln. Bestimmte Regionen, darunter Mecklenburg-Vorpommern, wurden als Modellstandorte identifiziert, in denen neue bioökonomische Konzepte unter realen Bedingungen getestet werden.

Diese Modellregionen sollen als Vorbild für eine breitere Umsetzung auf nationaler Ebene dienen und die Bioökonomie gezielt in strukturschwachen oder landwirtschaftlich geprägten Gebieten stärken (BMBF, BMEL, 2020).

Durch diese kombinierten Maßnahmen strebt die Bundesregierung eine nachhaltige Transformation der Wirtschaft an, die sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile mit sich bringt.

Die Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie erfolgt im Einklang mit bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen, die verschiedene Aspekte der nachhaltigen Produktion und Ressourcennutzung regulieren. Ein zentrales Gesetz in diesem Zusammenhang ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), das die nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen fördert und darauf abzielt, Stoffkreisläufe möglichst effizient zu schließen. Insbesondere im Bereich der Bioökonomie spielt das Prinzip der Wiederverwertung eine entscheidende Rolle, um Rohstoffverluste zu minimieren und Abfallströme in Wertschöpfungsketten zu integrieren (BMBF; BMEL, 2020). Ein weiteres wichtiges Regelwerk stellt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) dar, das die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie unterstützt. Durch finanzielle Anreize und Fördermaßnahmen sollen Unternehmen und landwirtschaftliche Betriebe verstärkt auf erneuerbare Energie setzen. So sollen fossile Brennstoffe ersetzt und die Klimaneutralität gefördert werden (BMBF, BMEL, 2020). Im Bereich der Lebensmittelsicherheit setzt das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) verbindliche Standards für biobasierte Produkte. Diese Vorschriften gewährleisten, dass Lebensmittel und Futtermittel, die aus biotechnologischen Prozessen oder erneuerbaren Rohstoffen gewonnen werden, den geltenden Sicherheits- und Qualitätsanforderungen entsprechen (BMBF; BMEL, 2020). Darüber hinaus legt das Gentechnikgesetz (GenTG) die Rahmenbedingungen für die Anwendung biotechnologischer Verfahren fest. Besonders im Bereich der Bioökonomie, in dem innovative biotechnologische Lösungen eine wachsende Rolle spielen, schafft das Gesetz klare Richtlinien für Forschung, Entwicklung und den Einsatz genetisch veränderter Organismen (BMBF; BMEL, 2020). Diese gesetzlichen Vorgaben bilden die rechtliche Grundlage für die Umsetzung bioökonomischer Maßnahmen in Deutschland. Sie sorgen für ein Gleichgewicht zwischen Innovationsförderung, nachhaltiger Ressourcennutzung und dem Schutz von Umwelt sowie Verbraucherinteressen.

Ein besonderer Fokus der Strategie liegt auf den Sektoren Gesundheit und Ernährung, da bioökonomische Innovationen hier große Potenziale bieten. Die Entwicklung neuer nachhaltiger Lebensmittelquellen, biotechnologischer Verfahren für die Medizin und ressourcenschonender Produktionsmethoden sind zentrale Bestandteile der Strategie. Darüber hinaus wird die Reduzierung von Lebensmittelabfällen sowie die Nutzung landwirtschaftlicher Nebenprodukte gefördert, um eine effiziente Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Die Nationale Bioökonomiestrategie positioniert Deutschland als führenden Akteur im Bereich nachhaltiger biobasierter Wirtschaft und setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik (BMBF; BMEL, 2020).

Regionale Bioökonomiestrategien in Deutschland

Die Umsetzung der Bioökonomiestrategie in Deutschland erfolgt nicht nur auf nationaler Ebene, sondern auch durch gezielte Maßnahmen der Bundesländer. Dabei setzen einzelne Regionen auf unterschiedliche Schwerpunkte, die an ihre wirtschaftlichen, ökologischen und strukturellen Gegebenheiten angepasst sind. Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen gehören zu den Bundesländern, die mit eigenständigen Strategien den Wandel hin zu einer biobasierten Wirtschaft aktiv vorantreiben. Während Baden-Württemberg seinen Fokus auf die Entwicklung nachhaltiger Materialien und die Förderung einer Kreislaufwirtschaft legt, konzentriert sich Nordrhein-Westfalen auf die Integration bioökonomischer Prozesse in industrielle Wertschöpfungsketten, insbesondere in der chemischen Industrie.

Baden-Württemberg verfolgt mit seiner Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie einen umfassenden Ansatz, der sowohl die Forschung als auch die industrielle Anwendung und die Landwirtschaft einbindet. Durch gezielte politische Unterstützung sollen Innovationen beschleunigt und nachhaltige Wertschöpfungsketten aufgebaut werden. Ein zentrales Element ist die Entwicklung ressourcenschonender Ernährungssysteme und alternativer Proteinquellen. Insbesondere die Verwertung biogener Reststoffe wird gefördert. Zudem liegt der Schwerpunkt auf der stofflichen Nutzung von Biomasse in der Industrie. Hierbei spielen Bioraffinerien eine entscheidende Rolle, da sie pflanzliche Nebenprodukte in hochwertige biobasierte Materialien umwandeln und so fossile Rohstoffe schrittweise ersetzen können. Die Landesregierung unterstützt zu dem Start-ups und kleine Unternehmen, die nachhaltige Produktionsmethoden und biobasierte Materialien weiterentwickeln und in den Markt integrieren wollen. Dadurch soll die Transformation der Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit beschleunigt werden (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2024).

Nordrhein-Westfalen verfolgt mit den Eckpunkten für eine Bioökonomie-Strategie NRW einen industrieorientierten Ansatz, bei dem die Bioökonomie gezielt in bestehende industrielle Prozesse integriert werden soll. Ein zentraler Schwerpunkt liegt auf der nachhaltigen Nutzung biogener Rohstoffe, insbesondere in der Chemie- und Werkstoffindustrie. Die Landesregierung setzt auf die Förderung neuer biotechnologischer Verfahren, die biobasierte Kunststoffe und chemische Grundstoffe erzeugen und damit fossile Rohstoffe schrittweise ersetzen. Ein weiteres Kernelement ist die Verknüpfung der Bioökonomie mit Kreislaufwirtschaftskonzepten, um Stoffkreisläufe effizienter zu gestalten und biogene Reststoffe als wertvolle Ressourcen für die industrielle Produktionsprozesse nutzbar zu machen. Eine zentrale Rolle spielen dabei Bioraffinerien, in denen organische Nebenprodukte aus der Agrar- und Lebensmittelindustrie weiterverarbeitet werden, um nachhaltige Grundstoffe für verschiedene Wirtschaftszweige bereitzustellen. Durch gezielte Fördermaßnahmen und die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik soll Nordrhein-Westfalen zu einem führenden Standort für bioökonomische Innovationen entwickelt werden (Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie NRW, 2021). Obwohl beide Bundesländer unterschiedliche Ansätze verfolgen, haben sie ein gemeinsames Ziel – die Abkehr von fossilen Rohstoffen und den Aufbau nachhaltiger Wertschöpfungsketten. Während Baden-Württemberg besonders die landwirtschaftliche Nutzung und die Kreislaufwirtschaft fördert, konzentriert sich Nordrhein-Westfalen auf die industrielle Anwendung bioökonomischer Prozesse. Beide Strategien ergänzen sich und leisten einen wichtigen Beitrag zur übergeordneten nationalen Bioökonomiestrategie. Durch gezielte politische Unterstützung und enge Kooperation zwischen Forschung und Wirtschaft tragen beide Bundesländer aktiv zur Entwicklung einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Wirtschaft in Deutschland bei.

Bioökonomiestrategie Mecklenburg-Vorpommern: Entwicklung und aktuelle Fortschritte

Die Bioökonomiestrategie für Mecklenburg-Vorpommern befindet sich derzeit in der Entwicklung und wird im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern in Zusammenarbeit mit der ZELT gGmbH erarbeitet. Die Bewilligung des Antrags zur Strategieentwicklung erfolgte im März 2024, woraufhin ein strukturierter Arbeitsprozess gestartet wurde. Ein zentraler Bestandteil war die IST-Analyse, die eine Bestandsaufnahme der sozioökonomischen und geografischen Rahmenbedingungen des Bundeslandes ermöglichte.

Sie umfasste unter anderem die Sektoren Forstwirtschaft, Moore, Landwirtschaft, Fischerei und Aquakultur, Ernährungswirtschaft, Bioenergie, Import/Export, Wasserversorgung und Schutzgebiete. Die ersten Ergebnisse wurden am 12. Juli 2024 präsentiert, bevor beim zweiten Workshop am 21. November 2024 der finale Entwurf vorgestellt und als Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte genutzt wurde (ZELT, 2024).

Die Strategieentwicklung ist in vier zentrale Arbeitspakete gegliedert. Das erste Paket beinhaltet die IST-Analyse, in der biogene Ressourcen, Flächennutzung, erneuerbare Energien und wirtschaftliche Einflussfaktoren erfasst sowie eine SWOT-Analyse zur Identifikation von Stärken und Herausforderungen durchgeführt wurden. Darauf aufbauend wird im zweiten Arbeitspaket ein Zukunftsbild für die Bioökonomie in Mecklenburg-Vorpommern erarbeitet, das Visionen für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung formuliert. Hierbei stehen unter anderem Eigenversorgungsziele für Energie und Lebensmittel sowie die Integration neuer Technologien wie Künstliche Intelligenz, Robotik und Biotechnologie zur Ressourcenschonung im Mittelpunkt. Im dritten Arbeitspaket werden darauf basierend strategische Maßnahmen entwickelt, um bioökonomische Potenziale gezielt zu fördern. Dies umfasst die Definition von wirtschaftlichen Entwicklungsfeldern, die Erarbeitung konkreter Handlungsoptionen und die Förderung innovativer Produktionsmethoden. Das vierte Arbeitspaket konzentriert sich schließlich auf die politische Umsetzung der Bioökonomiestrategie und umfasst Fördermaßnahmen, Anreizsysteme sowie Mechanismen zur Qualitätssicherung und Erfolgskontrolle (ZELT, 2024). Detaillierte Informationen zu den Arbeitspaketen und methodischen Schritten befinden sich im Anhang 2 (Punkt 13.2).

Die nächste Phase der Strategieentwicklung sieht Fachgruppengespräche und Experteninterviews im Februar/März 2025 vor, um zentrale Themenbereiche weiter zu konkretisieren und gezielte Visionen sowie Handlungsstrategien zu formulieren. Anschließend wird ein dritter Workshop im April 2025 stattfinden, bei dem die erarbeiteten Konzepte weiterentwickelt werden. Ziel ist es, bis Juli 2025 einen ersten Entwurf der Bioökonomiestrategie Mecklenburg-Vorpommern zu erstellen. Die abschließende Vorstellung des Strategieentwurfs wird im Rahmen des BioConValley am 6. November 2025 erfolgen.

Die Entwicklung der Strategie wird durch die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik begleitet, wobei die ZELT gGmbH eine zentrale Rolle in der Koordination und wissenschaftlichen Begleitung einnimmt. Der Autor dieser Arbeit ist aktiv an diesem Entwicklungsprozess beteiligt und kann dadurch aktuelle wissenschaftliche und praxisbezogene Erkenntnisse in die Analyse einfließen lassen. Diese Masterarbeit trägt dazu bei, bestehende wissenschaftliche und strategische Grundlagen zu reflektieren und Impulse für die weitere Entwicklung bioökonomischer Ansätze in Mecklenburg-Vorpommern zu liefern.

6. Wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte

6.1 Marktpotenzial der Bioökonomie

Die Bioökonomie ist ein Schlüsselsektor für die Transformation der Wirtschaft hin zu nachhaltigen und ressourcenschonenden Produktionsprozessen. Sie umfasst zahlreiche Industriezweige, darunter die Landwirtschaft, die Ernährungsindustrie, die Chemie- und Pharmaindustrie sowie die Biotechnologie (BMBF, 2022). Ihr Ziel ist es, fossile Rohstoffe durch biobasierte Alternativen zu ersetzen und neue Wertschöpfungspotenziale zu erschließen (BMEL, 2013). Besonders die Bereiche Gesundheit und Ernährung weisen dabei ein hohes Marktpotenzial auf.

Die Bioökonomie spielt eine zunehmend wichtige Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Laut dem deutschen Bioökonomie-Monitoring waren 2017 etwa 4,4 Mio. Erwerbstätige in der Bioökonomie tätig, was rund 10 % aller Erwerbstätigen in Deutschland entspricht. Die Bruttowertschöpfung der Bioökonomie lag 2017 zwischen 165 und 265 Mrd. Euro, was etwa 6 % des Bruttoinlandsprodukts ausmacht (BMBF, 2022). Diese Zahlen verdeutlichen das enorme wirtschaftliche Potenzial der Branche. Das Marktpotenzial der Bioökonomie hängt stark von der Innovationsstrategie einzelner Unternehmen ab. Der Markterfolg wird durch die Skalierung neuer Technologien, regulatorische Rahmenbedingungen und wirtschaftliche Investitionen beeinflusst. Die Hochskalierung von Forschungsanlagen bis zur kommerziellen Anwendung ist dabei mit hohen ökonomischen, technischen und organisatorischen Herausforderungen verbunden. (Bickel; von Geibler, 2021). Der Gesundheitssektor ist ein zentraler Wachstumsbereich der Bioökonomie. Besonders Biopharmazeutika gewinnen zunehmend an Relevanz. Bereits im Jahr 2020 betrug der Umsatz mit biotechnologischen Arzneimitteln in Deutschland 14,6 Mrd. Euro, was fast ein Drittel des gesamten Pharmamarktes ausmacht (BMBF, 2022). Biopharmazeutika, darunter Antikörper, Enzyme und Impfstoffe, haben eine zunehmende Bedeutung in der pharmazeutischen Forschung und Entwicklung erlangt, insbesondere durch den Einsatz biotechnologischer Verfahren zur Herstellung innovativer Wirkstoffe (BMBF, 2022). Deutschland besitzt eine hohe Produktionskapazität für Biopharmazeutika und ist global nur von den USA übertroffen (Zinke et al., 2016). Die Marktentwicklung wird durch den demografischen Wandel, der eine steigende Nachfrage nach Medikamenten für Alters- und chronische Krankheiten verursacht, sowie durch technologische Fortschritte begünstigt. Gentechnische Verfahren ermöglichen die Produktion innovativer Wirkstoffe, die gezielt auf individuelle Patientenbedürfnisse zugeschnitten werden können (Zinke et al., 2026).

Die Ernährungsindustrie ist einer der größten Industriezweige der Bioökonomie in Deutschland. Sie umfasst rund 6.100 Unternehmen mit 614.000 Beschäftigten und erzielte im Jahr 2020 einen Gesamtumsatz von fast 170 Mrd. Euro (BMBF, 2022). Die Branche ist ein zentraler Faktor der Bioökonomie, da etwa 80 % der deutschen Agrarproduktion in der Ernährungsindustrie weiterverarbeitet werden (BMBF, 2022). Ein vielversprechendes Segment sind alternative Proteine und nachhaltige Lebensmittelproduktion. Hier gewinnen pflanzliche Proteine, Mikroalgen und fermentierte Lebensmittel zunehmend an Bedeutung (BMBF, 2013).

Trotz des hohen Marktpotenzials gibt es zahlreiche Herausforderungen für die Bioökonomie. Besonders die hohen Produktionskosten und technischen Skalierungsprobleme erschweren den Markteintritt (Bickel; von Geibler, 2021). Strenge regulatorische Anforderungen und lange Zulassungsverfahren für Biopharmazeutika und neue Lebensmittelprodukte hemmen zusätzlich das Wachstum der Branche (Zinke et al., 2016). Unterschiedliche internationale Vorgaben erschweren zudem den globalen Marktzugang, wodurch Unternehmen vor Investitionsrisiken stehen (BMEL, 2013).

6.2 Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und die wirtschaftliche Entwicklung

Die Bioökonomie stellt einen wesentlichen Bestandteil der wirtschaftlichen Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise dar. Sie umfasst ein breites Spektrum an Wirtschaftssektoren, darunter Landwirtschaft, Lebensmittelproduktion, Chemie, Pharmaindustrie, Energie und Fortwirtschaft (Bioökonomierat, 2021). Diese sektorübergreifende Ausrichtung führt zu tiefgreifenden strukturellen Veränderungen, die mit dem Wandel durch die Digitalisierung vergleichbar sind. Neben der Schaffung neuer Beschäftigungsfelder bringt dieser Transformationsprozess auch Herausforderungen für bestehende Strukturen mit sich, insbesondere im Hinblick auf Qualifikationsanforderungen und regionale Unterschiede (Kiresiewa et al., 2019).

In Deutschland ist die Bioökonomie regional unterschiedlich ausgeprägt. In den untersuchten Revieren Lausitz, Mitteldeutschland und Rheinisches Revier sind 9,4 % - 12,8 % der Beschäftigten der Bioökonomie zuzuordnen. Damit ist der Anteil der Bioökonomie an der Gesamtbeschäftigung in diesen Regionen höher als im bundesweiten Durchschnitt (8,6 %-9,8%) (Brödner et al., 2021). Sie umfasst sowohl die Primärproduktion, das verarbeitende Gewerbe als auch Forschungs- und Dienstleistungsbereiche, wodurch sie als Querschnittssektor betrachtet wird (Brödner et al., 2021). Die Beschäftigung in der Bioökonomie hat sich in den letzten Jahren dynamisch entwickelt, allerdings nicht stärker als die Gesamtbeschäftigung in den betroffenen Regionen (Brödner et al., 2021). Politische Strategien zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit setzen insbesondere auf gezielte Investitionen in Forschung und Entwicklung (Kiresiewa et al., 2019). Mit der wirtschaftlichen Transformation durch die Bioökonomie sind veränderte Qualifikationsanforderungen verbunden. Fachkräfte mit interdisziplinärem Wissen, insbesondere in den Bereichen Biotechnologie, Bioverfahrenstechnik, nachhaltige Ressourcenwirtschafts und Kreislaufwirtschaft, sind zunehmend gefragt (Bioökonomierat, 2021). Der Anteil der Fachkräfte mit Berufsausbildung in der Bioökonomie ist höher als in anderen Wirtschaftsbereichen. Zudem gibt es gute Übergangsmöglichkeiten aus den anderen Wirtschaftszweigen, da industrielle und technische Qualifikationen auch in der Bioökonomie von Bedeutung sind (Brödner et al., 2021). Allerdings birgt dieser Wandel auch Herausforderungen. Der hohe Anteil an Helfertätigkeiten in der Bioökonomie kann zu niedrigeren Löhnen führen (Brödner et al., 2021). Zudem erfordert der Übergang zur bioökonomischen Produktion eine kontinuierliche Anpassung der Qualifikationen, da höhere Anforderungen an technische Fachkräfte gestellt werden. Gleichzeitig besteht das Risiko, dass Arbeitsplätze in traditionellen Sektoren durch Digitalisierung und Automatisierung wegfallen (Kiresiewa et al., 2019).

