

Potenzialstudie: Industrielle Bioökonomie in Thüringen



Kofinanziert von der
Europäischen Union

Das Projekt Innovativ Thüringen
wird mit Mitteln der Europäischen
Union (EFRE) kofinanziert.

Freistaat
Thüringen



Ministerium für Wirtschaft,
Landwirtschaft und
Ländlichen Raum

Potenzialstudie: Industrielle Bioökonomie in Thüringen

Auftraggeber: Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)

Autoren: Nicolas Hark, Lara Dammer, Achim Raschka, Olaf Porc, Asta Partanen (nova-Institut GmbH); Lukas Eiserbeck, Markus Mahle, Max Willinghöfer (Prognos AG)

November 2024

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Märkte und Technologien der industriellen Bioökonomie.....	4
2.1	Märkte und aktuelle Nutzungspfade	5
2.2	Konversionstechnologien der industriellen Bioökonomie.....	7
2.2.1	Mechanische und physikalische Biomassenutzung	7
2.2.2	Chemische und thermochemische Konversionsverfahren	7
2.2.3	Biotechnologische Verarbeitung von Biomasse	7
3	Status-quo der industriellen Bioökonomie in Thüringen	8
3.1	Analyse der Rohstoffbasis.....	8
3.2	Analyse sozio-ökonomischer Aspekte der (industriellen) Bioökonomie	11
3.3	Analyse der Thüringer Unternehmenslandschaft in der industriellen Bioökonomie	15
3.4	Analyse der Thüringer Forschungslandschaft in der industriellen Bioökonomie.....	19
4	Analyse der Potenzialbranchen.....	21
	Zentrale Ergebnisse aus den Interviews	23
5	Handlungsfelder.....	26
6	Fazit	26
	Vielzahl von Konversionstechnologien.....	26
	Die Rohstoffbasis	27
	Umsatz und Beschäftigung der industriellen Bioökonomie in Thüringen.....	27
	Thüringische Bioökonomie-Unternehmen.....	28
	Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten	29
	Identifizierte Potenzialbereiche	29
	Handlungsfelder	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bedarf an in den Produkten gebundenem Kohlenstoff in der chemischen Industrie und im Materialsektor in der EU-27 (Kähler, et al., 2023).....	5
Abbildung 2: Industrielle stoffliche Nutzung von Biomasse in Europa 2023 (Quelle: nova-Institut 2024)	6
Abbildung 3: Aufkommen biogener Rohstoffe in Thüringen (FM = Frischmasse in Tonnen) (Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des TMIL, FNR, BLE, TLS, Thünen, TMUEN, UBA 2022).....	9
Abbildung 4: Aufkommen organischer Abfälle (getrennt gesammelt & organischer Anteil Restmülltonne) in Thüringen (in Tonnen). Quelle: TLUBN 2020, eigene Darstellung.....	10
Abbildung 5: (potenzielles) Aufkommen organischer Nebenprodukte aus der Lebensmittelwirtschaft in Thüringen (in Tonnen). Quelle: UBA, TLLLR, Destatis, DBFZ 2022, eigene Darstellung	10
Abbildung 6: Umsatz der vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe. Quelle: TLS, eigene Darstellung.....	12
Abbildung 7: Anzahl Beschäftigte in vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe. Quelle: TLS, eigene Darstellung	13
Abbildung 8: Umsatz der anteilig bio-basierten Branchen. Quelle: TLS, eigene Darstellung	14
Abbildung 9: Beschäftigung in den anteilig bio-basierten Branchen. Quelle: TLS, eigene Darstellung.....	15
Abbildung 10: Verteilung der Thüringer Unternehmen in Branchen mit Bioökonomiebezug nach Kategorien	17
Abbildung 11: Verteilung der Thüringer Unternehmen mit potenziellem Bezug zur Bioökonomie auf die Branchen	17
Abbildung 12: Anzahl der untersuchten Unternehmen mit mindestens mittlerer Relevanz der Bioökonomie nach Branchen	18
Abbildung 13: Anzahl der untersuchten Unternehmen mit mindestens moderatem Potenzial für die Etablierung bioökonomischer Ansätze nach Branchen	19
Abbildung 14: Übersicht über Projektanzahlen und Fördersummen geförderter Forschungsprojekte und deren Aufteilung auf Themenbereiche der industriellen Bioökonomie in Thüringen zwischen 2018 und 2023	20

1 Einleitung

Die vorliegende Studie betrachtet das Potenzial für die industrielle Bioökonomie in Thüringen – einer Wirtschaft auf Grundlage von nachwachsenden Rohstoffen, um nachhaltiges Wirtschaften und Klimaziele zu fördern. Während erneuerbare Energien fossile Energieträger ersetzen können, bleibt Kohlenstoff in der Material- und Chemieindustrie unverzichtbar. Ziel ist es, fossilen durch erneuerbaren Kohlenstoff zu ersetzen, welcher neben dem Recycling und der Nutzung von CO₂ auch aus Biomasse stammt (Defossilisierung). Der Begriff **Bioökonomie** wird in Details unterschiedlich definiert, fokussiert sich jedoch auf die Nutzung biologischer Ressourcen (biogener Rohstoffe) und/oder nachhaltiger Prozesse zur Herstellung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen. Die Definitionen von Bioökonomierat, Europäischer Union und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) betonen die wissensbasierte Nutzung biologischer Ressourcen im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems. Die **industrielle Bioökonomie** umfasst speziell die Erzeugung und Umwandlung von Biomasse oder die Nutzung von Biotechnologie zur Herstellung von Lebensmitteln, Gesundheits-, Faser-, Industrieprodukten und Energieträgern. Neben Land- und Forstwirtschaft als Ressourcengebern zählen chemische und pharmazeutische Industrie sowie textil- und holzverarbeitende Branchen zu den zentralen Sektoren. Die energetische Nutzung von Biomasse ist in der betrachteten Studie ausgeschlossen, allerdings gibt es Überschneidungen mit der stofflichen Nutzung. Die Studie zur Untersuchung der Potenziale in der industriellen Bioökonomie in Thüringen ist in vier Abschnitte unterteilt:

- **Grundlagen:** Überblick über Technologien, Rohstoffe und Markttrends der Bioökonomie
- **Status quo in Thüringen:** Analyse der Rohstoffbasis, sozio-ökonomischer und unternehmerischer Aktivitäten, Forschung und Regulatorik
- **Potenziale:** Identifikation und Analyse von Potenzialbereichen unter Einbindung regionaler Akteur:innen
- **Handlungsfelder:** Zur Förderung bioökonomischer Wertschöpfungsketten und Netzwerke

Ziel ist es, Unternehmen, Forschung und Politik in Thüringen konkrete Ansätze zur Stärkung der industriellen Bioökonomie zu bieten.

2 Märkte und Technologien der industriellen Bioökonomie

Der Begriff Biomasse beschreibt die Gesamtheit aller lebenden und toten Organismen eines Lebensraumes, einschließlich die von ihnen produzierten organischen Substanzen. Im Hinblick auf diese Studie und der Einschätzung potenzieller Biomasseverfügbarkeiten für eine industrielle Bioökonomie in Thüringen werden als Biomasse und damit als potenzielle biogene Rohstoffe entsprechend alle organischen Stoffe pflanzlichen, tierischen und mikrobiellen Ursprungs bezeichnet, die als Energieträger und als Rohstoff für die stoffliche Nutzung verwertet werden können. (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2020)

Hierzu werden alle Potenziale aus der Land- und Forstwirtschaft sowie Reststoffströme wie biogene Fraktionen des Hausmülls, getrennt gesammelte biogene Reststofffraktionen (Bioabfall, Grünschnitt), verfügbare biogene Industrieabfälle sowie gegebenenfalls auch Abwasser- und Abgasströme mit organischen Anteilen gezählt, die als Rohstoffe der Bioökonomie eingesetzt werden können.

Für biotechnologische Anwendungen ebenfalls nutzbare Rohstoffe wie vor allem kohlenstoffhaltige Gase (CO₂, CO und Methan) werden hier nicht einbezogen, ebenso wie Erze, Metalle etc., die im Rahmen von biotechnologischen Prozessen aufbereitet und verfügbar gemacht werden können (z.B. durch Biomining).

2.1 Märkte und aktuelle Nutzungspfade

Die folgende Abbildung 1 stellt den aktuellen Bedarf an Kohlenstoff in verschiedenen Sektoren der chemischen Industrie und des Materialsektors in der EU-27 dar, wobei sie nur den in den Produkten enthaltenen Kohlenstoff (Embedded Carbon) benennt, nicht den für die Produktionsenergie aufgewendeten.

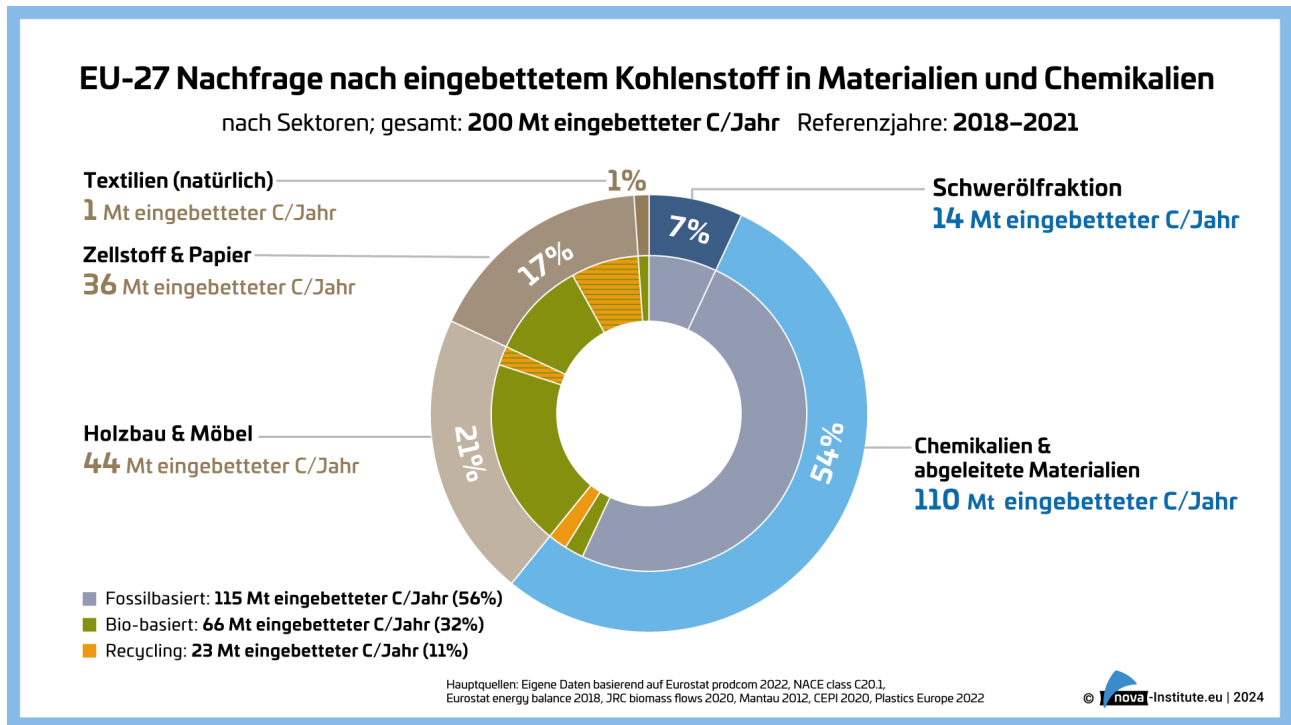


Abbildung 1: Bedarf an in den Produkten gebundenem Kohlenstoff in der chemischen Industrie und im Materialsektor in der EU-27 (Kähler, et al., 2023)

Erkennbar ist, dass von der Gesamtmenge von etwa 200 Millionen Tonnen Kohlenstoff, die in der EU stofflich genutzt wird, mehr als 55% durch fossile Rohstoffe gedeckt ist. Die anderen großen stofflichen Sektoren sind Möbel, Bauholz, Papier- und Zellstoffindustrie sowie Natur-Textilien, die die anderen 45% des Kohlenstoffs nutzen. Dabei handelt es sich um Sektoren, die traditionell auf Biomasse und hier besonders auf Holz aufbauen. Im Bereich der Chemikalienproduktion und der darauf aufbauenden Materialien, vor allem Kunststoffe, ist der Anteil von bio-basierten Produkten allerdings sehr gering bei etwa 2% – hier existiert dementsprechend ein sehr hohes theoretisches Potenzial zur Substitution von fossilem Kohlenstoff durch alternative Kohlenstoffquellen.

Es gibt zahlreiche Bestrebungen, den biogenen Anteil der Rohstoffe in der Produktion und damit auch den Marktanteil bio-basierter Produkte zu erhöhen. Dieser steigt entsprechend kontinuierlich, jedoch bislang auf einem sehr niedrigen Niveau, was zum einen durch die etablierten Produktionsanlagen und der exzellenten Logistik im Bereich der fossil-basierten Industrie und zum anderen durch den in der Regel deutlich höheren Preis bio-basierter Produkte erklärt werden kann.

Abbildung 2 gibt einen ausführlichen Überblick über die diversen Nutzungspfade aller zu berücksichtigenden Biomasseströme in der industriellen, stofflichen Biomassenutzung in Europa. Sie verdeutlicht außerdem, wie komplex die Stoffströme in der Bioökonomie aufgebaut sind und welche industriellen Potenziale von Biomasse schon heute in Europa ausgeschöpft werden. Die für Thüringen relevanten Biomassearten werden in Kapitel 3 ausführlich analysiert.

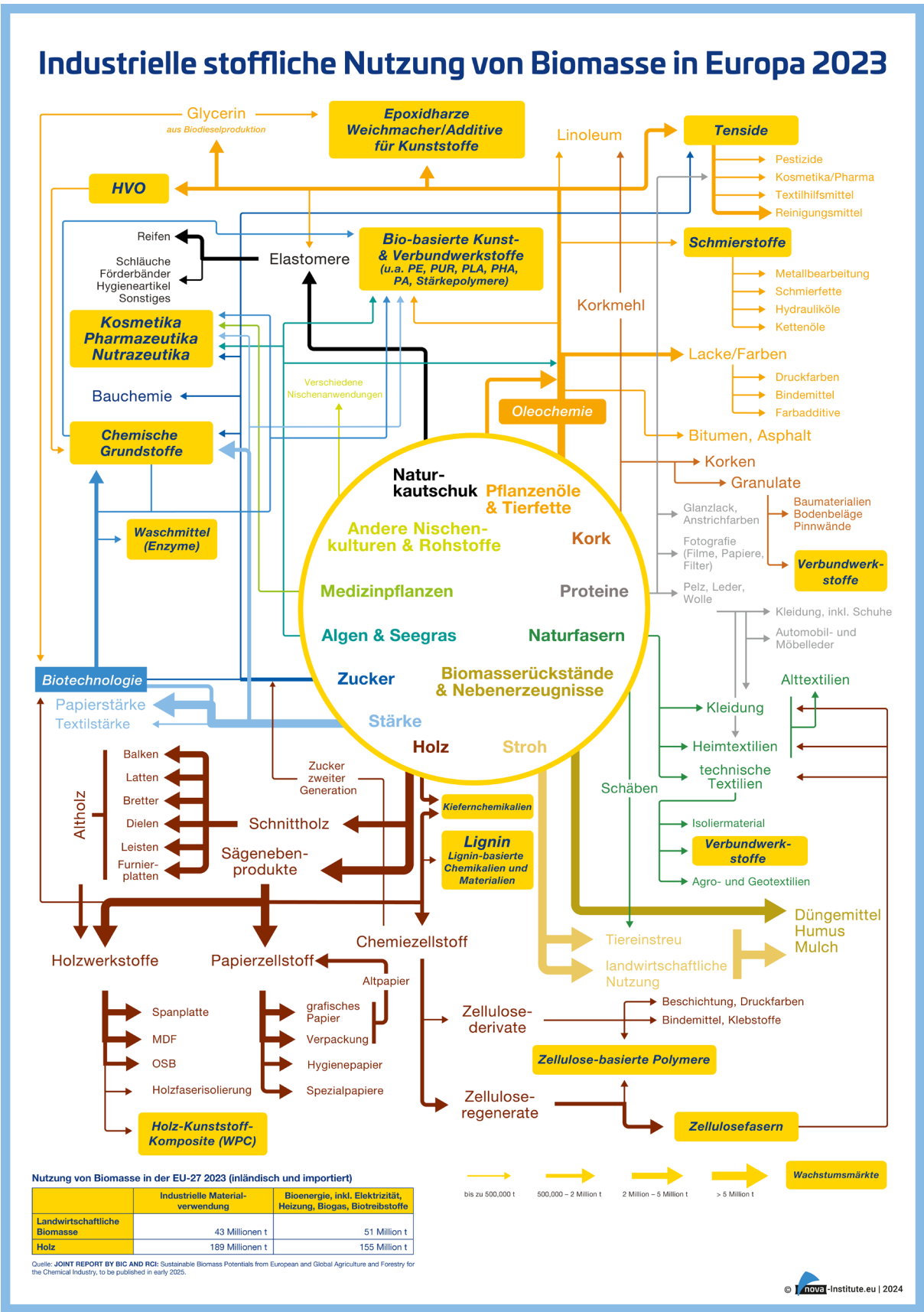


Abbildung 2: Industrielle stoffliche Nutzung von Biomasse in Europa 2023
(Quelle: nova-Institut 2024)

2.2 Konversionstechnologien der industriellen Bioökonomie

Im Fokus dieser Studie stehen Technologien, mit denen sich biogene Rohstoffe aus der Forst-, Land- und Ernährungswirtschaft sowie deren Nebenprodukte, Abfallströme und biogene Fraktionen in Abwässern, Abgasen und anderen Strömen in stoffliche Anwendungen umwandeln lassen.

Neben etablierten Anwendungsbereichen werden in der folgenden Analyse moderne chemische, thermochemische wie auch biotechnologische Konversionstechnologien dargestellt, mit denen diese Rohstoffe stofflich genutzt werden können. Die Auswahl und Zusammenstellung fassen dabei Inhalte aus zahlreichen Veröffentlichungen und anderen Quellen zusammen, die vom nova-Institut ausgewertet und zusammengestellt wurden. Es wird zudem angegeben, für welche Biomasse- und Reststoffströme diese Technologien besonders sinnvoll eingesetzt werden können und welche Zielprodukte mit diesen realisiert werden können.

2.2.1 Mechanische und physikalische Biomassenutzung

Die mechanische und physikalische Aufbereitung von Biomasse umfasst alle traditionellen Behandlungsmöglichkeiten ohne den Einsatz chemischer, thermochemischer und biotechnologischer Konversion. Dazu gehören auch Trennverfahren wie Filtration, Destillation und Extraktion. Zusätzlich sind die mechanische Fragmentierung und Kristallisation (inkl. Gefrieren) in diesen Technologien enthalten.

Zahlreiche mechanische Verfahren werden bei der Vorbehandlung von Biomasse eingesetzt, um sie für weitere technologische Schritte verfügbar zu machen (upstream) oder bei der Trennung von Produkten nach einem chemischen oder biotechnologischen Produktionsteil (downstream). Für die meisten Nutzungstechnologien muss die verfügbare Biomasse vorbehandelt werden. Dabei wird sie, je nach Biomassetyp und Anwendung, beispielsweise getrocknet, zerkleinert, pelletiert usw. Auch Extraktionen und andere Trennverfahren können Teil der Vorbehandlung sein, um spezifische Teilmengen der genutzten Biomasse zu erhalten.

2.2.2 Chemische und thermochemische Konversionsverfahren

Die chemische Verarbeitung von Biomasse umfasst vor allem den Einsatz konventioneller chemischer Reaktionssysteme mit Hilfe von Katalysatoren zur Umwandlung von Biomasse in verschiedene Produkte wie z.B. Basischemikalien, Gase, Polymere oder synthetische Kraftstoffe. Typische chemische Prozesse nutzen neben den Ausgangsstoffen auch Hilfschemikalien zusammen mit Katalysatoren für die Umwandlungsprozesse, dies kann durch hohe Temperaturen und Druck unterstützt werden. Die spezifischen thermochemischen Prozesse nutzen hohe Temperaturen als Energiequelle für die Umwandlungsprozesse. Die elektrochemische Konversion ist eine spezielle chemische Umwandlung, die elektrische Energie zur Reduktion biogener Ressourcen nutzt.

2.2.3 Biotechnologische Verarbeitung von Biomasse

Als Biotechnologie werden grundsätzlich alle Technologien betrachtet, bei denen lebende Organismen oder deren Produkte und Bestandteile (v.a. Enzyme oder Einzelzellen) durch den Menschen genutzt werden. Modernere Formen der Biotechnologie, die auch heute noch optimiert werden, haben historisch ebenfalls eine lange Tradition, etwa in der Herstellung von Lebensmitteln (Brot, Käse, Bier und Wein) oder im Bereich der Pharmazie und Medizin. Die alkoholische Gärung zur Herstellung von Ethanol, die anaerobe Gärung zur Herstellung von Biogas und Biomethan oder auch die Milchsäuregärung für die Herstellung von Milchsäure und darauf aufbauende bio-basierte Kunststoffe (Polymilchsäure, PLA) sind bis heute wichtige und auch moderne Produktionsverfahren zur Nutzung von Biomasse und Restströmen. Diese als

Fermentation zusammengefassten Technologien bilden eine Grundlage der modernen industriellen Biotechnologie. Der Fokus dieser Studie liegt vor allem auf dem Bereich, der generell als Industrielle Biotechnologie bezeichnet wird und Technologien umfasst, die mit der industriellen Konversion von Rohstoffen und der Herstellung von Produkten der chemischen Industrie und angrenzender Bereiche assoziiert sind.

Im Kontext der biotechnologischen Verarbeitung von Biomasse stehen vor allem die Nutzung von verschiedenen Typen von Biokatalysatoren im Fokus. Dabei handelt es sich entweder um lebende Organismen, in der Regel Mikroorganismen wie Pilze, Bakterien, Cyanobakterien oder Archaea, oder um spezifische Enzyme. Diese werden genutzt, um die vorhandene Biomasse in unterschiedliche Produkte zu konvertieren, etwa in Gase (Wasserstoff, Methan), Chemikalien und auch Polymere.