Die Bioökonomie entwickelt sich in verschiedenen Regionen unterschiedlich stark. Während das Lausitzer Revier eine hohe Spezialisierung auf Milch- und Fleischverarbeitung sowie den Möbelbau aufweist, liegt der Schwerpunkt im Mitteldeutschen Revier auf der Getränkeproduktion, Futtermittelerzeugung und Forschung. Im Rheinischen Revier dominieren hingegen die Papierindustrie, die Ernährungswirtschaft sowie Forschung und Entwicklung (Brödner et al., 2021). Diese regionalen Unterschiede sind nicht nur durch wirtschaftliche Strukturen bedingt, sondern auch durch gezielte Fördermaßnahmen. Während einige Regionen von Investitionen in Bioökonomie-Start-ups und Forschungsinstitute profitieren, könnten andere, insbesondere ländliche Gebiete mit weniger Infrastruktur, abgehängt werden (Kiresiewa et al., 2019). Eine gezielte Förderung in strukturschwachen Regionen könnte dazu beitragen, eine ausgeglichene Entwicklung sicherzustellen.

Die Bioökonomie bietet erhebliche wirtschaftliche Chancen. Durch Investitionen in biobasierte Technologien und Produkte kann die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gestärkt werden (Bioökonomierat, 2021). Zudem ergeben sich neue Märkte und Exportmöglichkeiten, da die Nachfrage nach nachhaltigen Alternativen zu fossilen Rohstoffen weltweit steigt. Besonders ländliche Regionen können von der Nutzung lokaler Rohstoffquellen profitieren und so in neue Wertschöpfungsketten integriert werden (Bioökonomierat, 2021). Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil liegt in der Nutzung von Neben-, Rest- und Abfallstoffen der Ernährungswirtschaft zur Entwicklung neuer biobasierter Materialien. Dies kann nicht nur zur Ressourceneffizienz beitragen, sondern auch neue Industrien im Bereich der biobasierten Chemie und Automobilbranche fördern (Brödner et al., 2021). Die staatliche Förderung, insbesondere durch die EU-Bioökonomiestrategie, trägt dazu bei, die wirtschaftlichen Vorteile durch Forschung, Innovation und Unternehmensförderung weiter auszubauen (Kiresiewa et al., 2019).

Trotz der positiven wirtschaftlichen Potenziale sind auch Herausforderungen mit der Bioökonomie verbunden. Eine zentrale Problematik ist die ungleiche regionale Entwicklung. Während einige Regionen von der Förderung profitieren, könnten andere aufgrund fehlender Infrastruktur benachteiligt sein (Kiresiewa et al., 2019). Zudem bestehen Interessenkonflikte zwischen verschiedenen Wirtschaftsakteuren: Während einige Sektoren, wie die Biotechnologie, stark profitieren, geraten andere, wie die konventionelle Landwirtschaft, unter Druck (Kiresiewa et al., 2019). Ein weiteres Risiko besteht in der möglichen Monopolisierung durch große Unternehmen, insbesondere wenn bioökonomische Innovationen stark patentabhängig sind (Kiresiewa et al., 2019).

Darüber hinaus sind in einigen Bereichen der Bioökonomie die Löhne niedriger als in anderen Branchen, insbesondere in Ostdeutschland (Brödner et al., 2021). Eine zielgerichtete Qualifizierung und Weiterbildung der Beschäftigten ist notwendig, um die Transformation erfolgreich zu gestalten.

Die politische Unterstützung der Bioökonomie erfolgt auf verschiedenen Ebenen. Die Nationale Bioökonomiestrategie (2020) der Bundesregierung bildet den zentralen Rahmen für die Förderung der Bioökonomie in Deutschland (Brödner et al., 2021). Ergänzend dazu setzen regionale Innovationsstrategien gezielt Anreize zur Entwicklung bioökonomischer Strukturen, insbesondere in strukturschwachen Gebieten. Auf europäischer Ebene wird die Bioökonomie durch den EU Green Deal gefördert, der nachhaltige wirtschaftliche Entwicklungen unterstützt (Brödner et al., 2021). Public-Private-Partnerships spielen dabei eine entscheidende Rolle, um Investitionen in neue Technologien zu erleichtern und die Bioökonomie langfristig als wettbewerbsfähigen Wirtschaftssektor zu etablieren (Kiresiewa et al., 2019).

Die Bioökonomie bietet bedeutende Chancen für den Arbeitsmarkt und die wirtschaftliche Entwicklung, indem sie neue Beschäftigungsmöglichkeiten schafft und Innovationspotenziale nutzt. Gleichzeitig sind strukturelle Herausforderungen zu bewältigen, insbesondere im Hinblick auf Qualifikationsanforderungen, regionale Unterschiede und soziale Gerechtigkeit. Die politische Förderung wird entscheidend sein, um eine nachhaltige und sozial ausgewogene Transformation der Wirtschaft zu ermöglichen.

6.3 Akzeptanz in der Gesellschaft

Die gesellschaftliche Akzeptanz der Bioökonomie ist ein entscheidender Faktor für ihre erfolgreiche Umsetzung und langfristige Etablierung. Sie beeinflusst nicht nur die Bereitschaft von Verbrauchern, biobasierte Produkte zu nutzen, sondern auch die politische und wirtschaftliche Unterstützung für bioökonomische Innovationen. Die öffentliche Wahrnehmung der Bioökonomie hängt stark von der Kommunikation ihrer Vorteile und Herausforderungen sowie der Einbindung der Gesellschaft in Entscheidungsprozesse ab (Kiresiewa et al., 2019). Während einige Akteure die Bioökonomie als Schlüssel für eine nachhaltige Wirtschaft sehen, gibt es auch kritische Stimmen, die mögliche Zielkonflikte und soziale Auswirkungen thematisieren (Bioökonomierat, 2021).

Für die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Bioökonomie spielt die gesellschaftliche Akzeptanz neuer biobasierter Produkte eine entscheidende Rolle. Studien zeigen, dass eine breite Zustimmung zur Nutzung biobasierter Produkte besteht. So befürworten 88,4 % der Deutschen den Ersatz von Plastik durch nachwachsende Rohstoffe und 76,8 % halten die Verwendung biologischer Abfall- und Reststoffe zur Herstellung von Biokraftstoffen für sinnvoll (bioökonomie.de,2021). Dennoch bestehen Vorbehalte gegenüber bestimmten Aspekten der Bioökonomie. Nur 42,1 % der Befragten wären bereit, eine Biokraftstoffanlage in ihrer Nachbarschaft zu akzeptieren. Zudem wird die grüne Gentechnik mit Skepsis betrachtet. Nur etwa 15 % der Befragten unterstützen ihren Einsatz (bioökonomie.de,2020). Kritische Diskurse betonen zudem, dass die Vorteile der Bioökonomie nicht gleichmäßig verteilt sind und ländliche Regionen durch die Transformation stärker betroffen sein könnten (Bioökonomierat, 2021). Die Akzeptanz der Bioökonomie hängt maßgeblich von der Integration der Gesellschaft in Entscheidungsprozesse ab. Es wird betont, dass öffentliche Debatten über Zielsetzungen und mögliche Konflikte notwendig sind, um eine breite Zustimmung zu gewinnen (Kiresiewa et al., 2019). Einbindung und Dialogformate sind wesentliche Instrumente, um Vorbehalte abzubauen und ein umfassendes Verständnis für bioökonomische Maßnahmen zu schaffen (Bioökonomierat, 2021). Bildungsmaßnahmen an Schulen, Hochschulen und in der Berufsausbildung werden als besonders wirksam angesehen, um langfristig Akzeptanz zu fördern (Bioökonomierat, 2021). In der ethischen Debatte zur Bioökonomie gibt es Konflikte bezüglich des Mensch-Natur-Verhältnisses. Während einige Akteure betonen, dass biobasierte Innovationen zur Nachhaltigkeit beitragen, gibt es auch Bedenken hinsichtlich der kommerziellen Nutzung biologischer Ressourcen (Kiresiewa et al., 2019).

Eine zentrale Herausforderung besteht in der gerechten Verteilung der Vorteile der Bioökonomie, insbesondere hinsichtlich der globalen Ressourcennutzung und möglicher Monopolisierungstendenzen großer Unternehmen (Eppler et al., 2021). Die gesellschaftliche Akzeptanz der Bioökonomie wird durch verschiedene Herausforderungen beeinflusst. Eine unzureichende Kommunikation über Vorteile und Herausforderungen kann zu Skepsis und Widerstand führen (Kiresiewa et al., 2019). Kritiker bemängeln, dass zivilgesellschaftliche Gruppen unzureichend in Entscheidungsprozesse eingebunden sind, wodurch die Bioökonomie als rein wirtschaftlich motiviertes Konzept wahrgenommen werden könnte (Bioökonomierat, 2021). Zusätzlich besteht eine Diskrepanz zwischen der Bereitschaft der Bevölkerung zu nachhaltigem Konsumverhalten und der tatsächlichen Umsetzung. Während 74,4 % der Deutschen der Meinung sind, dass Umweltschutz eine Einschränkung des Konsums erfordert, sind nur 40 % bereit, ihren Fleischkonsum zu reduzieren, um eine nachhaltigere Tierhaltung zu unterstützen (bioökonomie.de, 2020). Politische Strategien spielen eine entscheidende Rolle bei der Förderung der gesellschaftlichen Akzeptanz der Bioökonomie. Die EU-Bioökonomiestrategie setzt auf eine Verbindung von wirtschaftlichem Wachstum, Nachhaltigkeit und gesellschaftlicher Beteiligung (Kiresiewa et al., 2019). Das BMBF betont die Notwendigkeit von Forschungsvorhaben, die gesellschaftliche Herausforderungen der Bioökonomie identifizieren und Lösungen zur Steigerung der Akzeptanz entwickeln (BMBF, 2025). Zudem sind die Entwicklungen tragfähiger Geschäftsmodelle und die Anpassung der Rohstoffversorgung an lokale Gegebenheiten zentrale Herausforderungen für die gesellschaftliche Akzeptanz (BMBF, 2025). Public-Private-Partnerships werden als wichtiger Faktor für die Umsetzung bioökonomischer Strategien genannt, jedoch auch kritisch hinterfragt, da Interessenkonflikte zwischen privaten Investoren und gesellschaftlichen Bedürfnissen bestehen (Kiresiewa et al., 2019). Eine transparente Kommunikation über Nutzen, Risiken und mögliche Zielkonflikte ist daher essenziell (Eppler et al., 2021).

Die gesellschaftliche Akzeptanz der Bioökonomie ist entscheidend für ihren langfristigen Erfolg. Sie hängt von der Wahrnehmung als nachhaltiges Konzept, der Einbindung der Gesellschaft in Entscheidungsprozesse sowie der gerechten Verteilung der Vorteile ab. Herausforderungen bestehen insbesondere in der Informationspolitik, ethischen Bedenken und wirtschaftlichen Interessenkonflikten. Politische Maßnahmen, Bildungsinitiativen und transparente Dialogformate sind zentrale Instrumente, um die Akzeptanz zu steigern und eine nachhaltige Bioökonomie erfolgreich umzusetzen.

7. Zukunftsaussichten in der Bioökonomie

7.1 Zukunftsorientierte Maßnahmen für die Bioökonomie: Handlungsempfehlungen für Mecklenburg-Vorpommern

Die Bioökonomie in Mecklenburg-Vorpommern steht vor zahlreichen Herausforderungen, aber auch vielversprechenden Chancen. Basierend auf den SWOT-Analysen aus Punkt 2.3.1 und 2.3.2 lassen sich gezielte Handlungsempfehlungen ableiten, um die nachhaltige Entwicklung der Region zu unterstützen. Dabei werden bestehende Stärken genutzt, Schwächen adressiert, Chancen gefördert und Risiken minimiert. Diese Handlungsempfehlungen orientieren sich an der laufenden Entwicklung einer Bioökonomiestrategie für Mecklenburg-Vorpommern und bieten konkrete Maßnahmen zur Unterstützung dieses Prozesses.

Mecklenburg-Vorpommern verfügt über weitläufige landwirtschaftliche Flächen und eine etablierte Ernährungswirtschaft, die als Grundlage für bioökonomische Prozesse dienen können. Die vorhandene Forschungsinfrastruktur im Agrar- und Ernährungssektor stellt eine wesentliche Ressource dar, die weiter ausgebaut werden sollte. Um die Innovationskraft der Region zu stärken, wird empfohlen, verstärkt auf interdisziplinäre Forschungskooperationen zwischen Hochschulen, Wirtschaft und Politik zu setzen. Hierbei könnte gezielt die Förderung von Bioökonomie-Start-ups einen nachhaltigen Innovationsschub erzeugen. Zudem sollten Anreize geschaffen werden, um eine regionale Wertschöpfungskette aufzubauen, die eine verstärkte Weiterverarbeitung biobasierter Rohstoffe innerhalb der Region ermöglicht. Eine der zentralen Herausforderungen in MV ist die Abwanderung junger Fachkräfte sowie eine vergleichsweise schwach entwickelte industrielle Infrastruktur. Um dem entgegenzuwirken, sollten gezielte Maßnahmen ergriffen werden, die das berufliche Umfeld in der Bioökonomie attraktiver gestalten. Dazu zählen unter anderem Stipendien- und Förderprogramme für Studierende sowie die Schaffung von Anreizen für Unternehmen, in Forschung und Entwicklung zu investieren. Des Weiteren sollte die Abhängigkeit von Monokulturen durch eine Diversifizierung landwirtschaftlicher Anbauformen reduziert werden. Innovative Konzepte wie die Agroforstwirtschaft oder die verstärkte Nutzung von Nebenprodukten könnten einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Gestaltung der Bioökonomie leisten. Die geringe industrielle Infrastruktur stellt eine weitere Hürde dar, die durch den Aufbau von regionalen Bioökonomie-Innovationszentren und Investitionen in Verarbeitungs- und Produktionskapazitäten adressiert werden sollte. Die Bioökonomiestrategie 2030 von MV bietet eine zentrale Grundlage zur gezielten Weiterentwicklung nachhaltiger Wirtschaftsstrukturen.

Die zunehmende gesellschaftliche Nachfrage nach nachhaltigen Produkten stellt eine weitere Chance dar, die genutzt werden sollte. Ein vielversprechender Ansatz besteht darin, MV als Modellregion für nachhaltige Ernährung und bioökonomischen Innovationen zu etablieren. Dies könnte durch verstärkte Förderungen regionaler Wertschöpfungsketten und die Entwicklung neuer biobasierter Produkte realisiert werden. Darüber hinaus sollten bestehende regionale Initiativen wie das „WIR!-Bündnis Plant³“ weiter gestärkt und mit politischen Strategien besser verknüpft werden. Innovationsnetzwerke zwischen Forschung, Industrie und Landwirtschaft könnten hier als Plattformen zur gemeinsamen Entwicklung nachhaltiger Konzepte dienen. Auch die gezielte Förderung der regionalen Aquakultur bietet Potenzial, um die Ernährungswirtschaft weiter auszubauen und gleichzeitig Importabhängigkeiten zu reduzieren. Die Auswirkungen des Klimawandels stellen eine erhebliche Bedrohung für landwirtschaftliche Rohstoffe und bioökonomische Prozesse dar. Daher sind gezielte Anpassungsstrategien erforderlich, um die Widerstandsfähigkeit der landwirtschaftlichen Produktion zu erhöhen. Hierzu gehören die Erforschung und Implementierung klimawandelresistenter Pflanzen sowie die verstärkte Nutzung von Moor- und Grünlandflächen zur Kohlenstoffbindung. Ein weiteres Risiko stellt die starke Abhängigkeit von Fördergeldern dar. Um langfristig stabile bioökonomische Strukturen zu etablieren, sollten alternative Finanzierungsmodelle wie Public-Private-Partnerships oder innovative Investitionsprogramme geprüft werden. Zudem ist eine strategische Marktpositionierung erforderlich, um sich von preisgünstigen Importen abzugrenzen. Die Entwicklung hochwertiger, nachhaltig produzierter Bioökonomie-Produkte könnte dabei ein erfolgversprechender Ansatz sein.

Die Weiterentwicklung der Bioökonomie in Mecklenburg-Vorpommern erfordert eine ganzheitliche Strategie, die sowohl bestehende Potenziale nutzt als auch strukturelle Herausforderungen adressiert. Die Förderung innovativer Technologien, der Ausbau regionaler Wertschöpfungsketten und die gezielte Unterstützung von Fachkräften sind zentrale Elemente, um die Bioökonomie langfristig zu etablieren. Durch eine enge Verzahnung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik kann Mecklenburg-Vorpommern als Vorreiter für nachhaltige Bioökonomie-Modelle positioniert werden.