Biotechnologische Prozesse sind in der Regel gekennzeichnet durch eine hohe Selektivität, vergleichsweise hohe Umsetzungsraten und die Reproduzierbarkeit der Prozesse zum technischen Einsatz. Toxische Chemikalien werden bei der biotechnologischen Produktion nicht eingesetzt, können aber im Nachgang bei der Weiterverarbeitung der Produkte zum Einsatz kommen. Biogene Reststoffe sind dabei wie Biomasse generell aufgrund ihrer Zusammensetzung mit einem hohen Anteil an Kohlenhydraten wie Zellulose, Hemizellulosen und Zucker sowie Fetten und Ölen für biotechnologische Umsetzungen prinzipiell gut geeignet.

3 Status-quo der industriellen Bioökonomie in Thüringen

Dieses Kapitel analysiert den Status quo der **industriellen Bioökonomie in Thüringen**, indem es verschiedene Aspekte wie Rohstoffbasis, sozio-ökonomische Kennzahlen, Unternehmenslandschaft sowie Forschung und Entwicklung in Thüringen betrachtet. Ziel ist es, ungenutzte Potenziale und Wertschöpfungsmöglichkeiten mit potenziell vorhandener Biomasse zu identifizieren, relevante Wirtschaftszweige und Unternehmen mit Entwicklungspotenzial herauszuarbeiten und FuE-Aktivitäten zu erfassen, die die industrielle Bioökonomie in Thüringen stärken könnten oder dies bereits tun. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Schwerpunktsetzung in der Potenzialanalyse in Kapitel 4.

3.1 Analyse der Rohstoffbasis

In diesem Kapitel wird die Verfügbarkeit der jeweiligen biogenen Rohstoffe in Thüringen analysiert und dargestellt. Abbildung 3 zeigt eine Gesamtübersicht des grundsätzlichen Aufkommens biogener Rohstoffe in Thüringen, unterteilt in die vier Kategorien „Landwirtschaftliche Biomasse“, „Forstwirtschaftliche Biomasse“, „Organische Abfälle“ sowie „Organische Nebenprodukte aus der Lebensmittelwirtschaft“. (Sörgel, et al., 2006) (TLS, 2023) (TLS, 2023) (TLS, 2023) (TLS, 2023) (TLS, 2023) (TLS, 2022) (TLUBN, 2021) (Umweltbundesamt, 2019) (Umweltbundesamt, 2020) (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023) (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023) (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung BLE, 2023) (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023) (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023) (Destatis, 2023) (Destatis, 2023)

In Anbetracht der Gesamtvolumina dieser vier Kategorien wird ersichtlich, dass die Land- sowie die Forstwirtschaft in nahezu gleichem Maße Primärbiomasse in Thüringen produzieren. Die Landwirtschaft produziert mit 5,5 Millionen Tonnen Frischmasse jedoch insgesamt noch etwas mehr als 6% mehr als die Forstwirtschaft mit 5,18 Millionen Tonnen Frischmasse.

Die Gesamtmenge der produzierten Biomasse in der Thüringer Landwirtschaft, in Abbildung 3 gelb eingefärbt, setzt sich zu großen Teilen aus der Getreideproduktion zusammen, welche sowohl knapp 2,4 Millionen Tonnen Getreide an sich bereitstellt als auch knapp 1,9 Millionen Tonnen Getreidestroh, welches unweigerlich in der Produktion anfällt und ebenfalls von bioökonomischem Wert ist und stofflich verwertet werden kann. Mit fast 800.000 Tonnen stellt die Zuckerrübenproduktion ebenfalls einen großen Teil der landwirtschaftlichen Produktion dar. Nicht in der Grafik erfasst, da in der aktuellen Nutzung vollständig als Futtermittel oder energetisch gebunden, aber als potenziell verfügbare landwirtschaftliche Biomasse ebenfalls in beträchtlichem Umfang angebaut, ist sogenannter Grünmais oder Silomais. Dessen Anbau stellt eine potenziell verfügbare Menge an Biomasse für die industrielle Nutzung in Höhe von über 1,4 Millionen Tonnen dar.

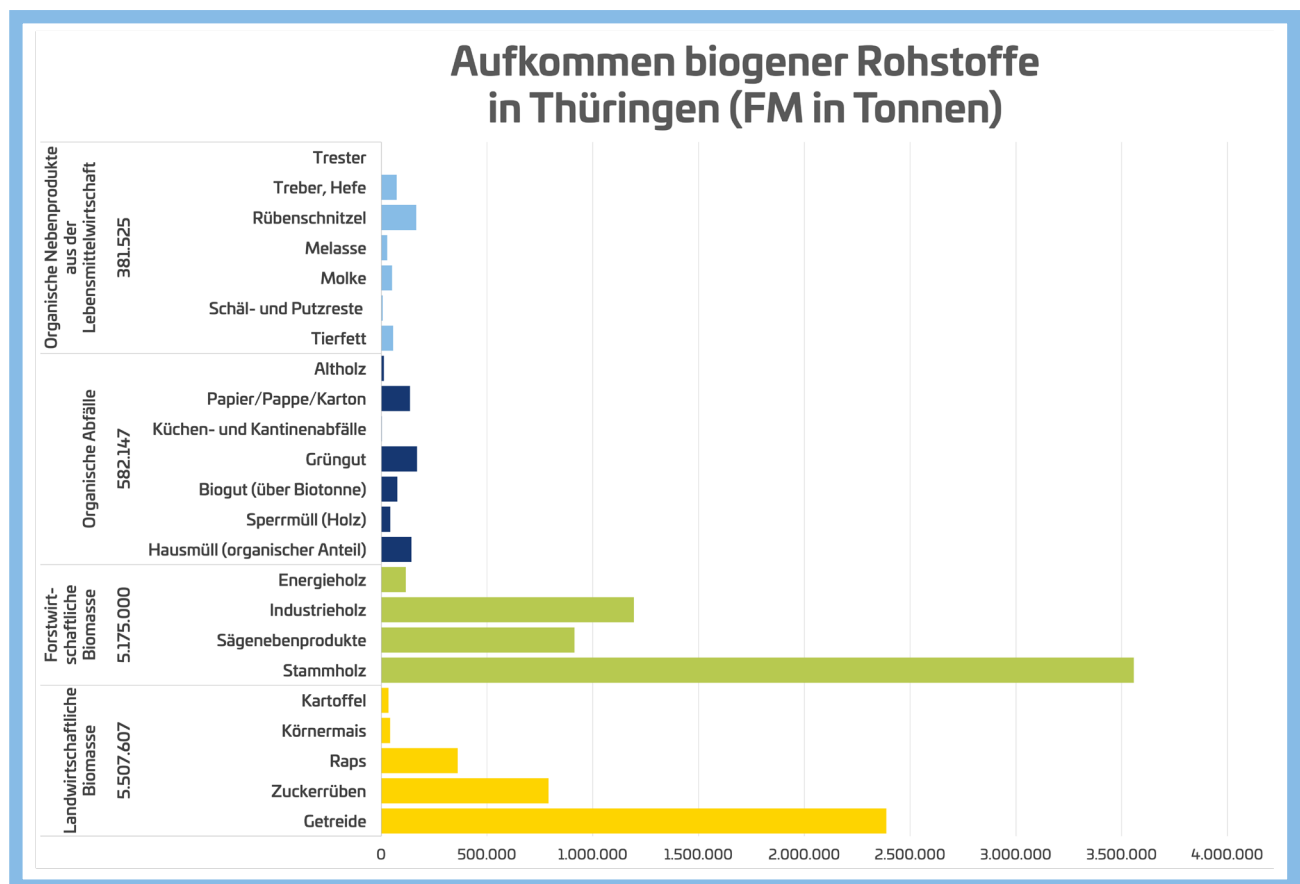


Abbildung 3: Aufkommen biogener Rohstoffe in Thüringen (FM = Frischmasse in Tonnen)

(Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des TMIL, FNR, BLE, TLS, Thünen, TMUEN, UBA 2022)

Neben diesen beiden Arten von primärer Biomasse verfügt Thüringen auch über Biomassepotenziale aus Abfallströmen und Nebenprodukten. Allein durch organische Abfälle entsteht so eine Gesamtmenge von über 580.000 Tonnen Biomasse, die bioökonomisch verwertet werden kann (s. Abbildung 4).

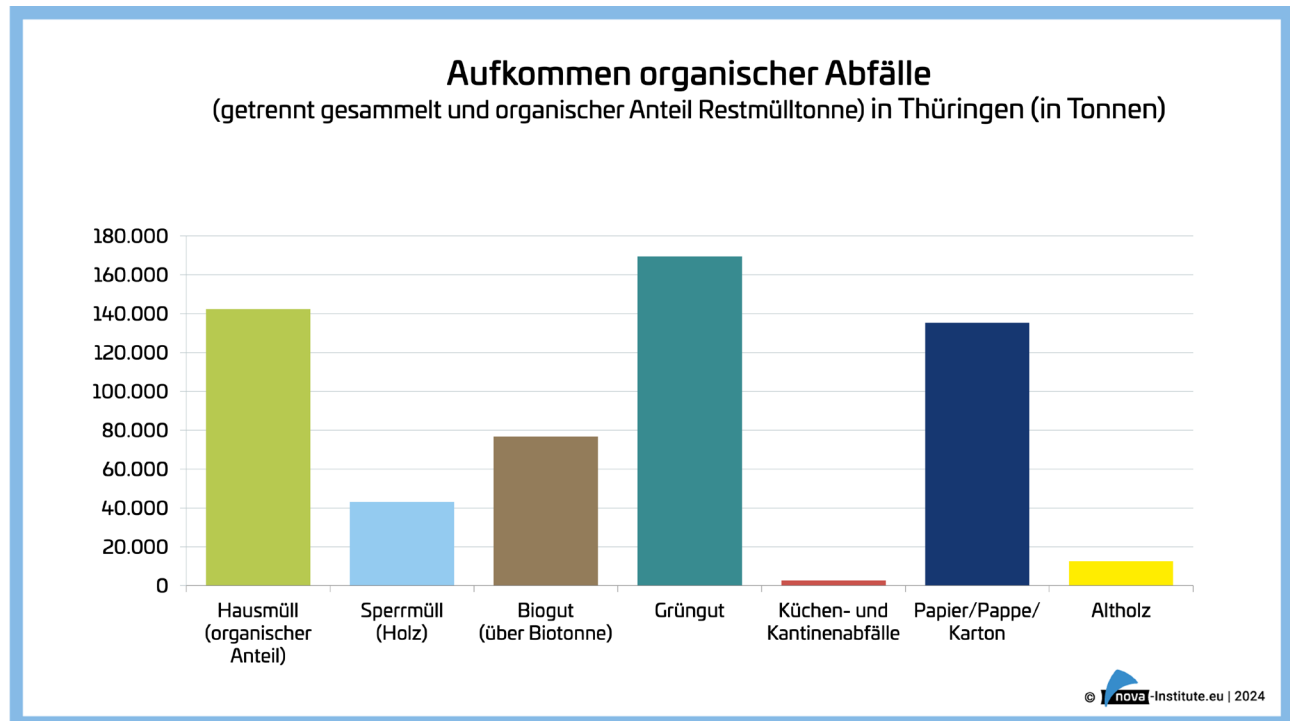


Abbildung 4: Aufkommen organischer Abfälle (getrennt gesammelt & organischer Anteil Restmülltonne) in Thüringen (in Tonnen).
Quelle: TLUBN 2020, eigene Darstellung

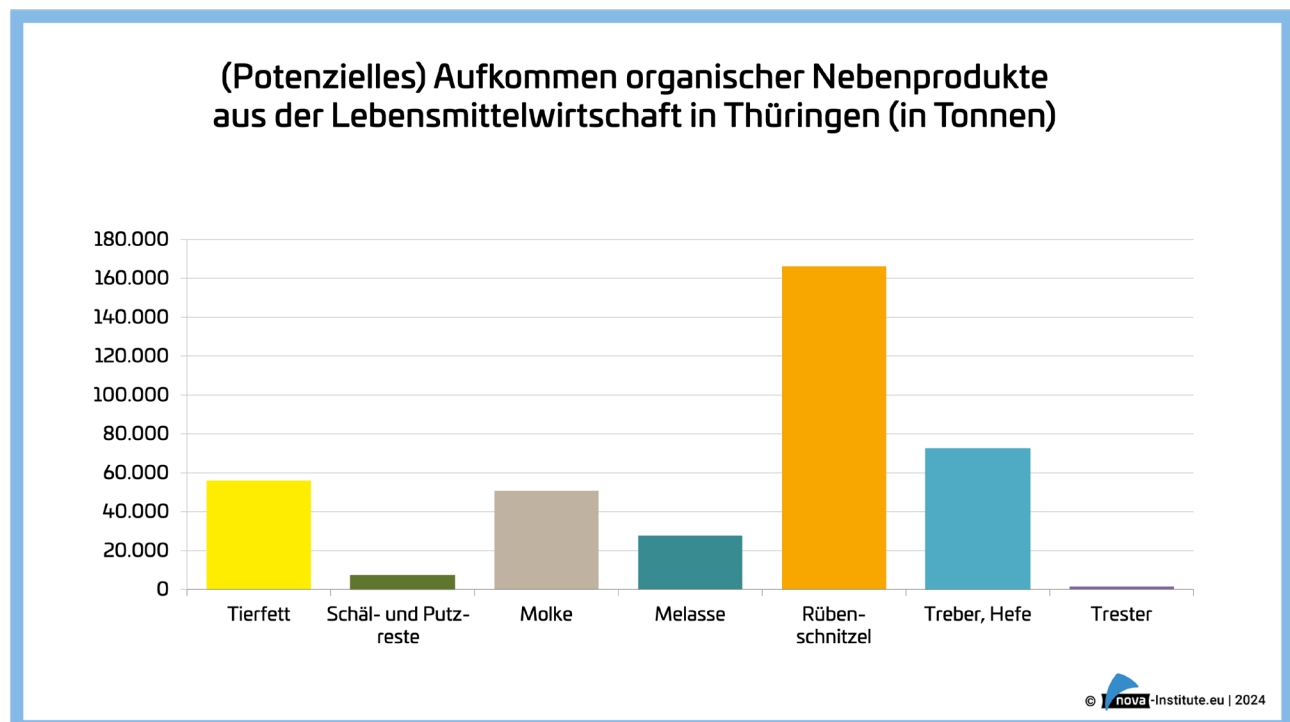


Abbildung 5: (potenzielles) Aufkommen organischer Nebenprodukte aus der Lebensmittelwirtschaft in Thüringen (in Tonnen).
Quelle: UBA, TLLLR, Destatis, DBFZ 2022, eigene Darstellung

Den kleinsten Anteil am Gesamtaufkommen biogener Rohstoffe in Thüringen machen organische Nebenprodukte aus der Lebensmittelwirtschaft aus. Insgesamt entstehen so über 380.000 Tonnen Biomasse, die potenziell in der industriellen Bioökonomie weiterverwertet werden können (s. Abbildung 5). Rübenschnitzel, Tierfette, Treber & Hefe sowie Molke stellen dabei die mengenmäßig relevantesten Gruppen dar.

3.2 Analyse sozio-ökonomischer Aspekte der (industriellen) Bioökonomie in Thüringen

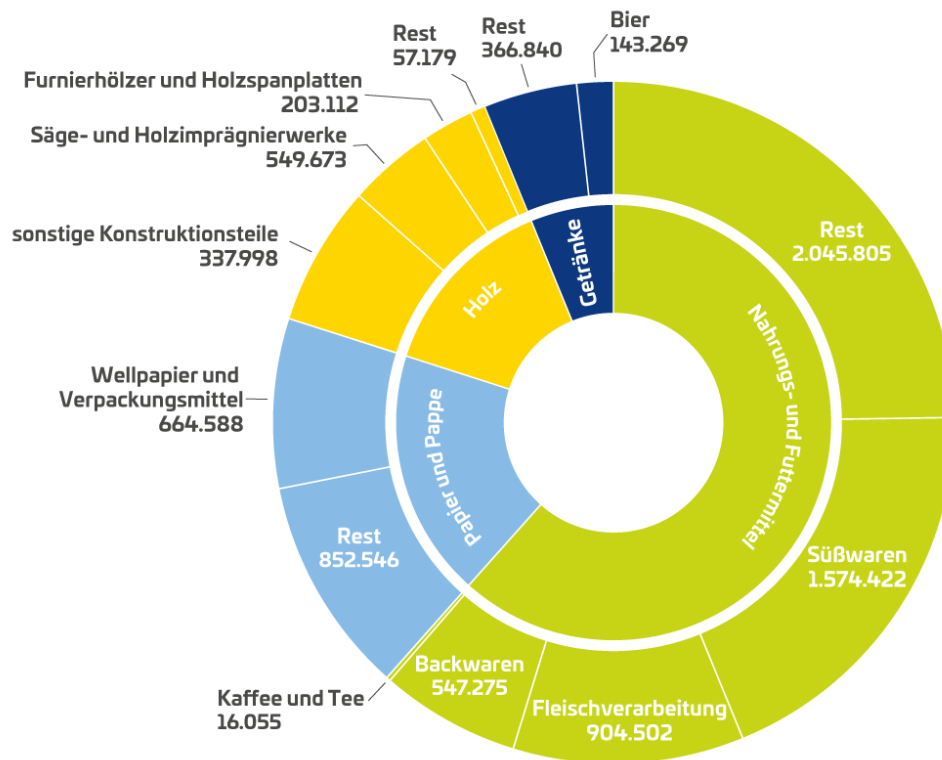
In der Analyse der zur industriellen Bioökonomie zählenden Bereiche im produzierenden Gewerbe (NACE Klassen C10–17, 20–22, 31) wird unterschieden zwischen Branchen, die vollständig der Bioökonomie zugerechnet werden können und solchen, die nur anteilig auf die Bioökonomie einzahlen. Um Wirtschaftsindikatoren für die anteilig bio-basierten Sektoren abzuleiten, wurden zunächst auf Produktebene prozentuale bio-basierte Anteile für alle Produkte in der Prodcom-Liste erarbeitet. Diese bio-basierten Anteile („bio-based shares“) wurden vom nova-Institut über Jahre entwickelt und gemeinsam mit dem Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission sowie mit mehreren Experten der bio-basierten Wirtschaft und mit Informationen von Verbänden der durch die Methodik betrachteten Industrien validiert und abgestimmt. (BioMonitor, 2022) (Porc, et al., 2021) Der Ansatz für alle teilweise bio-basierten Sektoren ist derselbe und die Zahlen werden laufend verfeinert. Datengrundlage für die Berechnung der bio-basierten Anteile in Thüringen sind die Statistiken des Thüringer Landesamtes für Statistik sowie einigen Thüringer Ministerien und auf Bundesebene erhobene Daten. (TLS, 2023) (TLS, 2022) (Bundesagentur für Arbeit, 2023) (Bundesagentur für Arbeit, 2023)

Diejenigen Branchen, die vollständig der Bioökonomie zugerechnet werden können, beinhalten neben der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft einige Industrien aus dem produzierenden Gewerbe. In der **Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft** in Thüringen waren im Jahr 2022 laut Bundesagentur für Arbeit etwa 12.000 sozialversicherungspflichtige Personen tätig. (Bundesagentur für Arbeit, 2023) Diese erwirtschafteten eine Bruttowertschöpfung von 1,429 Milliarden Euro, was sich in der produzierten Biomasse, ausgeführt im vorangegangenen Kapitel, darstellt. (TLS, 2022)

Die WZ 10 Nahrungs- und Futtermittelproduktion stellt mit 5 Milliarden € etwa zwei Drittel des Umsatzes der vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe dar. In der WZ 16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) zeigt sich eine Aufteilung des Umsatzes von 1,14 Milliarden € zu 48% auf Säge- und Holzimprägnierwerke, 29% auf sonstige Konstruktionsteile, 18% auf Furnierhölzer und Spanplatten sowie zu 5% auf den Rest. Anhand der Anzahl der Betriebe in den 4-stelligen Wirtschaftszweigen lässt sich ableiten, dass dieser Rest die Herstellung von Verpackungsmitteln sowie Holzwaren beinhaltet.

Der Sektor WZ 17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus erwirtschaftete einen Umsatz von etwa 1,5 Milliarden €, welcher sich neben dem Rest, der 44% ausmacht, noch zu 56% auf die Herstellung von Wellpapier und Verpackungsmitteln aufteilt. In den Rest zählen hier die Herstellung von Schreibwaren, Holz- und Zellstoff sowie die Herstellung von Papier, Karton und Pappe (s. Abbildung 6)

Umsatz der vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe (in 1000 €)



© nova-Institute.eu | 2024

Abbildung 6: Umsatz der vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe.