7.2 Bioökonomie im Wandel: Zukunft und Forschung

Die Bioökonomie steht im Zentrum wissenschaftlicher Debatten als ein vielversprechender Ansatz zur Bewältigung globaler Herausforderungen. Dazu zählen Klimawandel, die Verknappung natürlicher Ressourcen und die Notwendigkeit nachhaltiger Wirtschaftsformen (Reinermann et al., 2023). Eine zukunftsgerichtete Bioökonomie erfordert die gezielte Weiterentwicklung biobasierter Produktionsmethoden, innovative Technologien sowie angepasste politische Rahmenbedingungen. In diesem Kapitel werden zukünftige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte sowie mögliche Transformationspfade analysiert. Die Bioökonomie wird zunehmend als eine strategische Lösung zur Etablierung nachhaltiger Kreislaufwirtschaften angesehen. Ihre Weiterentwicklung basiert auf drei wesentlichen Prinzipien: Effizienz, Konsistenz und Suffizienz (Reinermann et al., 2023). Während Effizienz auf die Optimierung bestehender Prozesse zur besseren Ressourcennutzung abzielt, steht Konsistenz für die verstärkte Nutzung regenerativer biologischer Ressourcen in geschlossenen Kreisläufen. Die Suffizienzstrategie hingegen fordert eine Anpassung des Konsumverhaltens zur Reduktion des Rohstoffverbrauchs. Trotz erster Erfolge in verschiedenen Wirtschaftssektoren befindet sich die Transformation der Bioökonomie noch am Anfang. Vor allem biobasierte Produkte in den Bereichen Kunststoffe, Textilien und industrielle Schmierstoffe sind häufig noch nicht wettbewerbsfähig gegenüber fossilen Alternativen (Fraunhofer ISI, 2020). Der "Tipping Point", an dem biobasierte Produktionsweisen sich in der Breite etablieren, ist somit noch nicht erreicht. Die Weiterentwicklung biobasierter Produkte ist entscheidend für die Reduktion fossiler Rohstoffe. Die Entwicklung biobasierter Kunststoffe, Textilien und chemischer Grundstoffe wird als eine der zentralen Forschungsrichtungen gesehen (Reinermann et al., 2023). Parallel dazu erfordert die Produktion dieser Materialien nachhaltige Methoden, etwa durch den Einsatz synthetischer Biologie und Bioinformatik, um optimierte Zellfabriken für die Herstellung von biobasierten Produkten zu schaffen. Einen weiteren innovativen Ansatz stellt die Nutzung biologisch inspirierter Werkstoffe dar. Biobasierte Polymere, Biokomposite und Nanomaterialien könnten in Zukunft fossile Alternativen ersetzen und neue Anwendungen in der Medizin-, Bau- und Automobilbranche finden (Fraunhofer-Gesellschaft, 2018). Die landwirtschaftliche Intensivierung wird zunehmend mit digitalen Technologien kombiniert, um Ressourcen effizienter zu nutzen. KI-gestützte Landwirtschaft und Bodenmikrobiome als natürliche Düngemittel sind vielversprechende Forschungsfelder zur Reduzierung von chemischen Pflanzenschutzmitteln (Fraunhofer-Gesellschaft, 2018).

Darüber hinaus wird an alternativen Proteinquellen, wie Insektenproteinen, kultiviertem Fleisch und Mikroalgen, geforscht, um nachhaltige Ernährungssysteme zu etablieren (Fraunhofer ISI, 2020). Ein wichtiger Aspekt der Bioökonomie ist die Implementierung geschlossener Stoffkreisläufe. Neue Konzepte wie Zero-Waste-Strategien, Recycling biogener Rohstoffe und synthetische Biologie zur Herstellung optimierter Mikroorganismen können einen nachhaltigen Wandel bewirken (Fraunhofer-Gesellschaft, 2018). Die Bioraffinerien der Zukunft sollen Biomasse in vielseitig nutzbare Biochemikalien, Biokunststoffe und nachhaltige Treibstoffe umwandeln, wobei Kaskadennutzung und geschlossene Kreisläufe eine zentrale Rolle spielen. Politische Maßnahmen sind essenziell, um die Transformation der Bioökonomie voranzutreiben. Ohne klare Subventionen, gesetzliche Rahmenbedingungen und eine gezielte Innovationsförderung wird sich die Bioökonomie nicht breitflächig durchsetzen (Fraunhofer ISI, 2020). Internationale Kooperationen sind erforderlich, um globale Klimaziele zu erreichen und biobasierte Wirtschaftssysteme in den internationalen Handel zu integrieren. Die Digitalisierung wird als eine zentrale Technologie für die Weiterentwicklung der Bioökonomie angesehen. Der Einsatz von KI und Big Data ermöglicht eine präzisere Steuerung nachhaltiger Produktionssysteme. Gleichzeitig wird die Akzeptanz biobasierter Produkte in der Gesellschaft als eine zentrale Herausforderung beschrieben. Ernährungsgewohnheiten und Konsumverhalten haben direkten Einfluss auf die Biomassenutzung und die Marktfähigkeit nachhaltiger Alternativen (Fraunhofer-Gesellschaft, 2018). Das Fraunhofer ISI (2020) hat vier mögliche Entwicklungspfade für die Bioökonomie formuliert:

1. Bio-Mobilität: Fokus auf nachhaltige Kraftstoffe für den Verkehrssektor mit hohem Biomassebedarf.
2. Tech-Push: Politische Förderung von Bio-Innovationen führt zu Wachstum in allen Sektoren.
3. Bio-Flieger: Nachhaltige Flugkraftstoffe treiben die Bioökonomie voran, insbesondere durch Kreislaufwirtschaft.
4. Umwelt-Pull: Gesellschaftlicher Wertewandel beschleunigt nachhaltige Produktionsmethoden, während die Biomasseverfügbarkeit kritisch bleibt.

Die Transformation zur Bioökonomie erfordert weitreichende technologische Entwicklungen, gesellschaftliche Akzeptanz und politische Steuerung. Während biobasierte Produkte in vielen Sektoren noch nicht wettbewerbsfähig sind, bieten Innovationen in den Bereichen synthetische Biologie, Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Landwirtschaft enorme Potenziale. Die nächsten Jahrzehnte werden zeigen, ob sich die Bioökonomie als dominierendes Wirtschaftssystem etablieren kann oder ob regulierende und gesellschaftliche Faktoren den Wandel verlangsamen werden (Reinermann et al., 2023; Fraunhofer ISI, 2020; Fraunhofer-Gesellschaft, 2018).

Diese Arbeit liefert eine fundierte Grundlage für die Weiterentwicklung bioökonomischer Prozesse und Denkweisen, indem sie zentrale Trends, Herausforderungen und Zukunftsaussichten analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse können als Ausgangspunkt für weitere Forschung und politische sowie wirtschaftliche Entscheidungen dienen, um eine nachhaltige und zukunftsfähige Bioökonomie zu gestalten.

8. Zusammenfassung

Die Bioökonomie stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um globale Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourcenknappheit und Ernährungssicherheit zu bewältigen. Sie basiert auf der Nutzung biologischer Ressourcen und innovativer Technologien, um fossile Rohstoffe zu ersetzen und nachhaltige Wirtschaftsmodelle zu fördern. Diese Masterarbeit untersucht die Rolle der Bioökonomie im Gesundheits- und Ernährungssektor und beantwortet die Forschungsfrage:

Wie kann die Bioökonomie zur Sicherstellung von Nachhaltigkeit in den Bereichen Gesundheit und Ernährung beitragen, und welche Hindernisse müssen für eine erfolgreiche Umsetzung überwunden werden?

Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, die wissenschaftliche Publikationen, politische Strategiepapiere und wirtschaftliche Analysen auswertet. In der Arbeit werden bioökonomische Ansätze systematisch untersucht, um Potenziale und Herausforderungen für eine nachhaltige Entwicklung zu identifizieren.

Im Gesundheitssektor liegt der Fokus auf nachhaltiger medizinischer Produktion, der Rolle der Biotechnologie in der Medizin und erfolgreichen Fallstudien, die bioökonomische Prinzipien umsetzen. Es wird analysiert, wie biobasierte Arzneimittel, regenerative Medizin und umweltfreundliche Materialien die ökologische Bilanz der Gesundheitsbranche verbessern können. Dabei zeigt sich, dass biotechnologische Innovationen, insbesondere im Bereich der roten Biotechnologie, erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung neuer Therapien ermöglichen. Gleichzeitig bestehen Herausforderungen wie hohe Entwicklungskosten, regulatorische Hürden und die gesellschaftliche Akzeptanz neuer biotechnologischer Verfahren.

Im Ernährungssektor wird untersucht, wie nachhaltige Lebensmittelproduktion, die Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen sowie innovative bioökonomische Praktiken zur Reduktion von Umweltbelastungen beitragen können. Insbesondere die Kreislaufwirtschaft, ressourcenschonende Anbaumethoden und neue biobasierte Verpackungslösungen bieten vielversprechende Ansätze. Jedoch stehen der breiten Umsetzung hohe Investitionskosten, technologische Einschränkungen und die Notwendigkeit politischer Rahmenbedingungen entgegen.

Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Analyse regulatorischer Rahmenbedingungen und politischer Maßnahmen auf europäischer und nationaler Ebene. Hierbei wird untersucht, inwiefern bestehende Gesetzgebungen die Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie fördern oder hemmen. Darüber hinaus erfolgt eine detaillierte Betrachtung der Situation in Mecklenburg-Vorpommern, das aufgrund seiner landwirtschaftlichen Struktur besondere Potenziale für bioökonomische Innovationen aufweist. Zur systematischen Bewertung der Bioökonomie wurde eine SWOT-Analyse durchgeführt, die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken dieses Wirtschaftsmodells identifiziert. Die Analyse zeigt, dass die Bioökonomie großes Potenzial für ökologische Nachhaltigkeit und wirtschaftliches Wachstum bietet. Zu den wichtigsten Stärken gehören die Möglichkeit, fossile Rohstoffe zu ersetzen, neue Wertschöpfungsketten zu schaffen und nachhaltige Technologien zu fördern. Gleichzeitig stellen hohe Forschungskosten, komplexe regulatorische Prozesse und gesellschaftliche Vorbehalte zentrale Herausforderungen dar.

Die Arbeit schließt mit praxisnahen Handlungsempfehlungen, die sich an Politik, Wissenschaft und Wirtschaft richten. Für Mecklenburg-Vorpommern werden konkrete Strategien zur Förderung der Bioökonomie entwickelt, darunter Maßnahmen zur Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten, Investitionen in nachhaltige Innovationsprojekte und Anreize für Unternehmen, um biobasierte Produkte zu etablieren. Zudem wird betont, dass eine erfolgreiche Umsetzung der Bioökonomie eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und politischen Entscheidungsträgern erfordert.

Insgesamt zeigt die Arbeit, dass die Bioökonomie ein vielversprechendes Konzept zur Förderung von Nachhaltigkeit in den Bereichen Gesundheit und Ernährung darstellt. Die erfolgreiche Umsetzung hängt jedoch von einer gezielten Förderung, interdisziplinärer Zusammenarbeit und gesellschaftlicher Akzeptanz ab.

9. Literaturverzeichnis

Ambily, B., Limna Mol, V.P., Sini, H. (2024). CRISPR-based microalgal genome editing and the potential for sustainable aquaculture: a comprehensive review. *J Appl Phycol*.

<https://doi.org/10.1007/s10811-024-03376-x>

Baumann, B. (2014). *Biotechnologie als Werkzeug für die Lebensmittelproduktion*.

Abgerufen von <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/fachbeitrag/dossier/biotechnologie-als-werkzeug-fuer-die-lebensmittelproduktion>

Bickel, M., & von Geibler, J. (2021). *Bioökonomie für die Region Stuttgart: Kurzstudie für die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH*. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH. Abgerufen am 03.02.2025 von

https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7878/file/7878_Biooekonomie.pdf

bioökonomie.de. (2020). *Was die Deutschen über Bioökonomie denken*. Abgerufen von

<https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/was-die-deutschen-ueber-biooekonomie-denken>))

Bioökonomierat. (2021). *Bioökonomie: Gemeinsam eine nachhaltige Zukunft gestalten – 1. Arbeitspapier des III. Bioökonomierats*. Berlin: Bioökonomierat der Bundesregierung.

Abgerufen von

https://www.biooekonomierat.de/media/pdf/arbeitspapiere/1_Arbeitspapier_des_BOER_-_Gemeinsam_eine_nachhaltige_Zukunft_gestalten.pdf?m=1701961551)

BioVox. (2024). *Biokunststoffe in der Medizintechnik: Sinnvoll & sicher?* Abgerufen von

<https://www.biovox.systems/biokunststoffe-in-der-medizintechnik-sinnvoll-sicher/>

Birner, R. (2018). Bioeconomy concepts and indicators: Dimensions, actors, implications. In I. Lewandowski (Ed.), *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy* (pp. 17–38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8_3

Blume, E. (2020). *Hospitals go green – helping patients and Mother Nature*. Abgerufen von

https://www.medica-tradefair.com/en/medtech-devices/Hospitals_go_green_%E2%80%93_helping_patients_and_Mother_Nature

Boehringer Ingelheim. (2025). Biopharmazeutika: Große Moleküle, riesiges Potenzial.

Boehringer Ingelheim. von <https://www.boehringer-ingelheim.com/de/wissenschaft-innovation/innovationen-der-humanmedizin/geschichten-aus-der-wissenschaft/biopharmazeutika-grosse-molekuele-riesiges-potenzial>

Brock, D. (2006). Wege in die „Neolithische Revolution“. In *Leben in Gesellschaften* (Kap. 7). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90319-4_7

Brödner, R., Graffenberger, M., Kropp, P., & Sujata, U. (2021). *Beschäftigungsstrukturen und Potenziale der Bioökonomie in den deutschen Braunkohlerevieren*. IAB-Discussion Paper, 14|2021. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). Abgerufen von <https://doku.iab.de/discussionpapers/2021/dp1421.pdf>

Brosowski, A. (2021). *National Resource Monitoring for Biogenic Residues, By-products and Wastes – Development of a Systematic Data Collection, Management and Assessment for Germany*. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. Abgerufen von https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_41.pdf

Bundesärztekammer. (o.D.). *CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors*. Abgerufen von <https://www.bundesaerztekammer.de/themen/aerzte/klimawandel-und-gesundheit/co2-fussabdruck-gesundheitssektor>

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) & Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2020). *Nationale Bioökonomiestrategie*

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), & Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2020). *Nationale Bioökonomiestrategie: Zusammenfassung*. Berlin. Aufgerufen von https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/nationale-biooekonomiestrategie-langfassung.html

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2010). *Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030: Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung. Abgerufen von https://www.foerderinfo.bund.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/7/30570_Nationale_Forschungsstrategie_Biooekonomie_2030.pdf?__blob=publicationFile&v=3&utm_

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2020). *Bioabfälle mithilfe von Insekten effizient verwerten*. Wissenschaftsjahr 2020/21 – Bioökonomie. Abgerufen von: <https://www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/aktuelles-aus-der-biooekonomie/aktuelle-meldungen/oktober-2020/bioabfaelle-mithilfe-von-insekten-effizient-verwerten.html>

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2021). *Die Werkzeuge der Bioökonomie: Innovative Technologien für die biobasierte Wirtschaft.* Abgerufen von https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/DE/7/31659_Die_Werkzeuge_der_Biooekonomie.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2022). *Bioökonomie in Deutschland. Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft.* Bundesministerium für Bildung und Forschung. Abgerufen von https://biooekonomie.de/sites/default/files/2022-05/Biooekonomie_in_Deutschland_2022.pdf

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2025). *Bekanntmachung: Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Herausforderungen und Erfolgsfaktoren der Transformation zu einer zirkulären Bioökonomie“ im Rahmen des Moduls II (thematische Förderung) des Konzepts „Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“.* Bundesanzeiger. Abgerufen von <https://www.bmbf.de/SharedDocs/Bekanntmachungen/DE/2025/01/2025-01-16-bekanntmachung-biooekonomie.html>)

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2013). *Nationale Politikstrategie Bioökonomie: Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie.* Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Abgerufen von <https://biooekonomie.de/sites/default/files/files/2016-09/npsb.pdf>

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2024). *RegioKost: BMEL unterstützt innovative Projekte zum Aufbau von Verarbeitungsstrukturen für regionale Lebensmittel.* Abgerufen von <https://www.bmel.de/DE/themen/laendliche-regionen/foerderung-des-laendlichen-raumes/bundesprogramm-laendliche-entwicklung/regiokost.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (o.D.). *Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe.* Abgerufen von <https://www.energieforschung.de/foerderung/foerderschwerpunkte/energetische-nutzung-biogener-rest-und-abfallstoffe>

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). (2023). *Hunger beseitigen, Ernährung sichern.* Abgerufen von <https://www.bmz.de/de/themen/ernaehrungssicherung/hunger-beseitigen-ernaehrung-sichern>

DECHEMA. (2004). *Weißer Biotechnologie: Chancen für Deutschland*. DECHEMA e.V. Abgerufen von https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/wbt04.pdf

Dellweg, H. (1994). *Biotechnologie verständlich*. Springer-Verlag.