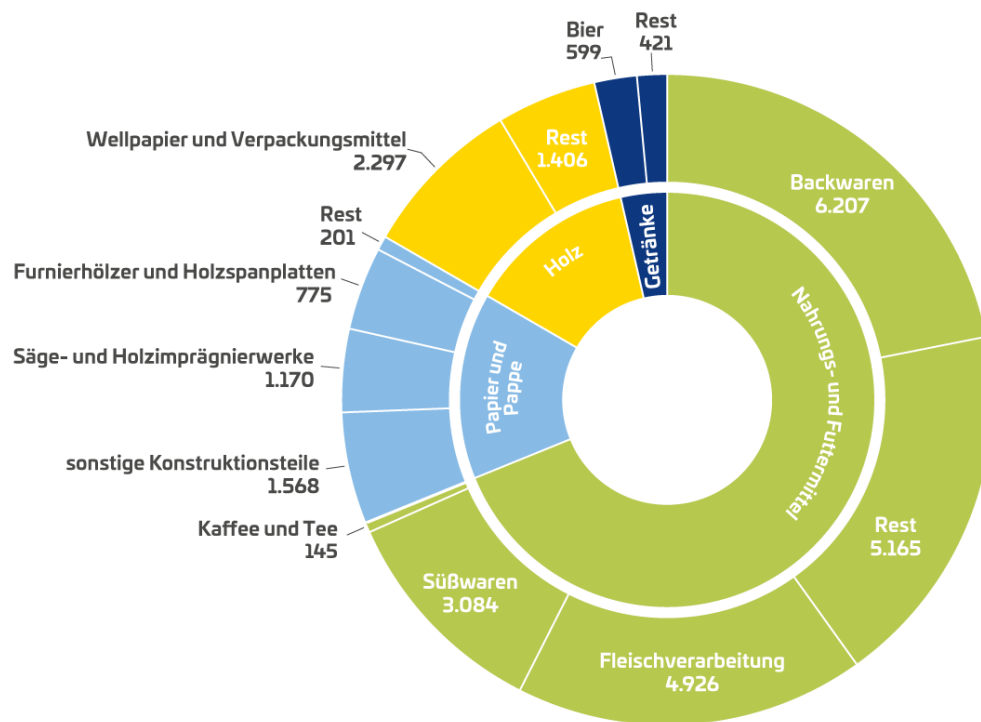
Quelle: TLS, eigene Darstellung

Die WZ 10 Nahrungs- und Futtermittelproduktion stellt mit 5 Milliarden € etwa zwei Drittel des Umsatzes der vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe dar.

In der WZ 16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) zeigt sich eine Aufteilung des Umsatzes von 1,14 Milliarden € zu 48% auf Säge- und Holzimprägnierwerke, 29% auf sonstige Konstruktionsteile, 18% auf Furnierhölzer und Spanplatten sowie zu 5% auf den Rest. Anhand der Anzahl der Betriebe in den 4-stelligen Wirtschaftszweigen lässt sich ableiten, dass dieser Rest die Herstellung von Verpackungsmitteln sowie Holzwaren beinhaltet.

Der Sektor WZ 17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus erwirtschaftete einen Umsatz von etwa 1,5 Milliarden €, welcher sich neben dem Rest, der 44% ausmacht, noch zu 56% auf die Herstellung von Wellpapier und Verpackungsmitteln aufteilt. In den Rest zählen hier die Herstellung von Schreibwaren, Holz- und Zellstoff sowie die Herstellung von Papier, Karton und Pappe.

Beschäftigung in vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe



© nova-Institute.eu | 2024

Abbildung 7: Anzahl Beschäftigte in vollständig bio-basierten Branchen im produzierenden Gewerbe.

Quelle: TLS, eigene Darstellung

In der Analyse der Beschäftigungszahlen in den vollständig bio-basierten Branchen (Abbildung 7) zeigt sich, dass die dominante Nahrungs- und Futtermittelbranche etwas arbeitskraftintensiver ist als die anderen Branchen. In den vollständig bio-basierten Branchen des produzierenden Gewerbes, also exklusive Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, sind in Thüringen auf Basis der Daten des Thüringer Landesamts für Statistik

im Jahr 2022 etwa 28.000 Personen beschäftigt. Deutlich komplexer stellt sich diese Analyse in den anteilig bio-basierten Branchen dar, wie Abbildung 8 zeigt.

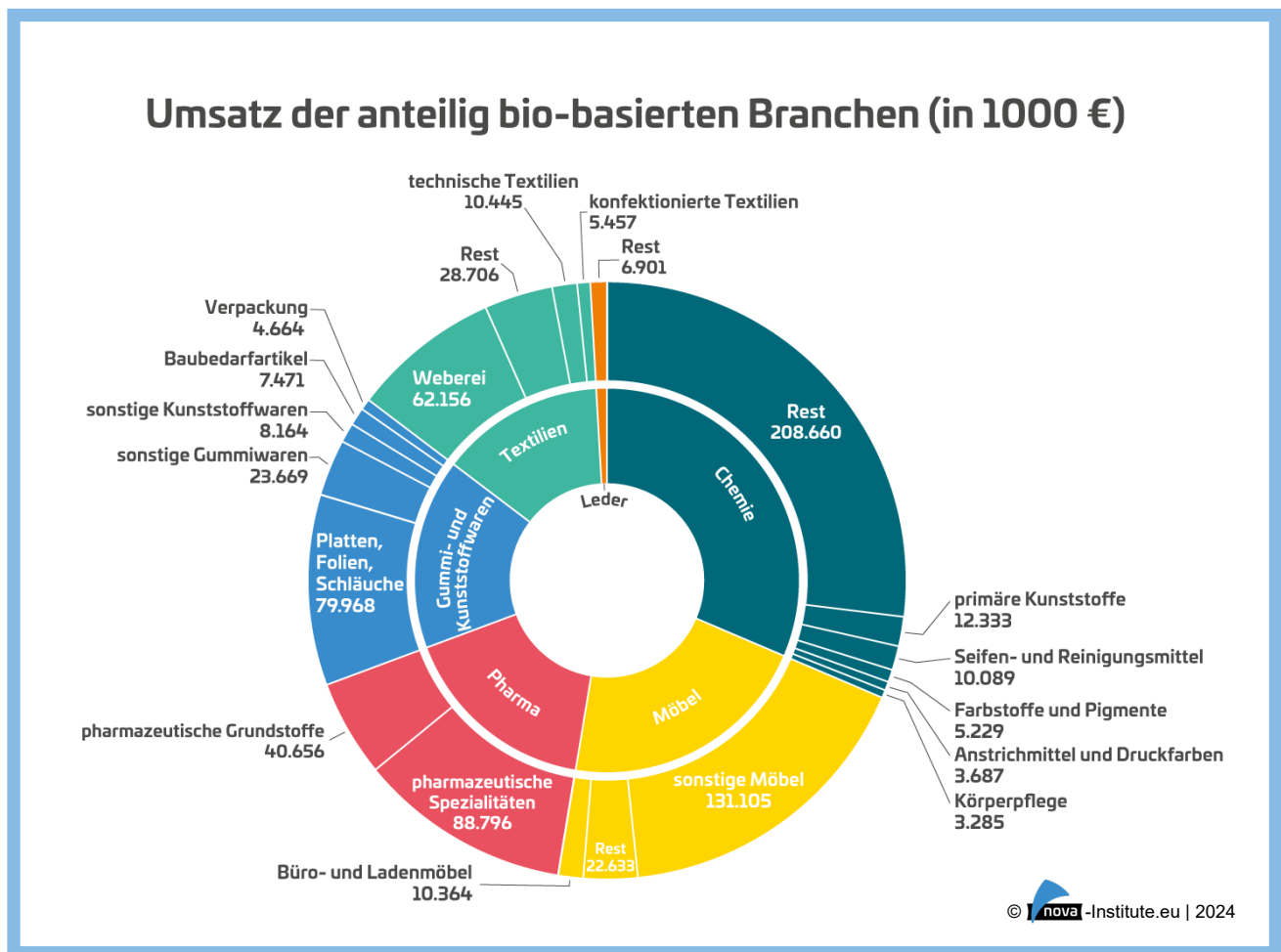


Abbildung 8: Umsatz der anteilig bio-basierten Branchen.

Quelle: TLS, eigene Darstellung

Die anteilig bio-basierten Wirtschaftszweige beinhalten in Thüringen die Herstellung von Textilien, WZ 15 Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen, WZ 20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen, WZ 21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen, WZ 22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren sowie WZ 31 Herstellung von Möbeln.

Die Analyse zeigt in Abbildung 8, dass in Thüringen fünf anteilig bio-basierte Wirtschaftszweige im produzierenden Gewerbe dominieren: Auf die Chemie- und Möbelindustrie entfallen mehr als 50% des Umsatzes. Ergänzt werden diese beiden Branchen durch die Pharma-, Gummi- und Kunststoff- sowie Textilindustrien.

Ein sehr ähnliches Bild zeichnet die Analyse der Beschäftigtenzahlen in den anteilig bio-basierten Industrien in Thüringen. In etwas abweichenden Anteilen im Vergleich zum Umsatz dominieren hier dieselben fünf Branchen, wie Abbildung 9 zeigt.

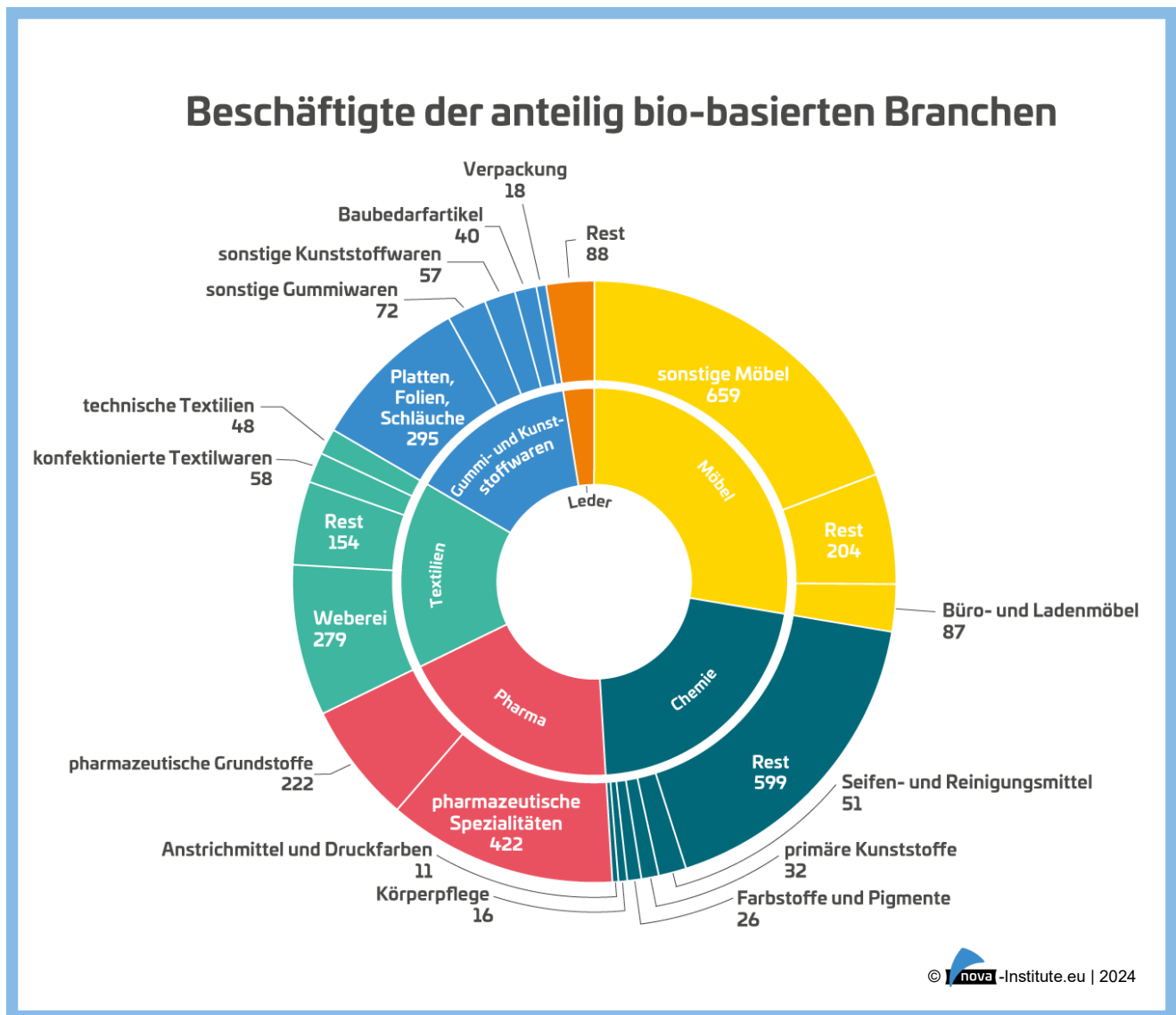


Abbildung 9: Beschäftigung in den anteilig bio-basierten Branchen.