Detzel, A., Bodrogi, F., Kauertz, B., Bick, C., Welle, F., Schmid, M., Schmitz, K., Müller, K., & Käb, H. (o.D.). *Biobasierte Kunststoffe als Verpackung von Lebensmitteln – Zusammenfassung Endbericht*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Abgerufen von: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Zusammenfassung_Endbericht_bbKV_20180612.pdf

Deutscher Bundestag. (2017). Zur Anwendung von Gentechnik in der Medizin "Rote Gentechnik" (Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 040/17). Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages. Abgerufen von: <https://www.bundestag.de/resource/blob/536704/8690b532fa7ae8054c51ca2a56422a62/wd-8-040-17-pdf-data.pdf>

Di Nunzio, M., Picone, G., Pasini, F., Chiarello, E., Caboni, M. F., Capozzi, F., Gianotti, A., & Bordoni, A. (2020). Olive oil by-product as functional ingredient in bakery products. Influence of processing and evaluation of biological effects. *Food Research International*, 131, 108940. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108940>

Diederichs, C., Klotmann, K. & Schwartz, F.W. Zur historischen Entwicklung der deutschen Gesundheitsversorgung und ihrer Reformansätze. *Bundesgesundheitsbl.* 51, 547–551 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00103-008-0526-5>

Diekmann, M. (2019). Community Supported Agriculture – Innovative Nischenstrategie für landwirtschaftliche Betriebe? *Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 98(1)

Dix, A., & Langthaler, E. (2006). Einleitung: Grüne Revolution Agrarsysteme und Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert. In: *Grüne Revolutionen: Agrarsysteme und Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert*. Jahrbuch für Geschichte des ländlichen Raumes

Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096. Abgerufen von <https://www.ndsu.edu/pubweb/~mcclean/ctig/ctigfall2016/doudna-and-charpentier-the-new-frontier-of-genome-engineering-with-CRISPR-Cas9.pdf>

Ekardt, F., Stubenrauch, J., & Garske, B. (2021). *Bioökonomie-Gesetzgebung: Steuerungsoptionen auf europäischer und nationaler Ebene.* Studie im Auftrag des Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU). Abgerufen von:

https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biooekonomie/211124-nabu-biooekonomie_2021_ekart.pdf

Eppler, U., Fritsche, U. R., & Ribak, S. (2021). *Kurzstudie: Zukunftsfähige Bioökonomie. Endbericht.* International Institute for Sustainability Analysis and Strategy (IINAS) & NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V. Abgerufen von:

https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biooekonomie/210505_nabu-iinas_biooekonomie-studie.pdf

Europäische Kommission. (2018). *Eine nachhaltige Bioökonomie für Europa: Stärkung der Verbindungen zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt* (COM(2018) 673 final). Brüssel.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0673>

European Food Safety Authority. (o.D.). *Tierische Nebenprodukte.* Abgerufen von:

<https://www.efsa.europa.eu/de/topics/animal-by-products>

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024: Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms.*

Rome. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>

Fehse, B., Hucho, F., Bartfeld, S., Clemens, S., Erb, T., Fangerau, H., Hampel, J., Korte, M., Marx-Stölting, L., Mundlos, S., Osterheider, A., Pichl, A., Reich, J., Schickl, H., Schicktanz, S., Taupitz, J., Walter, J., Winkler, E., & Zenke, M. (2021). Fünfter Gentechnologiebericht: Sachstand und Perspektiven für Forschung und Anwendung. Nomos Verlagsgesellschaft. Abgerufen von:

https://www.bbaw.de/files-bbaw/user_upload/publikationen/Gentechnologiebericht_5.pdf

Finanz Liebe. (2023). *Lebensmittel retten mit Foodsharing & Too Good To Go.* Abgerufen von <https://finanz-liebe.de/lebensmittel-retten-mit-foodsharing-too-good-to-go>

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). (o.D.). *Wertschöpfungsketten.*

Abgerufen von: <https://www.fibl.org/de/standorte/deutschland/arbeitsschwerpunkte-deutschland/wertschoepfungsketten>

Franke, L., Silcher, C., & Klingshirn, A. (2018). 3D-Lebensmitteldruck: Herausforderungen bei der Produktentwicklung. *Hauswirtschaft und Wissenschaft*, 66(4), 1-9.

https://doi.org/10.23782/HUW_23_2018

Fraunhofer-Gesellschaft. (2018). *Biologische Transformation und Bioökonomie*. Fraunhofer-Gesellschaft.

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. (2022).

Energieeffiziente Kläranlagen und Biogasanlagen – Energetische und stoffliche Nutzung organischer Reststoffe. Abgerufen von:

https://www.igb.fraunhofer.de/content/dam/igb/documents/brochures/uebergreifend/220601_BR_Biogas-Klaeranlagen_de.pdf

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. (2020).

Transformationspfade zur Bioökonomie. Fraunhofer-Gesellschaft.

FrostX. (2024). *Zero Waste mit Gefriertrocknung – Eine moderne Lösung gegen*

Lebensmittelverschwendung. Abgerufen von: <https://frostx.com/de/blog/zero-waste-mit-gefriertrocknung-eine-moderne-loesung-gegen-lebensmittelverschwendung/>

German Bioeconomy Council. (2018). *Bioeconomy Policy (Part III) – Update Report of National Strategies around the World*. Berlin, Germany. Abgerufen von:

<https://www.biooekonomierat.de/media/pdf/archiv/international-bioeconomy-policy-part-III.pdf?m=1637834907&>

Hassel, A.-V., Schiller, D., Seiberling, S., Theel, C., & Fleßa, S. (Hrsg.). (2024).

Bioökonomie und regionaler Strukturwandel: Wertschöpfung, Innovation und Nachhaltigkeit planen und umsetzen. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-42358-2>

Häusler, T. (2019). *Weltklimarat-Sonderbericht: Die sichere Ernährung der Menschheit ist in*

Gefahr. SRF. Abgerufen von: <https://www.srf.ch/wissen/klimawandel/weltklimarat-sonderbericht-die-sichere-ernaehrung-der-menschheit-ist-in-gefahr>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Klimawandel 2021: Eine Zusammenfassung für alle*. IPCC.) Abgerufen von:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_German.pdf

Jeschke, B. G., & Heupel, T. (Hrsg.). (2022). *Bioökonomie: Impulse für ein zirkuläres*

Wirtschaften. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-34322-4>

Jeschke, B. G., Breinlinger, H. (2020). Nachhaltige Agrarwirtschaft – ein holistischer Ansatz für Boden, Pflanze und Mensch. In: Herlyn, E., Lévy-Tödter, M. (eds) Die Agenda 2030 als Magisches Vieleck der Nachhaltigkeit. FOM-Edition. Springer Gabler, Wiesbaden.

https://doi.org/10.1007/978-3-658-25706-4_9

Keim, M., Pastukhova, M., Voss, M., & Westphal, K. (2019). *Der Zusammenhang von Gesundheits- und Energieversorgung. Wie vernetztes Denken zu mehr Synergien der beiden Politikbereiche führen kann.* Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP). Abgerufen von:

<https://www.swp-berlin.org/10.18449/2019A08/>

Kiresiewa, Z., Hasenheit, M., Wolff, F., Möller, M., Gesang, B., & Schröder, P. (2019). *Bioökonomiekonzepte und Diskursanalyse: Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung.* Umweltbundesamt. Verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-07-18_texte_78-2019_sdg-biooekonomie.pdf

Klein, O., Nier, S. & Tamásy, C. Nebenströme der Agrar- und Ernährungswirtschaft – vom Abfallprodukt zur wertvollen Ressource!?. *Standort* **47**, 12–18 (2023).

<https://doi.org/10.1007/s00548-022-00828-9>

Knychala, M. M., Boing, L. A., Ienczak, J. L., Trichez, D., & Stambuk, B. U. (2024). Precision Fermentation as an Alternative to Animal Protein, a Review. *Fermentation*, **10**(6), 315. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060315>

Kugler, W. (2013). Abschlussbericht zum Vorhaben: „Einführung eines wasser- und energieeffizienten Dampfsterilisators“. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Kwon, H.C., Jung, H.S., Kothuri, V. Current status and challenges for cell-cultured milk technology: a systematic review. *J Animal Sci Biotechnol* **15**, 81 (2024).

<https://doi.org/10.1186/s40104-024-01039-y>

Landesregierung Nordrhein-Westfalen. (2023). *Eckpunkte für eine Bioökonomie-Strategie Nordrhein-Westfalen.* Abgerufen von:

https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/mwike_broschuere_biooekonomie.pdf

Lebensmitteltechnik Deutschland. (2024). *Nachhaltigkeit als Pflicht: ESG-Kriterien in der Lebensmittelindustrie und ihre zukünftigen Herausforderungen.* Abgerufen von:

<https://www.lebensmitteltechnik-deutschland.com/nachhaltigkeit-als-pflicht-esg-kriterien-in-der-lebensmittelindustrie-und-ihre-zukuenftigen-herausforderungen/>

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP). (2023). *Innovative Technologien entfernen Arzneimittelrückstände.* Abgerufen von: <https://www.inp-greifswald.de/de/aktuelles/presse/pressemeldungen/2023/innovative-technologien-entfernen-arzneimittelrueckstaende/>

Lohmann, B., & Graf, P. (2022). *Biobasiertes Upcycling: Vom Rest- zum Wertstoff.* Bioökonomie.de. Abgerufen von: <https://biooekonomie.de/themen/dossiers/biobasiertes-upcycling-vom-rest-zum-wertstoff>

Lücke, J., Bädeker, M., & Hildinger, M. (2024). *Medizinische Biotechnologie in Deutschland 2024: Wirtschaftsdaten Biopharmazeutika und KI als Tool in F&E und in der Patient:innenversorgung.* Boston Consulting Group & vfa. Abgerufen von: <https://www.vfa.de/download/biotech-report-2024.pdf>

Mason, C., & Dunnill, P. (2008). *A brief definition of regenerative medicine. Regenerative Medicine, 3(1), 1–5.* Abgerufen von: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.2217/17460751.3.1.1>

Merl, T. (2021). *Allgemeine Entwicklungen im Gesundheitssystem und deren Rückwirkungen auf das ärztliche Handeln.* In: *Ärztliches Handeln zwischen Kunst und Wissenschaft. Gesundheit. Politik - Gesellschaft - Wirtschaft.* Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21972-7_1

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2016). *Energieeffizienz in Gesundheitseinrichtungen – Erfolgsbeispiele aus Baden-Württemberg.* Abgerufen von: https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/089_Energieeffizienz_in_Gesundheitseinrichtungen_Erfolgsbeispiele.pdf

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2024). *Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie: Fortschreibung für die Jahre 2025-2029.* Abgerufen von: <https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/20240627-Broschuere-Landesstrategie-nachhaltige-Biooekonomie.pdf>

Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of Natural Products*, 83(3), 770–803.

Abgerufen von:

https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.jnatprod.9b01285?ref=article_openPDF

Nielsen, M. B., Meyer, A. S., & Arnau, J. (2024). The Next Food Revolution Is Here: Recombinant Microbial Production of Milk and Egg Proteins by Precision Fermentation. *Annual Review of Food Science and Technology*, 15(173–187).

<https://doi.org/10.1146/annurev-food-072023-034256>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2009). *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*. OECD Publishing.

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2009/04/the-bioeconomy-to-2030_g1gha07e/9789264056886-en.pdf

Patermann, C., & Aguilar, A. (2018). The origins of the bioeconomy in the European Union. *New Biotechnology*, 40, 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.002>

Perbandt, D., Vogelpohl, T., Beer, K., Töller, A.E., Böcher, M. (2021). Hintergründe der Bioökonomie: Globale Problemstellungen. In: Zielkonflikte der Bioökonomie. Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft. Springer, Wiesbaden.

https://doi.org/10.1007/978-3-658-35093-2_2

Peters, E., Pritzkeleit, R., Beske, F.(2010). Demografischer Wandel und Krankheitshäufigkeiten. *Bundesgesundheitsbl.* 53,417–426 <https://doi.org/10.1007/s00103-010-1050-y>

Pingali, P. L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12302–12308.

<https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.0912953109>

Pradella, A. M., Loures, E. F. R., da Costa, S. E. G., & de Lima, E. P. (2019). Energy efficiency in the food industry: A systematic literature review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62(spe), e19190002. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-smart-2019190002>

- Raggam, S., Schünemann, U., & Sichler, T. C. (2023).** *Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft im Gesundheitssektor*. Institut für Innovation und Technik (iit). Abgerufen von: https://www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2023/07/2023_07_05_iit_Studie_Nr.2_Nachhaltigkeit-im-Gesundheitssektor.pdf
- Regele, J. (2022).** Permakultur und Nachhaltigkeit: Welche Beiträge leisten die Prinzipien der Permakultur zur Entwicklung einer nachhaltigen Agrar- und Ernährungswirtschaft? (Masterarbeit, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen). Abgerufen von: https://permakultur-landwirtschaft.org/documents/publikationen/20220707_Permakultur_und_Nachhaltigkeit_-_Welche_Beitraege_fuer_Entwicklung_nachhaltigen_Agrar-und_Ernaehrungswirtschaft_-_Masterarbeit_Julia_Regele.pdf
- Reinermann, J.-L., Kamlage, J.-H., de Vries, N., Goerke, U., Oertel, B., & Schrey, S. D. (Hrsg.). (2023).** *Zukünfte nachhaltiger Bioökonomie*. transcript Verlag. Abgerufen von: <https://www.transcript-verlag.de/media/pdf/9d/5b/59/oa9783839459836.pdf>
- Renner, B., Buyken, A. E., Gedrich, K., Lorkowski, S., Watzl, B., Linseisen, J., & Daniel, H. (2023).** Perspective: A conceptual framework for adaptive personalized nutrition advice systems (APNASs). *Advances in Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.06.009>
- Riehl, S. (2020).** Neolithisierung: Der lange Weg zur Landwirtschaft. In: Burger, K. (eds) *Super-Food für Wissenshungrige!*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61464-8_1
- Riethmüller, M. (2020).** *Energieeffizienz in der Lebensmittelindustrie*. ecogreen Gruppe. Abgerufen von: <https://www.ecogreen-gruppe.de/energieeffizienz-in-der-lebensmittelindustrie/>
- Riffel, A. (2021).** *Heilpflanzen der Traditionellen Europäischen Medizin: Wirkung und Anwendung nach häufigen Indikationen* (2. Auflage). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62411-1>
- Robert Koch-Institut. (2015).** *Gesundheit in Deutschland – Welche Auswirkungen hat der demografische Wandel auf Gesundheit und Gesundheitsversorgung?* Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Kapitel 9. Abgerufen von: [https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDoownloadsGiD/2015/09_gesundheit_in_deutschland.pdf?__blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsGiD/2015/09_gesundheit_in_deutschland.pdf?__blob=publicationFile)

Sarasin, P. (2011). *Die Geschichte der Gesundheitsvorsorge: Das Verhältnis von Selbstsorge und staatlicher Intervention im 19. und 20. Jahrhundert.* Abgerufen von: [Sarasin_2011.pdf](#)

Schieber, A. (2020). Reststoffverwertung bei pflanzlichen Lebensmitteln. *Ernährung im Fokus*, 02, 134–138. Abgerufen von:
www.bzfe.de/fileadmin/resources/eif/PDFs/Highlights/eif_2002_lebensmittelverarbeitung.pdf

Schirmann, F., Schmid, M., & Bally, L. (2023). Künstliche Intelligenz in der Ernährungstherapie – Anwendungen heute und in Zukunft. *Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin*, 5(2023), 6–8. Abgerufen von:
<https://www.rosenfluh.ch/media/ernaehrungsmedizin/2023/05/Kuenstliche-Intelligenz-in-der-Ernaehrungstherapie-Anwendungen-heute-und-in-Zukunft.pdf?file>

Scholwin, F., Grope, J., Clinkscales, A., Daniel-Gromke, J., Rensberg, N., Denysenko, V., Stinner, W., Richter, F., Raussen, T., Kern, M., Turk, T., & Reinhold, G. (2019). *Aktuelle Entwicklung und Perspektiven der Biogasproduktion aus Bioabfall und Gülle.* Umweltbundesamt. Abgerufen von:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-15_texte_41-2019_biogasproduktion.pdf

Schüch, A., Hennig, C. (2020). Abfall- und reststoffbasierte Bioökonomie. In: Thrän, D., Moesenfechtel, U. (eds) *Das System Bioökonomie.* Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_8

Schüler, J. (2016). Was ist Biotechnologie eigentlich?. In: *Die Biotechnologie-Industrie.* Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47160-9_1

Smarticular. (2024). *Apps gegen Lebensmittelverschwendung.* Abgerufen von:
<https://www.smarticular.net/apps-gegen-lebensmittelverschwendung-foodwaste-reste-essen>

Soete, B. (2006). *Rote Biotechnologie: Deutschland noch nicht an der Spitze in Europa.* DIW Wochenbericht, 73(26), 381–388. Abgerufen von <https://hdl.handle.net/10419/151451>

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2024). Presse: *Gesundheitsausgaben im Jahr 2022 auf knapp 500 Milliarden Euro gestiegen.* Statistisches Bundesamt Pressemitteilung Nr. 167 vom 25. April 2024. Abgerufen von:
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/04/PD24_167_236.html

Susenbeth, A. Nebenprodukte der Lebensmittelverarbeitung als Futtermittel. *UWSF - Z Umweltchem Ökotox* 16, 29–32 (2004). <https://doi.org/10.1065/uwsf2002.08.038>

Umweltbundesamt. (2006). *Weißer Biotechnologie – Ökonomische und ökologische Chancen.*

Umweltbundesamt. Abgerufen von:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3260.pdf>

Umweltbundesamt. (2021). *Ressourcenschonung im Gesundheitssektor – Erschließung von Synergien zwischen den Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit* (TEXTE

15/2021). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Abgerufen von:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-01-25_texte_15-2021_ressourcenschonung_gesundheitssektor.pdf

United Nations (2025). Sustainable Development Goals. Abgerufen von:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment>

Valencia, O., Ribeiro da Cunha, M., Dahri, A., Gautam, A., Rauf, A., & Mittag, A.

(2024). *Green care: Implementing sustainable practices in healthcare facilities* (YEL 2024).

International Hospital Federation. Abgerufen von: [https://ihf-fih.org/news-insights/green-care-](https://ihf-fih.org/news-insights/green-care-implementing-sustainable-practices-in-healthcare-facilities-yel-2024/)

[implementing-sustainable-practices-in-healthcare-facilities-yel-2024/](https://ihf-fih.org/news-insights/green-care-implementing-sustainable-practices-in-healthcare-facilities-yel-2024/)

Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (2021). *Verbrauchermeinungen zu Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion: Repräsentative Bevölkerungsbefragung.* Abgerufen von:

[https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2021/01/18/21-01-](https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2021/01/18/21-01-15_veroeffentlichung_verbrauchermeinungen_zu_nachhaltigkeit_in_der_lebensmittelproduktion_final.pdf)

[15_veroeffentlichung_verbrauchermeinungen_zu_nachhaltigkeit_in_der_lebensmittelproduktion_final.pdf](https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2021/01/18/21-01-15_veroeffentlichung_verbrauchermeinungen_zu_nachhaltigkeit_in_der_lebensmittelproduktion_final.pdf)

Vetter, A.-S. (2023). *Innovative Biokatalysatoren reduzieren Arzneimittelreste in Abwässern.*

Informationsdienst Wissenschaft. Abgerufen von: <https://idw-online.de/de/news820290>

Vogt, S. (2017). 3D-Lebensmitteldruck: Welche Möglichkeiten sich mit der neuen

Technologie bieten. *DLG-Expertenwissen*, 4/2017, 1–10. Abgerufen von:

https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Expertenwissen/lebensmitteltechnologie/2017_4_Expertenwissen_3D_Druck.pdf

von Braun, J. (2014). *Die Bedrohungen der Ernährungssicherheit.* Bundeszentrale für politische Bildung. Abgerufen von:

<https://www.bpb.de/themen/globalisierung/welternaehrung/192384/die-bedrohungen-der-ernaehrungssicherheit/>

von Trotha, A.-F., & Schmitz, O. J. (2019). *Qualitätskontrolle in der TCM: Chinesische Heilpflanzen auf dem Prüfstand.* Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59256-4>

Wiegmann, K., Dehoust, G., Hünecke, K., & Fritsche, U. R. (2008). *Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe*. Öko-Institut e.V. Abgerufen von:

https://iinas.org/app/downloads_from_old_page/bio/oeko/2008_Biomasse-Reststoffe-GrueneBT.pdf

Wissens Chronik. (2024). *Können Nanotechnologien die Haltbarkeit von Lebensmitteln erhöhen?* Abgerufen von: <https://wissenschronik.de/koennen-nanotechnologien-die-haltbarkeit-von-lebensmitteln-erhoehen/>

World Health Organization. (2024). *Ageing and health*. Abgerufen von:

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

Zentrum für Ernährung und Lebensmitteltechnologie gGmbH (ZELT). (2024). *Skizze zur Erarbeitung einer Bioökonomie-Strategie für Mecklenburg-Vorpommern – 2024/2025*

[Internes Dokument]

Zentrum für Ernährung und Lebensmitteltechnologie gGmbH (ZELT). (2024).

Zwischenbericht zur IST-Analyse der Bioökonomiestrategie Mecklenburg-Vorpommern

[Internes Dokument]. Neubrandenburg.

Zinke, H., El-Chichakli, B., Dieckhoff, P., Wydra, S., & Hüsing, B. (2016). *Bioökonomie für die Industrienation: Ausgangslage für biobasierte Innovationen in Deutschland verbessern*.

Bioökonomierat, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Abgerufen von: <https://www.biooekonomierat.de/media/pdf/archiv/hintergrundpapier-isa-veroeffentlichung.pdf>

Zukunftsernährung.de. (2024). *Intelligente Verpackungen Lebensmittel: Zukunft der Ernährungslagerung*. Abgerufen von:

<https://www.zukunftsernaehrung.de/technologie/intelligente-verpackungen-lebensmittel-zukunft-der-ernaehrungslagerung/>

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - SWOT-Analyse der Bioökonomie im Gesundheitssektor: Vergleich zwischen Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern	12
Tabelle 2 - Gegenüberstellung der nationalen und regionalen Herausforderungen der Bioökonomie im Ernährungsbereich.....	16
Tabelle 3 – SWOT-Analyse für den Bereich Ernährung: Vergleich zwischen Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern	18
Tabelle 4 – Energieeffizienzmaßnahmen in deutschen Gesundheitseinrichtungen.....	31
Tabelle 5 - SWOT-Analyse der Bioökonomie auf europäischer Ebene	46

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Zusammensetzung der Biotechnologie aus Biochemie, Mikrobiologie und Technischer Chemie – Eigene Darstellung in Anlehnung von Dellweg (1994).....	6
Abbildung 2 – Klassifikationen der Biotechnologie – Eigene Darstellung	7
Abbildung 3 – Verwertungspfade von Nebenprodukten und Abfällen aus der Lebensmittelproduktion – eigene Darstellung, in Anlehnung an Schüch; Hennig, (2020); Klein et al., (2023)	38
Abbildung 4 -Übersicht der SDGs, die durch innovative bioökonomische Praktiken im Ernährungssektor adressiert werden, mit Fokus auf SDG 2 (kein Hunger), SDG 12 (Nachhaltige/r Konsum und Produktion und SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) – eigene Darstellung in Anlehnung an United Nations (2025).....	42
Abbildung 5 – Prinzipien der Nationalen Bioökonomiestrategie – eigene Darstellung in Anlehnung an BMBF; BMEL (2020).....	51
Abbildung 6 – Zentrale Handlungsfelder der Nationalen Bioökonomiestrategie – eigene Darstellung in Anlehnung an BMBF; BMEL, (2020).....	52

12. Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
EFB	European Federation of Biotechnology (Europäische Föderation für Biotechnologie)
DNA	Deoxyribonucleic Acid (Desoxyribonukleinsäure)
Mrd.	Milliarden
Mio.	Millionen
BIP	Bruttoinlandsprodukt
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
RKI	Robert Koch-Institut
z.B.	zum Beispiel
SWOT-Analyse	Analyse von Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken)
MV	Mecklenburg-Vorpommern
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
KI	Künstliche Intelligenz
ZELT	Zentrum für Ernährung und Lebensmitteltechnologie
Ew	Einwohner
ca.	circa
v. Chr.	vor Christus
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
SDG	Sustainable Development Goals (Nachhaltige Entwicklungsziele der Vereinten Nationen)
o.D.	ohne Datum (bei Quellenangaben, wenn kein Veröffentlichungsdatum vorliegt)
INP	Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie
CRISPR/Cas9	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (Geneditierungsverfahren)
KliOI	Klimaschutz in Kliniken durch Optimierung der Lieferketten
FAO	Food and Agriculture Organisation (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
ISO 50001	Internationale Norm für Energiemanagementsysteme
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
CSA	Community Supported Agriculture (Solidarische Landwirtschaft)
PLA	Poly lactid (Polymilchsäure, ein biologisch abbaubarer Kunststoff)
PEF	Polyethylenfuranoat (biobasierter Kunststoff)
TNP	Tierische Nebenprodukte
EU	Europäische Union

EFSA	European Food Safety Authority (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit)
Fraunhofer IGB	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
EPA	Eicosapentaensäure
DHA	Docosahexaensäure
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
%	Prozent
t	Tonnen
ha	Hektar
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
l	Liter
MWh	Megawattstunde
CH ₄	Methan

13. Anhang

13.1 Anhang 1



Zwischenbericht zum aktuellen Stand der Ist-Analyse – BÖ-MV-Strategie

Grundlegendes zur sozioökonomischen und geographischen Lage in MV

Mecklenburg-Vorpommern, im Nordosten Deutschlands gelegen, erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 23.294 Quadratkilometern, von denen 21.956 Quadratkilometer Festland und 1.338 Quadratkilometer Wasserflächen umfassen. Die Landschaft des Landes ist geprägt von einer 377 Kilometer langen Außenküste sowie einer 1.568 Kilometer umfassenden Bodden- und Haffküste, die sowohl landschaftlich als auch ökonomisch eine zentrale Rolle spielt. Darüber hinaus beherbergt das Binnenland zahlreiche Binnengewässer mit einer Gesamtfläche von 720 Quadratkilometern, welche besonders für den Tourismus, die Landwirtschaft und die Fischerei von Bedeutung sind.

Die klimatischen Verhältnisse in Mecklenburg-Vorpommern sind vielfältig: Während das Klima an den Küstenregionen von maritimen Einflüssen dominiert wird, herrscht im Binnenland ein gemäßigt kontinentales Klima vor. Diese klimatischen Bedingungen unterstützen nicht nur die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen, sondern tragen auch zur Erhaltung wertvoller Naturräume und zur touristischen Attraktivität der Region bei.

Zum Stichtag 31. Dezember 2023 lebten in Mecklenburg-Vorpommern insgesamt 1.629.000 Menschen, was im Vergleich zum Vorjahr mit 1.628.378 Einwohnern eine leichte Zunahme darstellt. Mit einer Bevölkerungsdichte von 70 Einwohnern pro Quadratkilometer bleibt Mecklenburg-Vorpommern jedoch eines der am dünnsten besiedelten Bundesländer, was die ländliche Prägung des Landes widerspiegelt.

Am selben Stichtag waren 575.692 Menschen in Mecklenburg-Vorpommern sozialversicherungspflichtig beschäftigt, wovon 119.198 Personen im produzierenden Gewerbe tätig waren. Die durchschnittliche Arbeitslosenquote des Jahres 2023 belief sich auf 7,7 %.

In Bezug auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Landes betrug das Bruttoinlandsprodukt (BIP) je Erwerbstätigen im Jahr 2022 71.947 Euro, was 82,7 % des Bundesdurchschnitts entsprach. Bis Ende 2023 stieg dieser Wert auf 77.900 Euro an, was 86,8 % des gesamtdeutschen Durchschnitts entspricht. Das BIP pro Kopf lag im Jahr 2022 bei 36.335 Euro und damit weiterhin unter dem Bundesdurchschnitt von 48.750 Euro.

Die Unternehmenslandschaft Mecklenburg-Vorpommerns umfasste zum Jahresende 2022 insgesamt 58.814 Unternehmen, was 1,7 % der Gesamtzahl aller Unternehmen in Deutschland entspricht. 87 % dieser Unternehmen sind Kleinstbetriebe mit weniger als 10 Mitarbeitenden, während nur 0,4 % der Unternehmen mehr als 250 Mitarbeitende beschäftigen. Diese Struktur verdeutlicht die kleinteilige Wirtschaftsstruktur und die zentrale Bedeutung des Mittelstands.

Das preisbereinigte Wirtschaftswachstum des Landes belief sich im Jahr 2023 auf 3,3 %. Das produzierende Gewerbe trug mit einem Anstieg von 6,5 % wesentlich zur wirtschaftlichen Dynamik bei, während das Baugewerbe einen Rückgang von 4,1 % verzeichnete. Der Dienstleistungssektor, der 68,8 % der Wirtschaftsleistung des Landes ausmacht, wuchs um 2,8 %. Besonders hervorzuheben ist der Zuwachs in den Branchen Handel, Verkehr und Gastgewerbe, die ein Wachstum von 9,2 % aufwiesen, während die Land- und Forstwirtschaft einen leichten Rückgang von 0,6 % hinnehmen musste.

Im Bereich Forschung und Innovation zeigte sich ein Rückgang der Patentanmeldungen: Wurden im Jahr 2022 noch 11 Anmeldungen pro 100.000 Einwohner registriert, sank dieser Wert im Jahr 2023 auf 7 Anmeldungen. Der Innovationsscore des Landes belief sich im Jahr 2023 auf 91,6 Punkte.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Mecklenburg-Vorpommern beträgt 1.434.664 Hektar, was 62 % der Gesamtfläche des Landes entspricht. Davon entfallen 80 % auf Ackerland und 19,9 % auf Dauergrünland. Wälder bedecken 21 % der Fläche, während Wasserflächen 6 % ausmachen. Diese Verteilung unterstreicht die zentrale Rolle der Landwirtschaft und die natürlichen Gegebenheiten des Landes.

Forstwirtschaft und Waldzustand in Mecklenburg-Vorpommern

Mecklenburg-Vorpommern verfügt über eine Waldfläche von 582.361 Hektar, was etwa 25 % der gesamten Landesfläche ausmacht. Der Anteil des Staatswaldes beträgt hierbei 41 %, während der bestockte Holzboden auf eine Fläche von 556.933 Hektar entfällt. Ergänzend dazu umfasst die Waldfläche 1.795 Hektar Blößen, sodass sich die Gesamtfläche des Holzbodens auf 558.728 Hektar beläuft. Der Nichtholzboden, der etwa 1 % der gesamten Waldfläche einnimmt, misst 23.633 Hektar.

Das Rohholzpotezial des Landes wird für den Zeitraum von 2013 bis 2025 auf durchschnittlich 2,9 Millionen Kubikmeter pro Jahr geschätzt. Im Jahr 2022 betrug der tatsächliche Holzeinschlag 2,796 Millionen Kubikmeter, wobei Nadelhölzer wie Kiefer (1.047,6 Tsd. m³) sowie Fichte, Tanne und Douglasie (1.303,6 Tsd. m³) den größten Anteil ausmachten. Der Einschlag von Laubholzarten belief sich auf 60,7 Tsd. Kubikmeter bei Eiche und Roteiche sowie auf 384,8 Tsd. Kubikmeter bei Buche und anderen Laubholzarten. Im Jahr 2023 lag der Holzeinschlag bei 2,069 Millionen Kubikmetern, was im Vergleich zum Vorjahr einen Rückgang darstellt.

Die landwirtschaftlich genutzten Waldflächen sowie Kurzumtriebsplantagen in Mecklenburg-Vorpommern umfassen eine Fläche von 57.100 Hektar. In der Energieholzproduktion sind insgesamt 1.640 Betriebe tätig. Der durchschnittliche Holzvorrat des Landes lag im Jahr 2022 bei 342 Kubikmetern pro Hektar, was einem Gesamtvorrat von 0,184 Milliarden Kubikmetern entspricht. Bei den Laubbaumarten beträgt der Vorrat 167 Kubikmeter pro Hektar, wobei Buchen mit 58 Kubikmetern pro Hektar und Eichen mit 36 Kubikmetern pro Hektar die größten Bestände aufweisen. Der Holzvorrat bei den Nadelbäumen liegt bei 176 Kubikmetern pro Hektar, wobei die Kiefer mit 131 Kubikmetern pro Hektar den größten Teil ausmacht.

Die oberirdische Totholzbiomasse beläuft sich im Durchschnitt auf 7,3 Tonnen pro Hektar, was einer Gesamtmenge von 3.908.097 Tonnen Totholzbiomasse entspricht. Der Vorrat an Totholz beträgt 22,4 Kubikmeter pro Hektar, während die im Totholz gespeicherte Kohlendioxidmenge auf 13,3 Tonnen CO₂ pro Hektar geschätzt wird, was insgesamt 7.160.024 Tonnen CO₂ ergibt.

In der Holzverarbeitenden Industrie Mecklenburg-Vorpommerns zählen zu den bedeutendsten Unternehmen die Ilim Nordic Timber GmbH & Co. KG, die 2021 einen Umsatz von 558,3 Millionen Euro erzielte und 806 Beschäftigte hatte, sowie die Egger Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co. KG, die im gleichen Jahr einen Umsatz von 410 Millionen Euro erwirtschaftete und 1.000 Personen beschäftigte.

Der Waldzustandsbericht 2023 zeigt, dass 17 % der Bäume als gesund bewertet wurden. Der mittlere Nadel- und Blattverlust, welcher als Indikator für die Vitalität der Bäume herangezogen wird, betrug durchschnittlich 21,3 %. Zudem wiesen 23,1 % der Bäume deutliche Schäden auf, während der Anteil der ungeschädigten Bäume um 2,3 % zurückging. Im Rahmen der seit 2020 laufenden Aufforstungsinitiative wurden bis zum Jahr 2023 rund 800 Hektar Fläche mit etwa 3,5 Millionen standortgerechten und klimaresilienten Bäumen und Sträuchern bepflanzt. Ziel dieser Initiative ist es, innerhalb eines Zeitraums von zehn Jahren insgesamt 8.600 Hektar wieder aufzuforsten.

Moore in Mecklenburg-Vorpommern

Mecklenburg-Vorpommern verfügt über eine Moorfläche von 280.000 Hektar, was etwa 12,6 % der gesamten Landesfläche entspricht. Im Vergleich dazu beträgt die Moorfläche deutschlandweit 1.280.000 Hektar, was einem Flächenanteil von 3,6 % entspricht. Innerhalb Mecklenburg-Vorpommerns entfällt der größte Teil der Moorflächen auf Vorpommern mit einem Anteil von 45 % (125.116 Hektar), gefolgt von der Mecklenburgischen Seenplatte mit 23 % (64.400 Hektar). Die restlichen 32 % (90.412 Hektar) verteilen sich auf weitere Regionen des Landes.

Von den Moorflächen in Mecklenburg-Vorpommern sind 97 % entwässert, während nur 3 % einen naturnahen Zustand aufweisen. Seit dem Jahr 2009 wurden rund 11 % der entwässerten Moore wiedervernässt. Etwa 55 % der entwässerten Moorflächen, das entspricht 159.098 Hektar, sind für die landwirtschaftliche Nutzung geeignet. Davon werden 88 % als Dauergrünland (140.006 Hektar) genutzt, während die restlichen 12 % als Ackerland (19.092 Hektar) ausgewiesen sind. Zudem sind 17 % der entwässerten Moorflächen bewaldet (49.509 Hektar) und 28 % (75.905 Hektar) entfallen auf andere Nutzungsarten, darunter 52.000 Hektar ungenutzte Flächen sowie 13.000 Hektar, die für Gräber, Gärten und Mülldeponien genutzt werden.

Die Gesamtfläche der Moore in Vorpommern und der Mecklenburgischen Seenplatte beträgt 189.516 Hektar. Im Jahr 2023 wurden insgesamt 159.098 Hektar als landwirtschaftlich nutzbare Moorflächen eingestuft, darunter 51.273 Hektar, die für Paludikultur ohne Prüfaufgaben geeignet sind, 33.724 Hektar als potenzielle Flächen für Paludikultur und 18.754 Hektar, die als Nasswiesen genutzt werden. Für 1.278 Hektar wurde die Eignung für Paludikultur als ungeeignet eingestuft, während bei weiteren 84.487 Hektar die Eignung noch nicht untersucht wurde.

Im Jahr 2020 wurden 1,8 % der landwirtschaftlichen Flächen Mecklenburg-Vorpommerns auf Moorböden bewirtschaftet. Die landwirtschaftliche Nutzung auf Grünland in Moorgebieten umfasste 80.800 Hektar Mähweide sowie 52.700 Hektar Wiesen und Weiden. Zudem wurden 571 Hektar als Naturschutzflächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgenommen. Der Getreideanbau auf Ackerflächen in Moorgebieten umfasste 40 % der Fläche, wobei überwiegend Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen kultiviert wurden. Weitere 31 % der Flächen wurden für den Ackerfutterbau genutzt, vor allem für den Anbau von Silomais. Ackergras wurde auf 6 % der Flächen angebaut, Ölsaaten auf 9 %, und 10 % der Flächen wurden aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen. Zusätzlich dienten 4 % der Ackerflächen als Blühflächen.

Moorgebiete in Mecklenburg-Vorpommern umfassen ebenfalls Waldflächen. Im Jahr 2020 wurden 72.000 Hektar als Waldmoore klassifiziert, was 14 % der gesamten Waldfläche des Landes entspricht. Von diesen Waldmooren waren 11 % entwässert, 60 % mäßig entwässert und 7 % nicht entwässert. Etwa 5 % der Moore wurden wiedervernässt. Von den Waldmooren sind 78 % bewirtschaftet, was einer Fläche von 56.500 Hektar entspricht, während 22 % (15.500 Hektar) unbewirtschaftet sind. Die tatsächlich bewaldete Fläche der Moore beträgt 49.509 Hektar.