Quelle: TLS, eigene Darstellung

3.3 Analyse der Thüringer Unternehmenslandschaft in der industriellen Bioökonomie

In der Unternehmensanalyse werden zwei Ziele verfolgt: Zuerst eine grundsätzliche Analyse der Unternehmenslandschaft in Thüringen auf Basis der Wirtschaftszweigklassifikation, um eine Übersicht über die Anzahl und Struktur von Unternehmen in den für die Bioökonomie potenziell relevanten Branchen zu gewinnen. Im zweiten Schritt wird mithilfe einer KI-Anwendung untersucht, welche Unternehmen in Thüringen innerhalb der identifizierten Branchen bereits heute im Sinne der industriellen Bioökonomie tätig sind und welche zukünftigen Potenziale es hinsichtlich der industriellen Bioökonomie in Unternehmen gibt. Die in 3.2 erwähnte Abgrenzung von Unternehmen, die vollständig oder anteilig bio-basierten Branchen zugeordnet werden können, wird hier um zwei Gruppen von Unternehmen erweitert:

- Unternehmen, die durch ihre Tätigkeiten eine vorbereitende bzw. **enablende Rolle** für die

Bioökonomie innehaben (bspw. aus dem Bereich des Maschinen- und Werkzeugbaus, aber auch der Dienstleistungen (bspw. Ingenieurs- sowie Forschungs- und Entwicklungsleistungen).

- Unternehmen, die auch außerhalb des Verarbeitenden Gewerbes bio-basierte Produkte (zumindest anteilig) verwenden. Für diese Stufen der letzten Verwendung außerhalb des Verarbeitenden Gewerbes liegen keine bio-based shares vor, weshalb sie in den Analysen in Kapitel 3.2 nicht berücksichtigt werden, nichtsdestotrotz als **Nachfragetreiber** eine wichtige Rolle für die Bioökonomie spielen. Hierbei handelt es sich bspw. um Tätigkeiten im Hochbau oder dem Fahrzeugbau.

Die Analyse der Thüringer Unternehmenslandschaft basiert dabei auf der ORBIS-Datenbank als weltgrößter Datenbank für Unternehmensinformationen. Die so entstehende Liste der Unternehmen wurde mit verschiedenen Konsolidierungs- und Filterschritten qualifiziert, um ein möglichst akkurates Bild der Unternehmenslandschaft mit theoretischem Bioökonomiebezug zu erhalten.

Um aus diesem ermittelten theoretischen Potenzial diejenigen Unternehmen herauszufinden, die tatsächlich im Bereich der Bioökonomie tätig sind bzw. es künftig verstärkt sein könnten, wurde für die Unternehmen aus anteilig bio-basierten sowie den Enabler- und Nachfragetreiberbranchen eine zweistufige KI-gestützte Analyse durchgeführt, die Folgendes betrachtet:

- Relevanz der industriellen Bioökonomie im Status quo des Unternehmens
- Potenzial einer zukünftig verstärkten Besetzung des Themas industrieller Bioökonomie durch das Unternehmen

Laut ORBIS-Datenbank sind in Thüringen (Stand 16.01.2024) 67.000 Unternehmen registriert. Nach Anwendung des Branchenfilters verbleibt ein theoretisches Potenzial von **2.565 Unternehmen, die der Bioökonomie bzw. ihrem erweiterten Kreis zugeordnet werden können** (siehe Abbildung 10). Dies entspricht ca. 11,6% aller Thüringer Unternehmen. Der größte Anteil dieser Unternehmen (ca. 38%) ist dabei den vollständig bio-basierten Branchen zuzuordnen¹. Etwa ein Drittel aller Unternehmen sind den verschiedenen Enablerbranchen zuzuordnen sowie etwa ein Viertel den anteilig bio-basierten Branchen.

¹ Dies liegt vor allem in der hohen Anzahl sowie der kleinteiligen Struktur der landwirtschaftlichen Unternehmen begründet, die mit fast 600 die mit Abstand nach Unternehmenszahlen größte Branche der Bioökonomie in Thüringen darstellen.

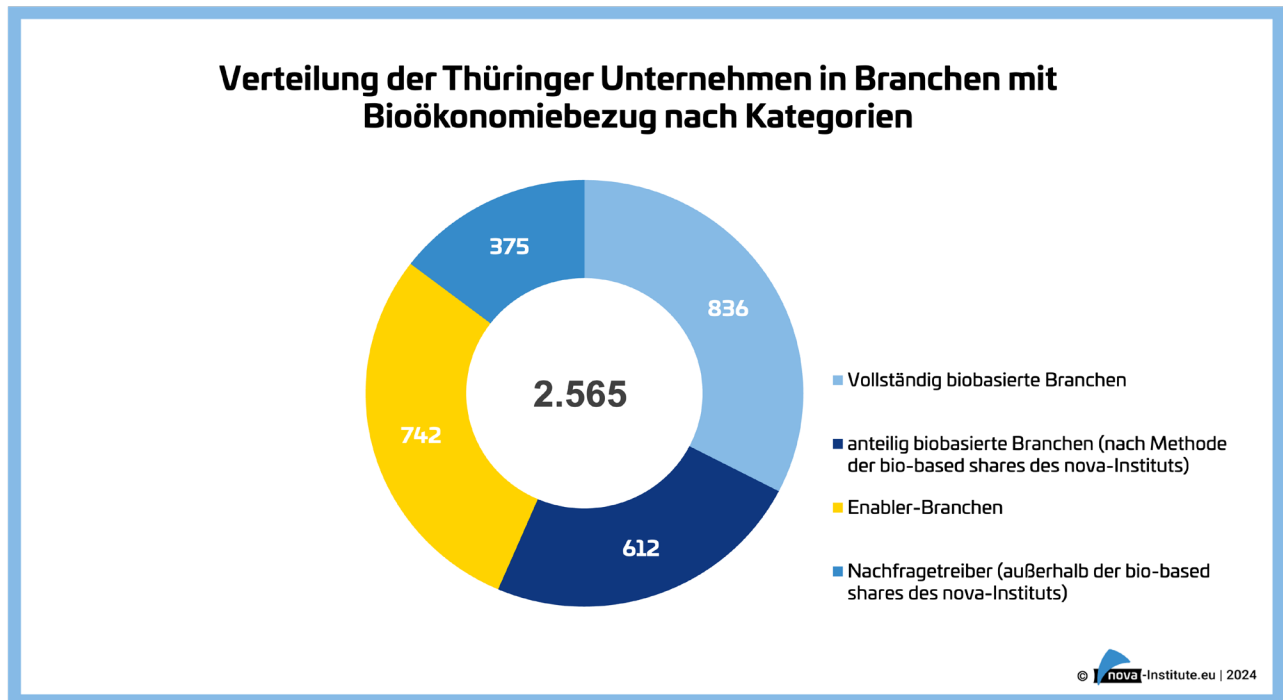


Abbildung 10: Verteilung der Thüringer Unternehmen in Branchen mit Bioökonomiebezug nach Kategorien

Einen genaueren Blick auf die Verteilung der Thüringer Unternehmen mit potenziellem Bezug zur Bioökonomie in einzelnen Branchen liefert Abbildung 11.

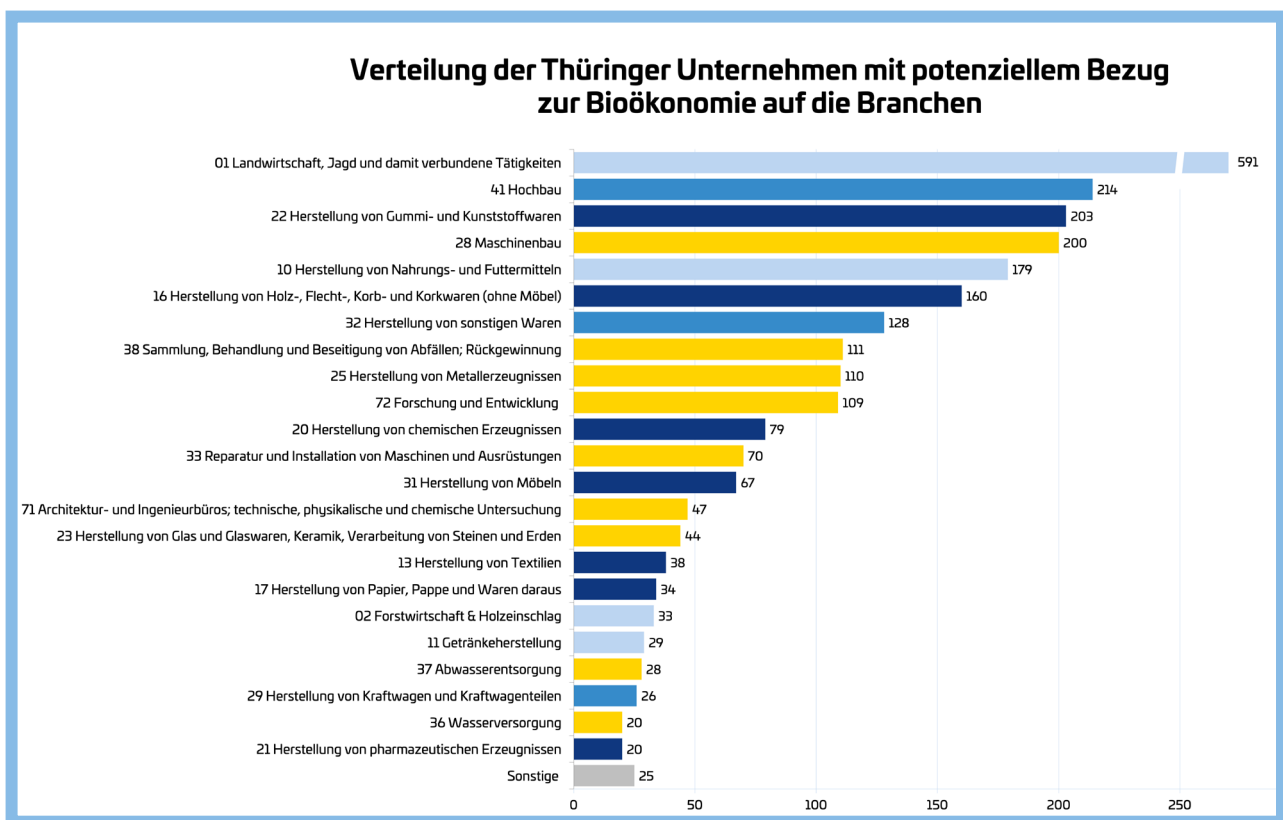


Abbildung 11: Verteilung der Thüringer Unternehmen mit potenziellem Bezug zur Bioökonomie auf die Branchen

Mit Ausnahme der 836 Unternehmen, **die eine sehr hohe Relevanz sowie ein hohes Potenzial zur Weiterentwicklung der Bioökonomie in Thüringen aufweisen**, wurde für die Unternehmen aus anteilig bio-basierten sowie den Enabler- und Nachfragetreiberbranchen (1.729) die zweistufige KI-gestützte Analyse durchgeführt. Die Analyse der Bioökonomierelevanz bestehender Unternehmen ergab, dass rund ein Drittel dieser Unternehmen eine entsprechende Relevanz aufweist. Abbildung 12 zeigt, wie sich die Unternehmen, die mindestens eine mittlere Relevanz für das Thema Bioökonomie aufweisen, auf die Branchenzweige verteilen. Deutlich wird, dass die absolut größte Anzahl an Unternehmen mit bioökonomischen Bezügen in den Wirtschaftszweigen (WZ) 71 – ‚Forschung und Entwicklung‘ (58 Unternehmen), 16 – ‚Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren‘ (49), 20 – ‚Herstellung von chemischen Erzeugnissen‘ (34) und 22 – ‚Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren‘ (25), sowie 28 – Maschinenbau (33) zu finden ist.