Hinsichtlich des Torfabbaus gibt es in Mecklenburg-Vorpommern für eine Fläche von 1.257 Hektar eine Abbauberechtigung. Die Emissionen, die aus entwässerten Moorflächen freigesetzt werden, belaufen sich auf 5,9 bis 6,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr, was etwa 30 % der gesamten Treibhausgasemissionen des Landes ausmacht. Die jährlichen Emissionen pro Hektar betragen 37 Tonnen CO₂-Äquivalente bei entwässerten Mooräckern, 29 Tonnen CO₂-Äquivalente bei entwässertem Grünland, 17 Tonnen CO₂-Äquivalente bei entwässerten Moorwäldern, 8 Tonnen CO₂-Äquivalente bei Nasswiesen und 4 Tonnen CO₂-Äquivalente in Schilf-Röhricht-Gebieten. Wiedervernässte Wälder emittieren 1,5 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr.

Einige besondere Moorgebiete in Mecklenburg-Vorpommern, wie das Siebdorfer Moor mit einer Fläche von 780 Hektar und die Friedländer große Wiese mit 7.580 Hektar, emittieren 30,1 bzw. 27,6 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr.

Agrarstruktur in Mecklenburg-Vorpommern

Mecklenburg-Vorpommern verfügt über eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 1.434.600 Hektar, was etwa 58 % der gesamten Landesfläche und 61 % der Festlandfläche entspricht. Der Anbau von Getreide und Ölfrüchten dominiert dabei und nimmt 70,1 % der landwirtschaftlichen Flächen ein, wobei 50,5 % auf Getreide und 19,1 % auf Winterraps entfallen. Hackfrüchte machen 4,3 % der Anbaufläche aus, während Gemüse und Erdbeeren lediglich 0,3 % der Flächen einnehmen, was im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt von 1,1 % einen deutlich geringeren Anteil darstellt. Pflanzen zur Grünernte, also Futter- und Energiepflanzen, beanspruchen 16,2 % der landwirtschaftlichen Fläche, während dieser Anteil in Deutschland bei 23,6 % liegt.

Im Jahr 2023 gab es in Mecklenburg-Vorpommern insgesamt 4.750 landwirtschaftliche Betriebe, die rund 21.000 Mitarbeitende beschäftigten, darunter 4.700 Saisonarbeitskräfte. Von diesen Betrieben sind etwa 3.500 auf den Ackerbau spezialisiert und bewirtschaften eine Gesamtfläche von 1.074.000 Hektar. Die durchschnittliche Betriebsgröße liegt bei 283 Hektar, was deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt von 65 Hektar liegt.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche des Landes setzt sich zu 79,8 % aus Ackerland, zu 20 % aus Grünland und zu 0,2 % aus Dauerkulturen wie Obstanlagen, Rebland und Baumschulen zusammen. Betriebe, die ökologischen Landbau betreiben, machen 24 % der Gesamtzahl der landwirtschaftlichen Betriebe aus, was 1.150 Betrieben entspricht, die eine Fläche von 199.700 Hektar bewirtschaften. Seit dem Jahr 2020 ist die Zahl dieser Betriebe um fast 17 % gestiegen. Die durchschnittliche Betriebsgröße im ökologischen Landbau beträgt 173 Hektar, wobei 37,8 % der ökologisch bewirtschafteten Fläche auf Ackerland, 0,8 % auf Obstanlagen und 61,3 % auf Dauergrünland entfallen.

Im Bereich der Tierhaltung gibt es in Mecklenburg-Vorpommern 2.700 Betriebe, die insgesamt 446.700 Tiere halten. Von diesen Betrieben betreiben 29 % ökologische Tierhaltung und bewirtschaften 74.500 Tiere. Zudem gibt es 16 Betriebe, die sich der Aquakultur widmen, wobei im Jahr 2023 eine Produktion von 453,3 Tonnen Fisch verzeichnet wurde.

In Bezug auf die Erwerbstätigkeit waren zum 31. Dezember 2023 insgesamt 14.037 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei tätig. Der durchschnittliche Boden-Kaufwert betrug 24.992 Euro pro Hektar.

Die Anbaustruktur des Jahres 2023 zeigt, dass in Mecklenburg-Vorpommern 542.400 Hektar mit Getreide bepflanzt wurden, was zu einer Ernte von insgesamt 3.795.800 Tonnen führte. Weizen wurde auf 297.600 Hektar angebaut und erbrachte eine Ernte von 2.192.900 Tonnen. Der Anbau von Gerste erstreckte sich über 145.100 Hektar und brachte eine Ernte von 1.119.000 Tonnen ein. Weiterhin wurden Roggen und Wintermenggetreide auf 61.700 Hektar angebaut, mit einer Ernte von 269.300 Tonnen. Auf 13.900 Hektar wuchs Triticale, die eine Ernte von 71.500 Tonnen erbrachte, während der Haferanbau 10.700 Hektar umfasste und 28.500 Tonnen erbrachte.

Hülsenfrüchte wurden auf einer Fläche von 44.300 Hektar angebaut. Der Erbsenanbau erstreckte sich dabei über 29.600 Hektar und führte zu einer Ernte von 61.700 Tonnen. Darüber hinaus wurden Ackerbohnen und Süßlupinen auf 9.400 Hektar beziehungsweise 8.900 Hektar angebaut. Der Anbau von Hackfrüchten umfasste 45.700 Hektar, wobei 33.100 Hektar für den Anbau von Zuckerrüben genutzt wurden, die eine Ernte von 2.237.800 Tonnen erbrachten. Kartoffeln wurden auf 12.400 Hektar angebaut, was zu einer Ernte von 530.800 Tonnen führte. Für den Anbau von Ölfrüchten wurden 210.900 Hektar genutzt, davon 205.400 Hektar für Winterraps, der eine Ernte von 729.100 Tonnen erbrachte. Zudem wurde auf 48.700 Hektar Brachland verzeichnet.

Im Bereich des Obstanbaus umfasst die Baumobstfläche 1.679,08 Hektar, mit einer Ernte von 21.990 Tonnen Baumobst. Der größte Teil entfällt auf Äpfel (21.687 Tonnen), während Birnen 87 Tonnen und Süß- sowie Sauerkirschen 172 Tonnen erbrachten. Die Strauchobstfläche beträgt 204,61 Hektar, von denen 347 Tonnen Himbeeren, 292 Tonnen Kulturheidelbeeren und 520 Tonnen sonstige Strauchbeeren geerntet wurden. Auf einer Fläche von 660 Hektar wurden 8.403 Tonnen Erdbeeren angebaut. Die Weinmost-Rebfläche im Ertrag betrug 23 Hektar, mit einer Produktion von 2.090 Hektolitern Weinmost.

Im Bereich des Zierpflanzenanbaus wurden 25,8 Hektar Anbaufläche genutzt. Kohlgemüse wurde auf 684,7 Hektar angebaut und führte zu einer Ernte von 15.033,7 Tonnen. Blatt- und Stängelgemüse wurde auf 989 Hektar angebaut und brachte eine Ernte von 26.684,2 Tonnen ein.

Zu den größten landwirtschaftlichen Unternehmen in Mecklenburg-Vorpommern zählten im Jahr 2021 die Ceravis AG mit Sitz in Rostock, die einen Umsatz von 733,1 Millionen Euro erwirtschaftete und 196 Mitarbeitende beschäftigte, sowie die Power Oil Rostock GmbH, die einen Umsatz von 569,3 Millionen Euro erzielte und 154

Mitarbeitende beschäftigte. Weitere bedeutende Unternehmen waren die Erzeugerorganisation für Obst und Gemüse Mecklenburger Ernte GmbH, die 251 Millionen Euro Umsatz und 7 Mitarbeitende zählte, die AGRO BALTIC GmbH mit einem Umsatz von 220,1 Millionen Euro und 9 Mitarbeitenden sowie landwirtschaftliche Großbetriebe wie die Landwirtschaftsbetrieb Griepentrog KG und die Böhm Nordkartoffel Agrarproduktion GmbH & Co. KG, die jeweils etwa 100 Mitarbeitende beschäftigten.

Fischereiwirtschaft und Aquakultur in Mecklenburg-Vorpommern

Im Jahr 2023 verzeichnete Mecklenburg-Vorpommern insgesamt 21 Aquakulturbetriebe, die zusammen eine Fischproduktion von 453,3 Tonnen erreichten. Dies entspricht einem Rückgang von 34,5 % im Vergleich zum Vorjahr. Zum Vergleich: In Deutschland wurden insgesamt 16.848 Tonnen Fisch aus Aquakultur erzeugt, was einem Rückgang von 5,5 % gegenüber dem Vorjahr entspricht. Von den 21 Aquakulturbetrieben in Mecklenburg-Vorpommern blieben 8 Betriebe ungenutzt. Im aktiven Bereich produzierten 16 Betriebe insgesamt 454,9 Tonnen Fisch, wobei Mecklenburg-Vorpommern im bundesweiten Vergleich zu den Bundesländern mit der geringsten Produktionsmenge gehört. Von diesen Betrieben betreiben 15 die Fischzucht im Süßwasserbereich, während nur ein Betrieb im Bereich der Salzwasserzucht tätig ist.

Die Fischproduktion in Mecklenburg-Vorpommern erfolgt in unterschiedlichen Haltungsformen. Dabei stammt der größte Teil, 73 % der Erzeugung, aus Kreislaufanlagen, was einer Menge von 330,9 Tonnen entspricht. Weitere 15 % der Fische wurden in Becken und Fließkanälen gehalten, was 67,5 Tonnen ausmacht, während Teichanlagen 11 % der Produktion beisteuern und 50,6 Tonnen Fisch lieferten. Andere Haltungsformen tragen 1 % zur Gesamtproduktion bei und umfassen eine Menge von 4,5 Tonnen. Im nationalen Vergleich zeigt sich eine andere Verteilung: In Deutschland stammen 14 % der Fische aus Kreislaufanlagen, 60 % aus Becken und Fließkanälen sowie 24 % aus Teichen.

Die Vermarktung der in Mecklenburg-Vorpommern produzierten Fische erfolgt über verschiedene Vertriebskanäle. Ein Anteil von 14,3 Tonnen wurde direkt vermarktet, während 50,1 Tonnen über den Großhandel abgesetzt wurden und 8,6 Tonnen in den Einzelhandel gelangten. Der Großteil, 378,6 Tonnen, wurde für den Eigenbedarf im jeweiligen Betrieb verwendet, und weitere 3,2 Tonnen entfielen auf sonstige Verwertungswege.

Die geografische Verteilung der genutzten Aquakulturbetriebe zeigt eine Konzentration in bestimmten Landkreisen. In der Mecklenburgischen Seenplatte sind vier Betriebe aktiv, die eine Gesamtproduktion von 94,3 Tonnen Fisch aufweisen, während zwei Betriebe in dieser Region ungenutzt blieben. In der Region Rostock waren drei Betriebe in Betrieb, während ebenfalls zwei ungenutzt blieben. In Vorpommern-Rügen war ein Betrieb aktiv, ein weiterer Betrieb blieb ungenutzt. In Nordwestmecklenburg und Vorpommern-Greifswald gab es keine aktiven Betriebe, jedoch blieb ein Betrieb in Nordwestmecklenburg ungenutzt. Im Landkreis Ludwigslust-Parchim waren vier Betriebe tätig, die eine Fischproduktion von 22,4 Tonnen erzielten, während zwei Betriebe ungenutzt blieben.

In der Hochsee- und Küstenfischerei waren im Jahr 2023 insgesamt 288 Fischereibetriebe tätig, was einen Rückgang gegenüber den 346 Betrieben im Jahr 2020 darstellt. Von diesen Betrieben arbeiteten 154 im Haupterwerb und 134 im Nebenerwerb. Darüber hinaus gab es 125 Freizeitfischer, was ebenfalls einen Rückgang im Vergleich zu den 149 Freizeitfishern im Jahr 2020 darstellt.

Die Gesamtanlandungen im Jahr 2023 beliefen sich auf 2.221 Tonnen Fisch, was einen Gesamterlös von 3,6 Millionen Euro generierte. Dies entspricht einem leichten Rückgang im Vergleich zu den 2.001 Tonnen des Vorjahres. Die Anlandung von Seefischen betrug dabei 1.201 Tonnen, was zu einem Erlös von 1,3 Millionen Euro führte. Süßwasser- und Wanderfische machten eine Anlandung von 1.000 Tonnen aus und generierten einen Erlös von 2,2 Millionen Euro. Darüber hinaus wurden 7,9 Tonnen Krebse angelandet, was einen Erlös von 17.200 Euro einbrachte.

In der Binnenfischerei wurden von einer nutzbaren Fläche von 72.000 Hektar insgesamt 65.000 Hektar bewirtschaftet. Die Branche zählte 48 Betriebe, die insgesamt 282 Beschäftigte aufwiesen, darunter 43 im Haupterwerb und 5 im Nebenerwerb. Die Erträge der Binnenfischerei im Jahr 2023 beliefen sich auf 317,6 Tonnen Speisefische, die einen Gesamterlös von 1,9 Millionen Euro generierten. Zusätzlich wurden 8,0 Tonnen Futterfische und 0,7 Tonnen Krebse gefangen.

Ernährungswirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern

Im Jahr 2023 existierten in Mecklenburg-Vorpommern insgesamt 137 Betriebe in der Ernährungs- und Futtermittelindustrie, die jeweils mehr als 20 Mitarbeitende beschäftigten. In diesen Betrieben waren 16.206

Personen tätig. Die Bruttolohn- und Gehaltssumme dieser Industrie belief sich auf 545,69 Millionen Euro, während der Gesamtumsatz einen Wert von 5,76 Milliarden Euro erreichte, wovon 1,12 Milliarden Euro auf den Auslandsumsatz entfielen. Im Bereich der Getränkeherstellung waren 12 Betriebe aktiv, die insgesamt 1.320 Beschäftigte zählten und einen Umsatz von 439,37 Millionen Euro generierten. Von diesem Umsatz entfielen 144,9 Millionen Euro auf den Auslandsmarkt.

Die Ernährungsindustrie Mecklenburg-Vorpommerns umfasst verschiedene bedeutende Produktionsbereiche, wie beispielsweise die Herstellung von Backwaren, Fleisch- und Milchprodukten, Fischverarbeitung sowie die Getränkeherstellung. Zu den führenden Unternehmen in diesem Sektor zählen unter anderem:

- Die Stadtbäckerei – Der Hanse-Bäcker GmbH in Elmenhorst, die 1.033 Mitarbeitende beschäftigt.
- Die Dr. Oetker Tiefkühlprodukte GmbH am Standort Wittenburg mit einer Beschäftigtenzahl von 1.025 Personen.
- Das Fleischwerk EDEKA Nord GmbH in Lüttow-Valluhn, das mit 770 Mitarbeitenden und einem Jahresumsatz von 371 Millionen Euro eine bedeutende Rolle in der Fleischverarbeitung einnimmt.
- Die Sweet Tec GmbH in Boizenburg, die 402 Mitarbeitende beschäftigt und einen Umsatz von 121 Millionen Euro erzielte.

Diese Unternehmen spielen eine wesentliche Rolle in der wirtschaftlichen Struktur der

Ernährungswirtschaft Mecklenburg-Vorpommerns und tragen maßgeblich zur Wirtschaftsleistung des Landes bei, insbesondere durch ihre bedeutenden Umsätze sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene.

Aus – und Einfuhr in Mecklenburg-Vorpommern

Im Jahr 2022 exportierte die Ernährungswirtschaft Mecklenburg-Vorpommerns insgesamt 5.101.476 Tonnen, was zu einem Gesamtertrag von 9,6 Milliarden Euro führte. Aus der Ausfuhr von Ernährungswirtschaftsgütern resultierte ein Anteil von 3,2 Milliarden Euro. Die exportierten lebenden Tiere beliefen sich auf 5.556 Tonnen, was Einnahmen von 28,9 Millionen Euro generierte. Nahrungsmittel tierischen Ursprungs machten 236.994 Tonnen aus und erzielten einen Ertrag von 622,7 Millionen Euro. Nahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs umfassten eine Menge von 4.721.856 Tonnen, die einen Ertrag von 2,2 Milliarden Euro erzielten. Hierunter fielen unter anderem 2.393.418 Tonnen Weizen, 1.027.531 Tonnen Gerste sowie 326.358 Tonnen Zuckerrüben, Zucker und Zuckererzeugnisse. Genussmittel wurden in einer Menge von 137.070 Tonnen exportiert, was zu einem Wert von 322,3 Millionen Euro führte.

Die Importe der Ernährungswirtschaft im Jahr 2022 beliefen sich auf 2.422.237 Tonnen und hatten einen Gesamtwert von 9,1 Milliarden Euro. Die Einfuhr von Ernährungswirtschaftsgütern trug 1,6 Milliarden Euro zum Gesamtwert bei. Darüber hinaus wurden 6.727 Tonnen lebende Tiere im Wert von 24,8 Millionen Euro importiert. Nahrungsmittel tierischen Ursprungs machten 135.113 Tonnen aus und erzielten einen Wert von 257,8 Millionen Euro. Im Bereich der Nahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs wurden 2.176.168 Tonnen importiert, was einem Gesamtwert von 1,2 Milliarden Euro entsprach. Darunter befanden sich 677.996 Tonnen Ölfrüchte, 484.385 Tonnen Weizen sowie 340.405 Tonnen Kleie und sonstige Futtermittel. Zudem wurden 104.229 Tonnen Genussmittel im Wert von 116,4 Millionen Euro importiert.

Im Bereich der gewerblichen Wirtschaft Mecklenburg-Vorpommerns wurden im Jahr 2022 insgesamt 5.385.346 Tonnen exportiert, was einen Ertrag von 6,2 Milliarden Euro einbrachte. Von dieser Menge entfielen 1.952.296 Tonnen auf Rohstoffe, darunter 183.046 Tonnen Rundholz und 3.616 Tonnen Felle und Häute. Der Export von Halbwaren betrug 2.022.576 Tonnen, darunter 488.502 Tonnen Schnittholz. Fertigwaren wurden in einer Menge von 1.410.474 Tonnen exportiert.

Auf der Importseite beliefen sich die Einfuhren der gewerblichen Wirtschaft im Jahr 2022 auf 5.655.568 Tonnen, wobei 2.351.226 Tonnen Rohstoffe, einschließlich 723.146 Tonnen Rundholz, eingeführt wurden. Der Import von Halbwaren betrug 1.800.504 Tonnen, darunter

63.455 Tonnen Schnittholz. Fertigwaren machten 1.503.838 Tonnen der Importe aus. Im Jahr 2023 belief sich der Gesamtwert der Importe in der gewerblichen Wirtschaft auf 6,7 Milliarden Euro.

Bioenergie in Mecklenburg-Vorpommern

Im September 2024 betrug die Anzahl der Biogasanlagen in Mecklenburg-Vorpommern etwa 530, die eine installierte elektrische Leistung von insgesamt 300 Megawatt (MW) erbrachten. Durchschnittlich erzeugte jede dieser Anlagen etwa 560 Kilowatt. Diese Biogasanlagen lieferten jährlich 4.000 Gigawattstunden (GWh) Strom und Wärme, was zu einer Einsparung von 462.000 Tonnen Erdgas und Öl führte. Darüber hinaus konnten durch den Betrieb dieser Anlagen jährlich etwa 1,2 Millionen Tonnen Kohlendioxid (CO₂) eingespart werden.

Die zur Energieerzeugung in Biogasanlagen genutzte Ackerfläche in Mecklenburg-Vorpommern betrug rund 98.000 Hektar, wobei zusätzlich 70 Millionen Kubikmeter Biomethan, entsprechend 745 GWh, erzeugt wurden. Der Energiepflanzenanbau umfasste insgesamt etwa 260.000 Hektar, wobei der Maisanbau 12 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche ausmachte, im Vergleich zu 15 % im bundesweiten Durchschnitt. Die Gesamtleistung der Biomassekraftwerke in Mecklenburg-Vorpommern lag bei 58 MW. Jährlich wurden zwischen 100.000 und 150.000 Tonnen forstwirtschaftliche Biomasse zur Wärmeerzeugung genutzt.

Im Bereich der erneuerbaren Energien erreichte die installierte Leistung der Photovoltaikanlagen in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2022 einen Wert von 3.392 MW, was einer installierten Leistung von 145,6 Kilowattpeak pro Quadratkilometer entsprach. Im gleichen Jahr wurden 296 MW neue Photovoltaikkapazität hinzugefügt. Die installierte Windenergieleistung lag bei 3.583 MW, was einer Leistung von 153,8 Kilowattpeak pro Quadratkilometer entsprach. Im Jahr 2022 wurde die Windenergieleistung um 481 MW erweitert.

In Bezug auf die Stromerzeugung erreichte die Bruttostromerzeugung in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2022 insgesamt 19.113.265 MWh, was einen Anstieg von 1,4 % gegenüber dem Vorjahr darstellt. Der Anteil erneuerbarer Energieträger an dieser Bruttostromerzeugung belief sich auf 82,31 %. Die Nettostromerzeugung betrug 18.720.827 MWh, was einem Anstieg von 1,6 % gegenüber dem Vorjahr entsprach, wobei der Anteil erneuerbarer Energieträger bei 83,24 % lag.

Die Windenergie machte 54 % der Bruttostromerzeugung aus, wovon 35 % auf Onshore-Windkraft und 19 % auf Offshore-Windkraft entfielen. Biomasseanlagen trugen 13,1 % zur Bruttostromerzeugung bei, wobei 11,3 % auf die Erzeugung von Biogas und Bioerdgas zurückzuführen waren.

Der Energieverbrauch in den Betrieben des verarbeitenden Gewerbes in Mecklenburg-Vorpommern betrug im Jahr 2022 insgesamt 23.295.105 Gigajoule (GJ). Von dieser Menge entfielen 809.479 GJ auf Kohle, 443.380 GJ auf Heizöl, 7.916.333 GJ auf Erdgas und 4.935.436 GJ auf erneuerbare Energien. Der Stromverbrauch der Betriebe belief sich auf 6.202.529 GJ, während 2.292.433 GJ für Wärme genutzt wurden. Innerhalb der Nahrungs- und Futtermittelindustrie wurde ein Energieverbrauch von 9.181.271 GJ verzeichnet, wovon 4.469.601 GJ auf Erdgas und 2.032.830 GJ auf Strom entfielen.

Im Bereich des Energieabsatzes lag der Stromabsatz an Endverbraucher in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2022 bei 6.525.332 MWh, was einem Rückgang von 0,9 % gegenüber dem Vorjahr entsprach. Der Gasabsatz an Endverbraucher belief sich auf 14.087.463 MWh, was einen Rückgang von 9,6 % im Vergleich zum Vorjahr darstellte. Der Gasabsatz an Industriekunden betrug 2.441.069 MWh, während der Gasabsatz an Haushaltskunden bei 4.954.037 MWh lag.

Die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern wurden im Jahr

2022 auf 2.735.000 Tonnen CO₂-Äquivalente geschätzt, was einen leichten Rückgang gegenüber den 2.823.000 Tonnen im Jahr 2020 darstellt. Von den Gesamtemissionen entfielen 217.000 Tonnen auf Kohlendioxid, 1.305.000 Tonnen auf Methan und 1.213.000 Tonnen auf Distickstoffoxid.

Wasserversorgung in Mecklenburg-Vorpommern

Im Jahr 2022 belief sich die durch öffentliche Wasserversorgungsunternehmen (WVU) in Mecklenburg-Vorpommern geförderte Wassermenge auf insgesamt 97.781.000 Kubikmeter. Der überwiegende Teil dieser Menge, konkret 82.002.000 Kubikmeter, wurde durch die Nutzung von Grundwasserquellen gewonnen, wobei die Förderung durch 49 Wasserversorgungsunternehmen erfolgte. Zusätzlich wurden 2.970.000 Kubikmeter Wasser

aus Uferfiltrat gewonnen, was von 3 Wasserversorgungsunternehmen durchgeführt wurde. Andere Wasserquellen, wie Quellwasser, angereichertes Grundwasser, See- und Talsperrenwasser, spielten in Mecklenburg-Vorpommern keine signifikante Rolle in der Wassergewinnung. Eine geringe Menge von 12.809.000 Kubikmetern wurde jedoch durch 1 Wasserversorgungsunternehmen aus Flusswasser gewonnen. Die Wasserabgabe durch Weiterverteilung von Wasserversorgungsunternehmen innerhalb Mecklenburg-Vorpommerns belief sich auf insgesamt 3.396.000 Kubikmeter. Dabei wurden 3.366.000 Kubikmeter dieser Menge an andere Wasserversorgungsunternehmen innerhalb des Landes weitergeleitet, was durch 37 Unternehmen abgewickelt wurde. Es erfolgte keine Weiterverteilung an andere Bundesländer oder ins Ausland

Schutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern

Im Jahr 2023 erstreckten sich die Schutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern über eine Gesamtfläche von 3.098.600 Hektar, was der gesamten Landesfläche entspricht. Ein Anteil von 24,8 % dieser Fläche entfällt auf Hoheitsgewässer. Die verschiedenen Schutzgebietskategorien des Landes setzen sich wie folgt zusammen: Europäische Vogelschutzgebiete (VSG) decken eine Fläche von 927.320 Hektar ab, was 29,9 % der Schutzgebietsfläche entspricht. Es gibt 61 dieser Gebiete, wobei der Anteil an den Hoheitsgewässern 43,8 % beträgt. Landschaftsschutzgebiete (LSG) umfassen 717.780 Hektar, was 23,1 % der Schutzgebietsfläche ausmacht, und sind in 145 Gebiete unterteilt. Ihr Hoheitsgewässeranteil liegt bei 10,6 %. Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (GGB) erstrecken sich über 573.310 Hektar, was 18,5 % der Schutzgebietsfläche ausmacht. Diese Kategorie umfasst 234 Gebiete mit einem Hoheitsgewässeranteil von 34,9 %.

Naturparks (NP) in Mecklenburg-Vorpommern umfassen 333.500 Hektar, was 10,8 % der Schutzgebietsfläche ausmacht, und es gibt 7 Naturparks. Ihr Anteil an den Hoheitsgewässern beträgt 3,1 %. Die drei Nationalparks (NLP) des Landes erstrecken sich über 113.910 Hektar, was 3,7 % der Schutzgebietsfläche ausmacht. Der Hoheitsgewässeranteil in den Nationalparks beträgt 8,5 %. Darüber hinaus umfassen die Biosphärenreservate (BR) eine Fläche von 99.890 Hektar, was 3,2 % der Schutzgebietsfläche entspricht, wobei drei Reservate existieren, deren Hoheitsgewässeranteil bei 1,6 % liegt. Naturschutzgebiete (NSG) erstrecken sich über eine Fläche von 89.300 Hektar, was 2,9 % der Schutzgebietsfläche ausmacht. Es gibt 285 Naturschutzgebiete, von denen der Anteil an den Hoheitsgewässern 1,5 % beträgt. Das Nationale Naturmonument (NNM) umfasst eine Fläche von 75 Hektar, was weniger als 0,01 % der gesamten Schutzgebietsfläche ausmacht, und es sind keine Hoheitsgewässeranteile vorhanden.

Zu den Großschutzgebieten, auch als nationale Naturlandschaften bezeichnet, zählen die Nationalparks, Biosphärenreservate und Naturparks. Die Natura 2000-Gebiete umfassen sowohl die Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung als auch die Europäischen Vogelschutzgebiete. Nationale Schutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern setzen sich aus den Nationalparks, Naturschutzgebieten, Landschaftsschutzgebieten, Biosphärenreservaten, Naturparks und dem Nationalen Naturmonument zusammen.

Politische Strategien und Programme in der Landwirtschaft und Bioökonomie

Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union verfolgt mehrere zentrale Ziele, die auf die Unterstützung der landwirtschaftlichen Produktivität sowie die Sicherstellung einer stabilen und bezahlbaren Nahrungsmittelversorgung abzielen. Ein wesentliches Anliegen der GAP besteht darin, den Landwirtinnen und Landwirten in der EU ein angemessenes Einkommen zu garantieren, während gleichzeitig der Klimawandel bekämpft und eine nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen gefördert wird. Ein weiterer Schwerpunkt der GAP liegt im Erhalt der ländlichen Gebiete und Landschaften, wobei auch die wirtschaftliche Belebung des ländlichen Raums durch die Schaffung von Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft, der Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie in den zugehörigen Branchen gefördert wird.

Für den Zeitraum von 2023 bis 2027 umfasst die GAP mehrere Fördermaßnahmen, darunter Einkommensunterstützung durch Direktzahlungen, marktbezogene Maßnahmen sowie Maßnahmen zur Entwicklung des ländlichen Raums. Diese Maßnahmen werden durch den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) sowie den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) finanziert.

In Deutschland verfolgt die Nationale Bioökonomiestrategie, die 2020 eingeführt wurde, das Ziel, die Voraussetzungen für eine führende Rolle Deutschlands in der Bioökonomie zu schaffen. Diese Strategie legt besonderes Augenmerk auf die Gewinnung und Nutzung von Rohstoffen sowie die Förderung einer zirkulären

Bioökonomie. Zudem wird die Kreislauffähigkeit biogener Ressourcen und die Ressourceneffizienz in den Vordergrund gestellt. Weitere zentrale Strategien auf Bundesebene umfassen die Hightech-Strategie 2025, die Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030, die Deutsche Rohstoffstrategie sowie das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Zudem werden durch die Nationale Biomassestrategie die nachhaltige Erzeugung und Nutzung von Biomasse, durch die Nationale Leichtbaustrategie materialeffiziente und nachhaltige Technologien und durch die Carbon Management Strategie die Schließung von Kohlenstoffkreisläufen gefördert. Ergänzend dazu umfassen die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie sowie der Entwurf einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie Maßnahmen zur Förderung einer zirkulären Wirtschaft. Die Nationale Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung setzt sich das Ziel, die Lebensmittelabfälle bis 2030 zu halbieren.

Die Eiweißpflanzenstrategie des Bundes aus dem Jahr 2020 konzentriert sich auf die Förderung von Ökosystemleistungen, die Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten und die Erhöhung der Eiweißversorgung aus heimischer Produktion. Seit 2023 stehen zudem Fördermittel in Höhe von 8,6 Millionen Euro für Forschungsprojekte zur Pflanzenzüchtung und alternativen Proteinen zur Verfügung.

Auf Länderebene gibt es in verschiedenen Bundesländern ebenfalls Strategien zur Förderung der Bioökonomie und Nachhaltigkeit. In Brandenburg wurde 2020 die Broschüre "Nachhaltige Bioökonomie in Brandenburg" veröffentlicht, die biobasierte Wertschöpfung betont. BadenWürttemberg legte 2024 eine aktualisierte Landesstrategie zur nachhaltigen Bioökonomie vor, und Bayern fokussiert mit der Bioökonomiestrategie Bayern 2023 auf die Zukunft der biobasierten Wirtschaft. Niedersachsen verabschiedete 2022 die Landesstrategie Biologisierung, während Nordrhein-Westfalen 2023 die Eckpunkte für eine BioökonomieStrategie veröffentlichte. Hessen stellte 2023 das Positionspapier "Bioökonomie in Hessen – Positionen" vor.

In Mecklenburg-Vorpommern verfolgt die Landesregierung mehrere Ansätze zur Förderung der Bioökonomie und Nachhaltigkeit. Die Bioökonomie-Strategie 2030 strebt eine nachhaltige Ressourcennutzung und die Internationalisierung der Wertschöpfungsketten an, unterstützt durch die Entwicklung einer spezifischen Landesagenda und die Einrichtung eines Kompetenzverbundes zur Förderung der Bioökonomie. Das Moorschutzkonzept sowie die Moornutzungsstrategie, die seit 2009 bestehen, konzentrieren sich auf wasserwirtschaftliche, agrarpolitische und verwertungsbezogene Maßnahmen. Weiterhin zielt die MVNutztierstrategie 2030 auf eine nachhaltige Entwicklung der Tierhaltung ab, während die Regionale Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung (2021-2027) den Fokus auf erneuerbare Energien, Wasserstofftechnologien und Medizintechnik legt.

Ministerien und Behörden in Mecklenburg-Vorpommern

Das Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern ist verantwortlich für die Weiterentwicklung der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft sowie den Immissions-, Boden- und Gewässerschutz. Es gliedert sich in fünf Abteilungen, die jeweils spezifische Aufgabenbereiche abdecken. Die erste Abteilung umfasst die Verwaltung und konzentriert sich auf klassische Verwaltungsaufgaben. Die zweite Abteilung widmet sich den Bereichen Forsten und Naturschutz und ist unter anderem für den Waldschutz und die Naturlandschaften zuständig. Die dritte Abteilung befasst sich mit der Landwirtschaft und der Entwicklung ländlicher Räume, wobei das Ziel darin besteht, landwirtschaftliche Betriebe wettbewerbsfähig zu gestalten und die ländliche Infrastruktur zu stärken. Die vierte Abteilung übernimmt den Bereich Wasser, Boden und Immissionsschutz und sorgt für den Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen. Die fünfte Abteilung konzentriert sich auf die Lebensmittelüberwachung, das Veterinärwesen und die Fischerei, wobei der Schutz der öffentlichen Gesundheit im Mittelpunkt steht.

Das Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei (LALLF) betreibt 12 regionale Standorte und ist zuständig für Aufgaben wie die Tierseuchendiagnostik und die Untersuchung von Lebens- und Futtermitteln. Das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) übernimmt Aufgaben des Naturschutzes, der Umweltüberwachung und der geologischen Landesaufnahme und unterstützt Planungs- und Genehmigungsverfahren im Land. Ergänzend dazu betreibt die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) praxisorientierte Forschung in den Bereichen Pflanzenproduktion und Tierhaltung. Diese Forschungsanstalt setzt sich aus vier Instituten zusammen, die unter anderem innovative Produktionsverfahren bewerten.

Die Staatlichen Ämter für Landwirtschaft und Umwelt (StÄLU) sind an vier Standorten in Mecklenburg-Vorpommern vertreten und haben die Aufgabe, bundes- und landesrechtliche Vorschriften im Bereich Landwirtschaft, Umwelt und Naturschutz umzusetzen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem Küstenschutz und der integrierten ländlichen Entwicklung. Weitere bedeutende Institutionen im Land umfassen die Landesforst

Mecklenburg-Vorpommern, die sich mit der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und Forstpflge beschäftigt, sowie das Landesamt für Umwelt- und Naturschutz. Zudem befasst sich das Landesamt für Personendosimetrie und Strahlenschutz mit Themen des Strahlenschutzes.

Der Bauernverband Mecklenburg-Vorpommern ist ein wesentlicher Akteur, der die Interessen der Landwirte und des ländlichen Raums vertritt. Er setzt sich über 15 Regionalverbände für die Themen Agrarstruktur, erneuerbare Energien, Viehzucht und Pflanzenbau ein. Der Biopark e.V. ist führend im ökologischen Landbau und hat das Ziel, die Natur zu schützen, die Artenvielfalt zu fördern und gesunde Lebensmittel zu produzieren. Mit dem Programm „Landwirtschaft für Artenvielfalt“ arbeitet der Verband eng mit verschiedenen Partnern zusammen. Die Arbeitsgemeinschaft bäuerlicher Landwirtschaft (AbL) vertritt sowohl ökologische als auch konventionell wirtschaftende Mitglieder und engagiert sich für eine zukunftsfähige Landwirtschaft.

Die Marketinggesellschaft der Agrar- und Ernährungswirtschaft Mecklenburg-Vorpommern e.V. (AMV) fördert die Agrar- und Ernährungswirtschaft und vertritt über 89 Mitgliedsunternehmen. Sie unterstützt Unternehmen in den Bereichen Vermarktung und Absatzförderung und trägt so zur Entwicklung der Ernährungswirtschaft bei.

Im Bereich der Forschung sind verschiedene Einrichtungen von zentraler Bedeutung. Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP) in Greifswald forscht unter anderem an Anwendungen für die Bioökonomie und die Nutzung erneuerbarer Energien. Es untersucht innovative Verfahren zur Dekontaminierung von Lebensmitteln und Wasser. Das Julius-Kühn-Institut am Standort Groß Lüsewitz ist spezialisiert auf die Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, mit besonderem Fokus auf Resilienz und Produktqualität. Das Thünen-Institut für Regionalentwicklung erforscht die sozioökonomische Entwicklung ländlicher Räume, insbesondere im Kontext Ostdeutschlands, und analysiert die Auswirkungen des demografischen Wandels.