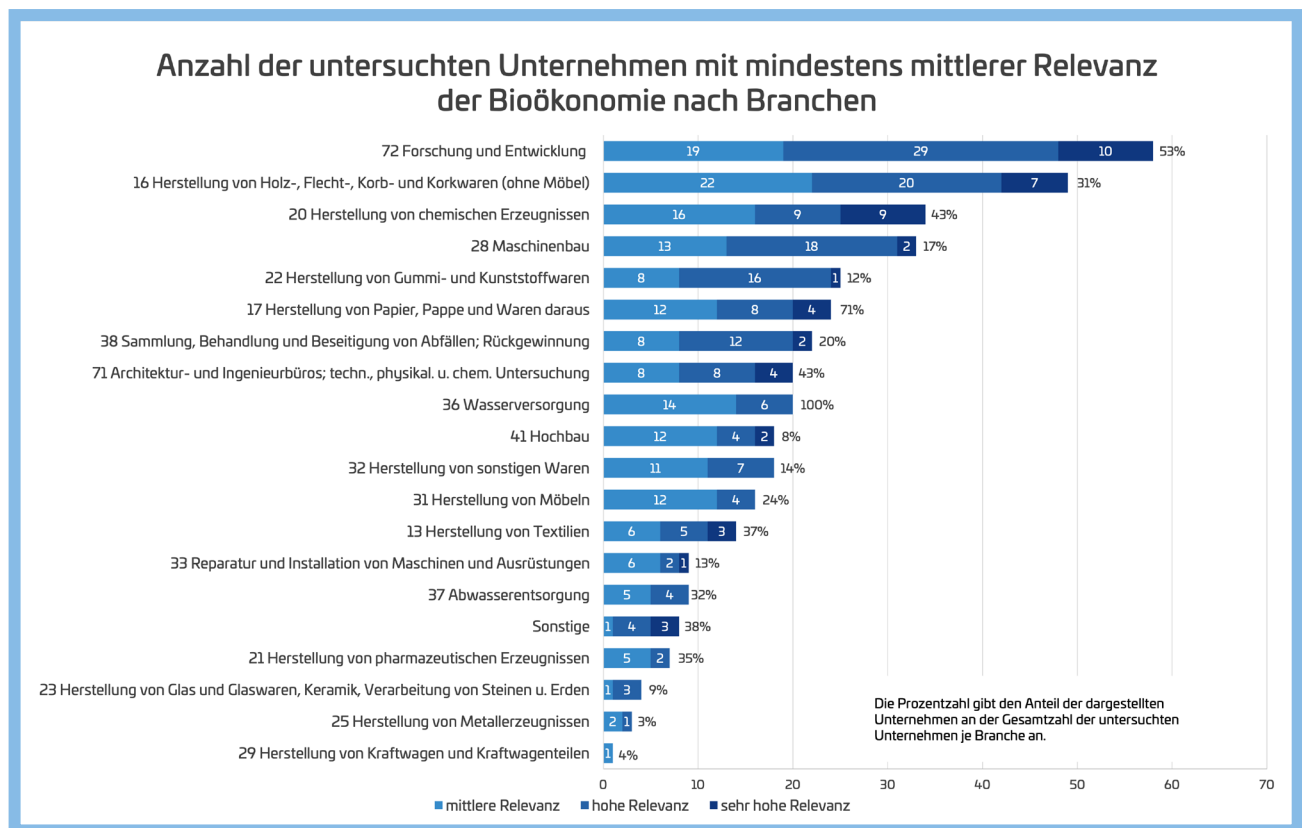


Abbildung 12: Anzahl der untersuchten Unternehmen mit mindestens mittlerer Relevanz der Bioökonomie nach Branchen

Untersuchung der (zukünftigen) Bioökonomiepotenziale

Der Blick auf die anhand der Unternehmensbeschreibungen und Tätigkeiten ausgewerteten Potenziale für **eine zukünftig verstärkte Besetzung des Themas Bioökonomie** (Hinwendung zu bioökonomischen Produkten, Ausgangsstoffen oder Verfahrensweisen) zeigt ein vergleichsweise ausgeglichenes Bild: Ca. 45% aller untersuchten Unternehmen besitzt ein geringes Potenzial, bioökonomische Verfahren zu adaptieren oder Grundstoffe zu substituieren. Immerhin knapp 37% der Unternehmen besitzen ein moderates Potenzial für eine Umstellung, während jedes sechste untersuchte Unternehmen (und damit fast 300 Unternehmen) ein hohes bioökonomisches Potenzial innehat. Die Verteilung auf die Branchen zeigt hier ein etwas anderes Bild als die im ersten Schritt erfolgte Untersuchung der in den Unternehmen bestehenden Bioökonomieansätze:

Deutlich mehr Unternehmen in Thüringen hätten ein mindestens moderates Potenzial, bioökonomische Ansätze zu verfolgen, als Unternehmen heute bereits bioökonomisch am Markt aktiv sind (Abbildung 13).

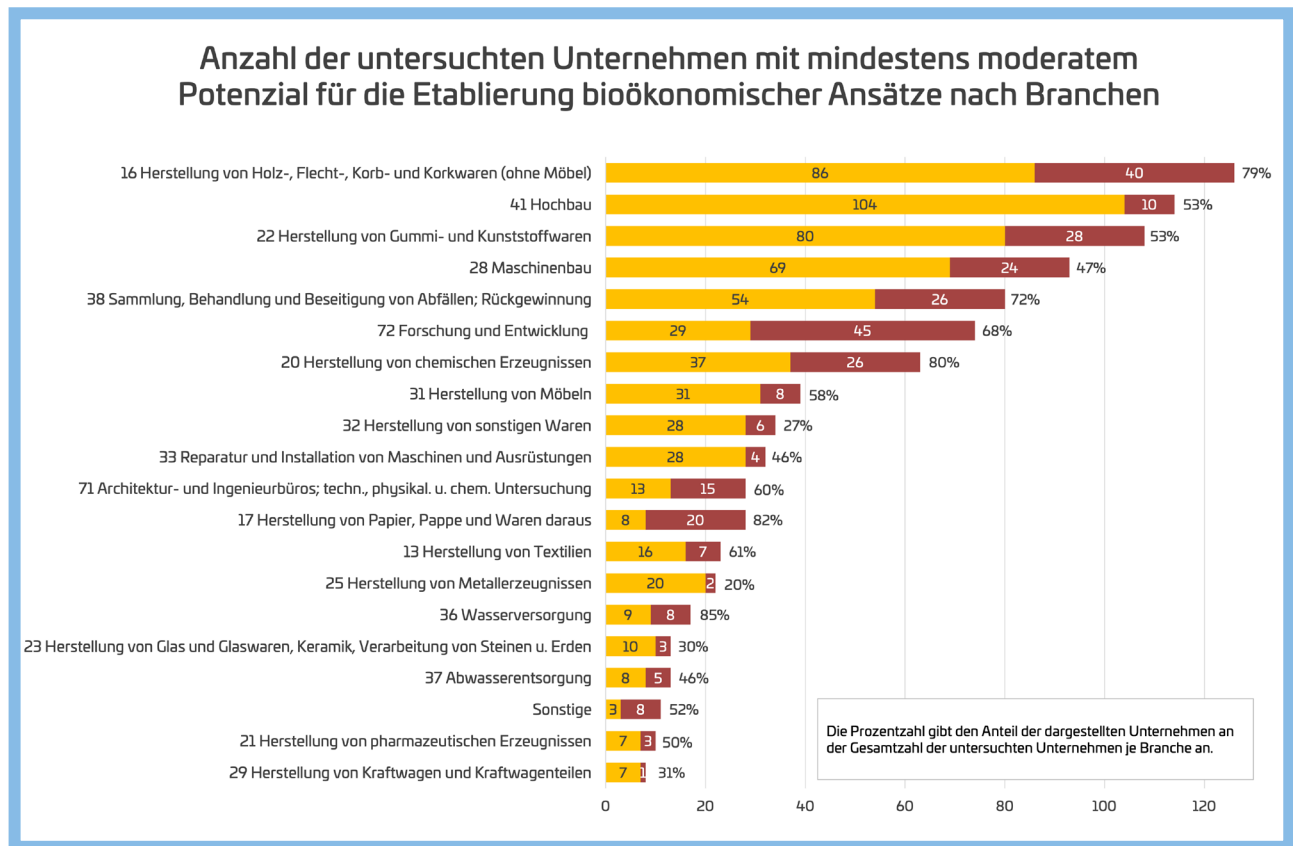


Abbildung 13: Anzahl der untersuchten Unternehmen mit mindestens moderatem Potenzial für die Etablierung bioökonomischer Ansätze nach Branchen

Potenzialträchtig sind hier insbesondere der Wirtschaftszweig der Herstellung von Holzwaren und der Hochbau (deren bioökonomische Wertschöpfungsketten stark auf den Rohstoff Holz ausgerichtet sind). Auch der Bereich der Kunststoffverarbeitung sowie der Maschinenbau als zentraler Enabler der Bioökonomie besitzen auf Unternehmensebene eine Vielzahl an Potenzialen.

3.4 Analyse der Thüringer Forschungslandschaft in der industriellen Bioökonomie

Ziel dieses Analyseschrittes ist es, Forschungsaktivitäten im Bereich der industriellen Bioökonomie in Thüringen zu analysieren und daraus Potenzialfelder abzuleiten. Unter Forschungsinstitutionen werden alle universitären und außeruniversitären FuE-Einrichtungen sowie wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen mit Sitz in Thüringen subsummiert. Neben den Forschungsinstitutionen als Hauptzielgruppe werden auch forschungsaffine Unternehmen im Bereich der industriellen Bioökonomie betrachtet, die FuE-Projektförderungen erhalten.