Das Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) konzentriert sich auf die Verbesserung von Tierhaltungssystemen und den Schutz vor Infektionskrankheiten bei Nutztieren. Weitere bedeutende Forschungseinrichtungen sind das Fraunhofer-Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP) in Rostock, das Leibniz-Institut für Katalyse e.V. (LIKAT) sowie das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), das Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, das auf der Insel Riems angesiedelt ist.

Im Bereich der Bildung bieten die Universität Rostock sowie die Hochschulen in

Neubrandenburg und Stralsund spezialisierte Studiengänge in den Bereichen Agrarwissenschaften, Umweltwissenschaften und erneuerbare Energien an. Diese Hochschulen tragen zur Ausbildung der Fachkräfte bei, die für die landwirtschaftliche und ökologische Entwicklung der Region von Bedeutung sind.

Forschung und Entwicklung in Mecklenburg-Vorpommern

In Mecklenburg-Vorpommern werden zahlreiche Projekte und Initiativen im Bereich der Bioökonomie und nachhaltigen Innovationen umgesetzt, die das Potenzial der Region als Vorreiter auf diesen Gebieten verdeutlichen. Eine zentrale Rolle spielt dabei das Z4 - Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie in Greifswald, das als bedeutende Plattform für Forschung und Entwicklung fungiert. Hier werden insbesondere wissenschaftliche Arbeiten und Kooperationen mit der Industrie in den Bereichen Plasmatechnologie und Bioökonomie gefördert, was sowohl die wissenschaftliche als auch die wirtschaftliche Entwicklung der Region unterstützt.

Im Rahmen von Pilot- und Demonstrationsanlagen sind in Mecklenburg-Vorpommern einige innovative Projekte angesiedelt. Das Taraxagum Lab in Anklam widmet sich beispielsweise der Gewinnung von Naturkautschuk aus Löwenzahn und stellt damit einen wichtigen Beitrag zur Erforschung alternativer Rohstoffquellen dar. Eine weitere bedeutende Anlage zur Erzeugung motortauglicher Kraftstoffe aus Biomasse und ölhaltigen Reststoffen zeigt die Möglichkeiten der nachhaltigen Energieerzeugung auf.

Einzelne Produktionsanlagen spielen ebenfalls eine Rolle im Innovationsgeschehen des Landes. In Anklam befinden sich beispielsweise Anlagen zur Produktion von Zucker und Bioethanol, die landwirtschaftliche Rohstoffe als Ausgangsmaterial nutzen. Darüber hinaus bietet Anklam Extrakt eine Produktionsstätte, die sich auf die Extraktion pflanzlicher Inhaltsstoffe für die Lebensmittel- und Gesundheitsindustrie spezialisiert hat, was die Bandbreite der biobasierten Wirtschaft unterstreicht.

Mehrzweckanlagen für Forschung und Technologieentwicklung erweitern die Innovationslandschaft des Landes. Eine Demonstrationsanlage zur hydrothermalen Karbonisierung (HTC) wandelt Biomasse in Kohle um und stellt damit eine vielversprechende Technologie zur Nutzung von Biomasse dar. Zusätzlich existiert eine

Multireaktoranlage zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien, die der Erforschung neuer chemischer Prozesse dient und zur Weiterentwicklung innovativer Produkte beiträgt.

Die WIR!-Bündnisse in Mecklenburg-Vorpommern setzen weitere Schwerpunkte im Bereich der Bioökonomie. So entwickelt das Plant3-Bündnis Strategien zur hochwertigen Veredelung von pflanzenbasierten Rohstoffen in Nordostdeutschland. Das biogeniV-Bündnis konzentriert sich auf die Verwertung biogener Reststoffe in der Region Anklam, während ArtIFARM künstliche Intelligenz in landwirtschaftliche Prozesse integriert. Das Physics for Food-Bündnis verfolgt die Entwicklung physikalischer Verfahren zur Förderung einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft.

In der Förderlandschaft des Landes spiegeln sich die Bemühungen zur Unterstützung nachhaltiger Projekte wider. Zwischen 2015 und 2022 wurden insgesamt 29 Projekte im Bereich Ernährung und nachwachsende Rohstoffe mit einer Fördersumme von 17 Millionen Euro unterstützt. Zu den geförderten Projekten zählen beispielsweise UltraPulp, das sich mit der Entwicklung von Zuckerrüben-Pektin-Oligo-Sacchariden für die Lebensmittelindustrie beschäftigt, sowie FermMixDrink, das eine neue alkoholfreie Getränkefamilie entwickelt. Auch das Zentrum für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming der Fraunhofer-Gesellschaft plant in der Region, die Optimierung landwirtschaftlicher Prozesse und Lebensmittelproduktion voranzutreiben.

Auf der akademischen Ebene bietet die Universität Greifswald seit dem Wintersemester 2022/2023 einen Bioökonomie-Masterstudiengang an. Sie ist darüber hinaus Partner im Norddeutschen Zentrum für Mikrobielle Genomforschung (NZMG), was ihre Schlüsselrolle in der Forschung und Ausbildung im Bereich der Bioökonomie unterstreicht.

Ein weiteres zentrales Dokument ist die Agora Agrar Studie 2024, die sich mit der Rolle der Land- und Forstwirtschaft in einem klimaneutralen EU-Bioökonomiesystem bis zum Jahr 2050 auseinandersetzt. Die Studie schlägt Strategien zur Senkung der Treibhausgasemissionen vor und empfiehlt nachhaltige Praktiken wie Agroforstsysteme und die Wiedervernässung von Mooren, um die Klimaziele der EU zu erreichen.

Dieser Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die aktuellen und geplanten Projekte sowie die Fördermaßnahmen, die Mecklenburg-Vorpommern im Bereich der Bioökonomie und der nachhaltigen technologischen Entwicklung vorantreiben.

Klima und Treibhausgase in Mecklenburg-Vorpommern

Die Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern zeigen seit 1990 einen kontinuierlichen Rückgang. Von 1990 bis 2020 konnten die Emissionen in verschiedenen Sektoren, darunter Energie, Landwirtschaft und Landnutzung, signifikant reduziert werden. Besonders der Energiesektor verzeichnete einen deutlichen Rückgang der Emissionen, wobei die energiebedingten Emissionen von 15,387 Millionen Tonnen im Jahr 1990 auf 8,362 Millionen Tonnen im Jahr 2020 sanken, was eine Reduktion um 54,3 % bedeutet. Auch die Emissionen aus der Landwirtschaft gingen zurück, von 4,324 Millionen Tonnen im Jahr 1990 auf 2,980 Millionen Tonnen im Jahr 2020, was den Bemühungen um nachhaltigere landwirtschaftliche Praktiken zugeschrieben wird. Im Bereich der Landnutzung und forstwirtschaftlichen Aktivitäten (LULUCF) zeigte sich, dass Wälder zunehmend als Kohlenstoffspeicher wirken und zur Reduzierung von CO₂-Emissionen beitragen, besonders in den letzten Jahren.

Die detaillierte Betrachtung der LULUCF-Emissionen zwischen 2019 und 2020 zeigt, dass Wälder im Jahr 2020 in Mecklenburg-Vorpommern als Kohlenstoffspeicher etwa 1,057 Millionen Tonnen CO₂ speicherten, was einen Rückgang im Vergleich zu den 1,719 Millionen Tonnen im Jahr 2019 darstellt. Die Emissionen aus Ackerland blieben in beiden Jahren relativ stabil und betragen etwa 1,6 Millionen Tonnen CO₂. Grünlandflächen hingegen trugen am stärksten zur CO₂-Emission im LULUCF-Sektor bei, wobei sie jährlich mehr als 5 Millionen Tonnen CO₂ ausstießen. Die Temperaturentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern zeigt einen klaren Erwärmungstrend. Seit 1881 stieg die durchschnittliche Jahrestemperatur um etwa 1,6°C an. Insbesondere seit den 2000er Jahren haben die positiven Temperaturanomalien, also die Jahre mit Durchschnittstemperaturen über dem Referenzwert, signifikant zugenommen. Es gibt mehr heiße Tage und weniger Frosttage, was den regionalen Auswirkungen des Klimawandels entspricht. Um die Treibhausgasemissionen weiter zu reduzieren, hat Mecklenburg-Vorpommern erhebliche Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien getätigt. Bis September 2024 waren etwa 530 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 300 Megawatt in Betrieb, die jährlich etwa 4.000 Gigawattstunden Strom erzeugen und damit zur Einsparung von bis zu 1,2 Millionen Tonnen CO₂ beitragen. Zudem werden etwa 98.000 Hektar landwirtschaftlicher Flächen für die Erzeugung von Biogas genutzt, unterstützt durch Importe von Raps und Rapsöl für die Biokraftstoffproduktion. Auch der Ausbau der Wind- und Solarenergie spielt eine wesentliche Rolle: Im Jahr 2022 betrug die installierte Kapazität der Windkraft 3.583 Megawatt und

die der Photovoltaik 3.392 Megawatt, was dazu führte, dass über 80 % des in MecklenburgVorpommern erzeugten Stroms aus erneuerbaren Quellen stammten.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass die Treibhausgasemissionen in MecklenburgVorpommern in den vergangenen drei Jahrzehnten kontinuierlich gesenkt wurden. Der Energiesektor und die Wälder als Kohlenstoffsenken haben einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion geleistet. Der Landnutzungssektor stellt dabei sowohl Herausforderungen als auch Chancen dar: Während Grünlandflächen hohe Emissionen verursachen, tragen die Wälder entscheidend zur Bindung von Kohlenstoff bei. Gleichzeitig zeigt der Klimawandel in der Region bereits spürbare Effekte, mit mehr heißen und weniger frostigen Tagen sowie steigenden Durchschnittstemperaturen. Investitionen in erneuerbare Energien wie Windkraft, Photovoltaik und Biogas bleiben zentrale Instrumente, um die Treibhausgasemissionen weiter zu senken und die Klimaziele zu erreichen.

13.2 Anhang 2

Skizze zur Erarbeitung einer Bioökonomie-Strategie für MV - 2024/ 2025

I. Ziele

Die Bioökonomie-Strategie Mecklenburg-Vorpommerns soll die nachfolgenden Ziele adressieren und dabei die gleichzeitige und gleichberechtigte Umsetzung von umweltbezogenen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekten berücksichtigen:

- Sicherung landwirtschaftlicher Urproduktion & Verhinderung von Flächenkonkurrenzen
- Entwicklung neuer technologischer Verfahren & Nutzung von KI / Robotik zur nachhaltigen Ertragssicherung bei gleichzeitiger Ressourceneinsparung
- Entwicklung nachhaltiger Lebensmittel (aquatisch, pflanzenbasiert, Stoffnebenströme)
- Erfüllung (inter)-nationaler Klimaschutzziele sowie Naturschutz

II. Beschreibung der Prozessarbeit inkl. Problembeschreibung und möglicher Lösungsansätze.

Im Rahmen vernetzter Analysen werden regionale Stärken erfasst und zu den Leitlinien einer nachhaltigen Zukunft Mecklenburg-Vorpommerns *im Dialog* von Landwirtschaft, Anlagenbau, Lebensmittelindustrie, Technologieunternehmen, Wissenschaft, Handel und Gesellschaft entwickelt. Die Arbeit besteht darin, identitätsstiftende Wertschöpfungsketten in MecklenburgVorpommern aufzubauen und dabei Teilschritte der Prozesskette in der (Land)-Wirtschaft durch nachhaltige und damit in der Regel umweltfreundlichere Technologien zu ersetzen. In mehreren Strategieworkshops unter Leitung des ZELT und unter Beteiligung aller relevanter Stakeholder der Bioökonomie im Land MV (Beirat, geplante Akteure siehe Anlage) werden Technologien mit dem größtem Anwendungspotential sowie biogene Erzeugnisse regionaler Identität mit wirtschaftlicher Bedeutung identifiziert. Pflanzen (z.B. Weizen, Raps, Leguminosen), Nutztiere, Insekten, Zellfleisch, Algen, fermentierte Reststoffe, Pilzmyzelien sowie Fische und Meeresfrüchte aber auch Reststoffströme aus der (Lebensmittel)-Industrie (z.B. Treber aus Brauereien) werden dazu als Nahrungsquellen nachhaltig nutzbar gemacht bzw. als Nährstoffquellen für die biologische Transformation betrachtet. Dadurch werden gesündere, mit modernen, umweltfreundlichen Technologien vor Ort produzierte und damit vorrangig

nachhaltige Lebensmittel Mecklenburg-Vorpommerns Antworten auf die Herausforderungen der Umwelt- und Klimapolitik sowie die Entwicklungsziele der Vereinten Nationen (SDG) geben. Geplant ist, neben der IST-Analyse der aktuell produzierten biogenen Materialien im Land nach Menge, Marktwert, Umwelt-Einfluss, Energieverbrauch, Sicherheit und Entwicklungspotenzial einen SOLL-Zustand durch den Beirat für das Land zu charakterisieren mit Selbstversorgungsgrad und Nutzungsanteilen für Lebensmittel, Futter, Medizin, Bau, Energieerzeugung und Tourismus und daran die Zukunfts-Strategie auszurichten.

Zentrum für Ernährung und
Lebensmitteltechnologie (ZELT) gGmbH
Seestraße 7a . 17033 Neubrandenburg



1. IST - Analyse

- a. IST - Situation erfassen (Stat. Landesamt, GEO-Portal, Agrar-BWL)
- b. Flächenverteilung (Acker, Wald, Moor, Wasser, versiegelt)
- c. Mengen-Ermittlung biogener Ressourcen (Holz, Reststoffe, Erntegüter)
- d. Verwendung (Verarbeitung im Land, Export, Futter, Biogas)
- e. Bewertungsmatrix (Marktwert, Umwelt-Einfluss, Energieverbrauch, Sicherheit, Steuerpotenzial)
- f. Erneuerbare Energien (insb. Biogas, Fotovoltaik) inkl. Kennzahlen
- g. Wasser - Verteilung und Nutzung (Niederschläge, Flüsse, Seen, Verbrauch)
- h. SWOT – Analyse
- i. Stärken Mecklenburg-Vorpommern erkennen
- j. Ziel-Konflikte analysieren (Ursachen für Flächenkonkurrenz)

2. Zukunft MV

- a. SOLL – Zustand charakterisieren (Beteiligung: Bevölkerung, Politik, Wissenschaft)
- b. Eigenversorgungsziele für Energie, Lebensmittel, Wasser
- c. Flächenverteilung und Nutzungsanteile
 - i. Acker (Lebensmittel, Futter, Biogas, Fotovoltaik, Baustoffe)
 - ii. Moor (Lebensmittel, Futter, Medizin, Bau, Fotovoltaik)
 - iii. Seen (Lebensmittel, Erholung, Fotovoltaik)
- d. Wasserspeicherung, regionale Nutzung, Wiederverwendung
- e. Technologieeinsatz definieren (u.a. KI, Robotik, Biotechnologie)
- f. Klimaneutralität nach Sektoren
- g. Ziel-Konflikte auflösen

3. Strategie & Maßnahmen der Bioökonomie für regionale Wertschöpfung

- a. Entwicklungsfelder festlegen
- b. Priorisierung der Optionen: Schwerpunktsetzung
- c. Handlungsansätze entwickeln

4. Handlungsfelder für Politik

- a. Fördermaßnahmen / Anreize empfehlen: Weiterentwicklung der Akteure
- b. Vorranggebiete ausweisen (Acker, Wald, Moor, Reservat)
- c. Maßnahmenüberwachung/Qualitätssicherung organisieren
- d. Bioökonomie-Strategie für Mecklenburg-Vorpommern umsetzen

In fünf großen, regionalen Workshops (ca. 25 Teilnehmende) werden die genannten Themen unter Beteiligung des Beirates gemeinsam und moderiert erarbeitet und zu einer Gesamtstrategie Bioökonomie-Strategie für MV fixiert.

Erstellung der Bioökonomie-Strategie für Mecklenburg-Vorpommern

III. Zeitplan zur Bearbeitung

Arbeitspakete	2024				2025			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
AP 1: IST - Analyse								
AP 2: Zukunft MV (Vision)								
AP 3: Strategie und Maßnahmen								
AP 4: Handlungsfelder für Politik								

Die Strategieentwicklung ist in Arbeitspakete untergliedert. Deren Arbeit wird vom ZELT koordiniert und erfolgt in themenbezogenen Arbeitsgruppen der Akteure aus Landwirtschaft, Anlagenbau, Lebensmittelindustrie, Wissenschaft, Handel und Gesellschaft durch themenübergreifende Vernetzung.

Strategie-Workshops

Treffen im 3-monatigen Rhythmus mit Expertengremium (ca. 20 Vertreterinnen und Vertreter aus Land-/Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft – nicht abschließende Liste Siehe Anhang)

Mai 2024	Workshop 1 - Auftakt in Neubrandenburg zur Woche der Nachhaltigkeit Verteilung der spezifischen Fachgebiete an AG-Leitungen
Oktober 2024	Workshop 2 – Vorstellung / Diskussion IST-Analyse
Februar 2025	Workshop 3 – Vision
Mai 2025	Workshop 4 – Strategie, Maßnahmen
Oktober 2025	Workshop 5 – Vorstellung Entwurf Strategie-Konzept, Ableitung Handlungsempfehlungen

Mögliche Arbeitsgruppen (wird in Workshops entwickelt), ca. max. 10 Personen pro Arbeitsgruppe

- *Urproduktion (Landwirtschaft, Aquakultur; Forst):*
- *Verarbeitung (Landwirtschaftliche Erzeugnisse, Herstellung Lebensmittel, Ernährung)*
- *Reststoffnutzung, Veredlung von Nebenstoffströmen*
- *Fakultativ: Baumaterialien und -methoden im Zusammenhang mit der Landwirtschaft*

Erstellung der Bioökonomie-Strategie für Mecklenburg-Vorpommern

Seite 3

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist und ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Textstellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind durch Zitate als solche gekennzeichnet. Ich erkläre weiterhin, dass die abgegebene digitale Version mit der eingereichten schriftlichen Arbeit übereinstimmt.

Neubrandenburg, 10.02.2025

Ort, Datum

Unterschrift