Die Analyse fokussiert Förderprojekte mit einem Projektstart im Zeitraum vom 01.01.2018 bis 31.12.2023 und beruht dabei auf zwei Datenquellen:

- Für die Bundesförderung: Die Förderdatenbank aller (Bundes-) Ministerien (bundesgeförderte FuE-Projekte im Förderkatalog – „FöKat“) (BMBF, 2023)
- Für EU-geförderte Vorhaben: Die CORDIS-Datenbank der Europäischen Union (EU-geförderte FuE-Projekte im Rahmen von „Horizont Europa“) (Publications Office of the European Union, 2023) (Publications Office of the European Union, 2020)

Für die Analyse der FuE-Aktivitäten zur industriellen Bioökonomie in Thüringen werden händisch diejenigen Forschungsprojekte identifiziert, die sich nicht nur allgemein der Bioökonomie, sondern auch spezifisch der industriellen Anwendung von bioökonomischen Produkten oder Verfahrensweisen widmen bzw. diese ermöglichen sollen. Für die thematische Auswertung bzw. die Identifikation der Projektschwerpunkte der Thüringer Forschung zur industriellen Bioökonomie und die sich daraus ergebende Ableitung von Potenzialbereichen erfolgt eine **gemeinsame Betrachtung von 180 bundes- sowie der 10 EU-geförderten Projekte**.

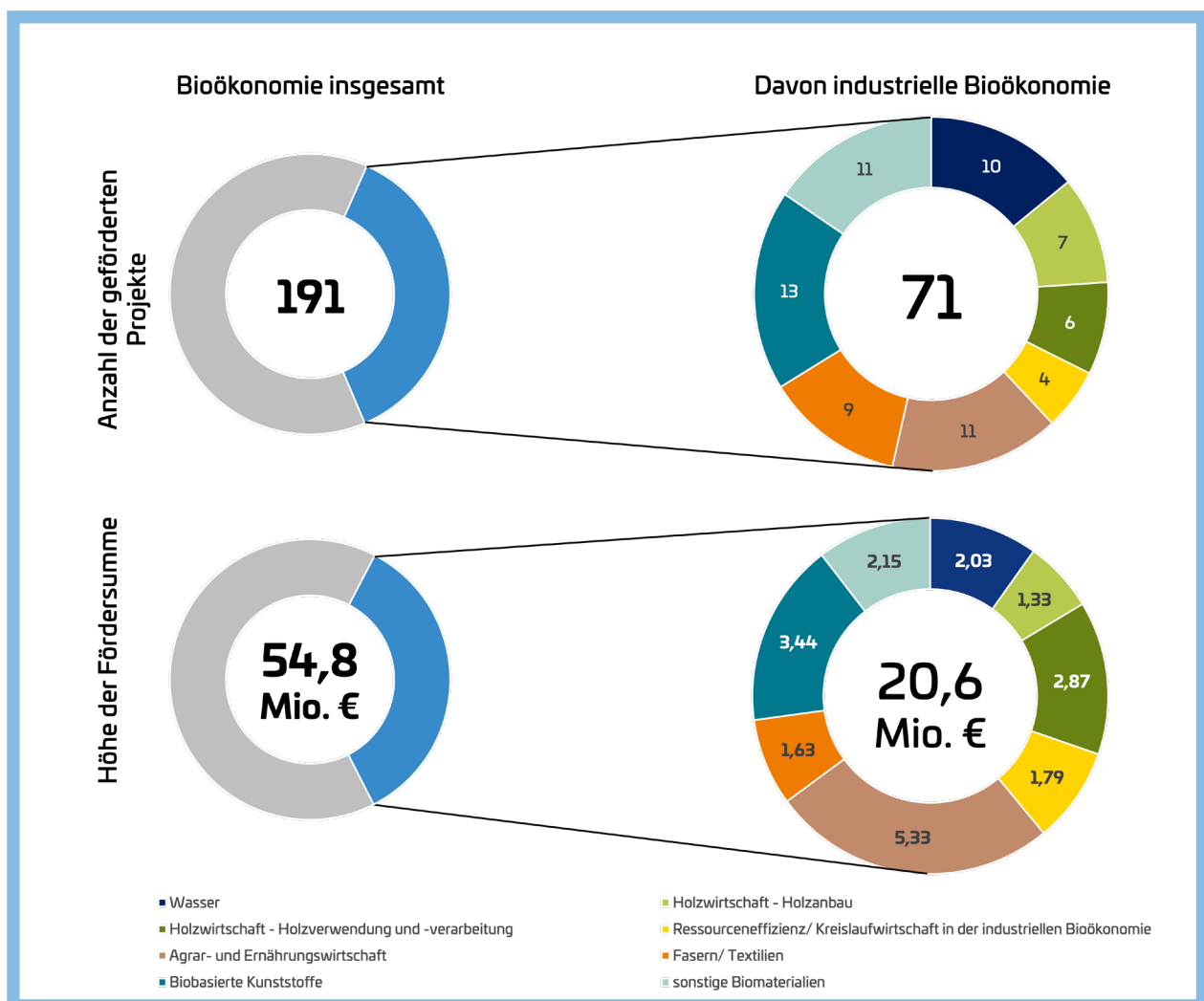


Abbildung 14: Übersicht über Projektanzahlen und Fördersummen geförderter Forschungsprojekte und deren Aufteilung auf Themenbereiche der industriellen Bioökonomie in Thüringen zwischen 2018 und 2023

Diese 190 Vorhaben wurden anhand ihrer Vorhabentitel auf Bezüge zu einer industriellen Bioökonomie hin

untersucht – aufgrund fehlender weitergehender Informationen zu den Vorhaben in der Förderdatenbank des Bundes (die den Großteil der Projekte ausmacht), war eine detailliertere Einzelrecherche aufgrund der Vielzahl der Projekte nicht möglich. Konnte aus dem Vorhabentitel nicht eindeutig ein Bezug zur industriellen Bioökonomie hergestellt werden, so wurde das Vorhaben nicht weiter betrachtet. Abbildung 14 zeigt die Projektanzahlen bzw. die Volumina der geförderten industriellen Bioökonomie-Forschungsprojekte in Thüringen, sowie deren Aufteilung auf Themenbereiche zwischen 2018 und 2023. Insgesamt ist zu erkennen, dass sowohl mit Blick auf Projektanzahlen als auch Volumina **nur etwas mehr als jedes dritte Bioökonomie-Projekt auch Bezüge zur Erforschung, Erprobung oder Vorbereitung von Prozessen im Sinne der industriellen Bioökonomie besitzt**. In 74 Projekten, die zwischen 2018 und 2023 begonnen wurden, wurden für die industrielle Bioökonomie ca. 20,8 Millionen Euro an Fördermitteln eingeworben.

Die thematische Auswertung bzw. Projektzuordnung zeigt dabei **fünf besonders stark ausgeprägte Themenbereiche** (absteigend sortiert nach Anzahl der Projekte):

- **Holzwirtschaft:** 13 Projekte mit 4,2 Mio. € Förderung, Schwerpunkt Holzverarbeitung (70% der Mittel, z. B. Xylan-Extraktion und Altholz-Recycling).
- **Bio-basierte Kunststoffe:** 13 Projekte mit 3,4 Mio. €, Fokus auf Verpackungslösungen, Verarbeitungsmethoden und Stärkeester-Synthese.
- **Agrar- und Ernährungswirtschaft:** 11 Projekte; Höchste Fördersumme (5,3 Mio. €), Schwerpunkt Gartenbau (3,4 Mio. €), weitere Projekte zu Lebensmittelpartikeln und Algenverwertung.
- **Fasern und Textilien:** 11 Projekte, 1,9 Mio. €, Fokus auf PLA-Fasern, Natur- und Biopolymerfasern, hohe Eigenmittelanteile von Unternehmen.
- **Wasser:** 10 Projekte, 2 Mio. €, verteilt auf wenige Verbünde, z. B. Recycling von Wäschereiabwasser und Wasseraufbereitung.

Die weiteren als relevant für die industrielle Bioökonomie identifizierten Projekte befassen sich mit der **Erforschung weiterer Biomaterialien (z.B. bio-basierten Lösungs- oder Bindemitteln, sowie dem Einsatz von bio-basierten Leichtbauteilen bzw. Verbundelementen), sowie dem Themenfeld der Kreislaufwirtschaft bzw. der Erhöhung der Ressourceneffizienz** in industriellen bioökonomischen Prozessen. Die Ressourceneffizienz hat allerdings rein quantitativ in der Thüringer Forschung zur industriellen Bioökonomie eine geringere Bedeutung im Vergleich zu anderen Themenfeldern und ist daher nicht als direktes Potenzial ableitbar. Die Unterschiedlichkeit der weiteren Biomaterialien bzw. der zugrundeliegenden Projekte lässt ebenfalls nur schwer Rückschlüsse auf das Vorliegen von weiteren Potenzialbereichen zu.

4 Analyse der Potenzialbranchen

Die Auswahl der Potenzialbranchen basiert auf Unternehmensstruktur und -ausprägung, FuE-Landschaft und Rohstoffbasis. Branchen mit starker Ausprägung in diesen Kriterien wurden identifiziert und in Interviews validiert. Die Potenzialanalyse teilt sich in einen quantitativen und einen qualitativen Analyseschritt auf.

Die identifizierten Potenziale der industriellen Bioökonomie in Thüringen lassen sich an verschiedenen Positionen der Verarbeitung und somit Wertschöpfung der genutzten Biomasse einordnen. Zu Beginn einer jeden Wertschöpfungskette in der Bioökonomie steht die Gewinnung der benötigten Rohstoffe in Form von Biomasse sowie deren initiale Weiterverarbeitung: Die **Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie Holzwirtschaft** stellen daher die grundlegenden Potenzialbereiche dar. **Kunststoffe und Fasern** wurden als wichtige Potenzialbereiche der frühen Verarbeitungsstufen identifiziert. Darüber hinaus wurden

spezifische Anwendungsfelder und Nachfragetreiber identifiziert, die in Thüringen das Potenzial haben, die Entwicklung der industriellen Bioökonomie maßgeblich zu unterstützen. Diese spezifischen Anwendungsfelder und Nachfragetreiber, die sowohl gute vorhandene Strukturen vorweisen als auch im Kontext der identifizierten Potenzialbereiche in der Lage wären, die regionalen Wertschöpfungsketten zu verlängern, wurden für Thüringen im Bereich **Automotive, Hochbau, Verpackungen sowie Textilien** bestimmt. Diese Anwendungsfelder wurden bei der Auswahl der zu interviewenden Akteur:innen neben den Potenzialbereichen maßgeblich berücksichtigt. Als letzter, für das Heben der Bioökonomiepotenziale aber essenzieller Bereich, der in der qualitativen und quantitativen Analyse berücksichtigt wird, werden Enablerindustrien der industriellen Bioökonomie in Thüringen betrachtet.

Der Identifikation dieser Potenzialbereiche und Endproduktkategorien folgt eine quantitative sowie qualitative Analyse, die Stärken und mögliche Schwächen bewertet und die durch die Interviews vervollständigt wird.

Die **Holzwirtschaft** in Thüringen ist ein zentraler Bereich der Bioökonomie mit einer starken Rohstoffbasis von über 5.500 kt forstwirtschaftlicher Biomasse und einer breit aufgestellten Industrie. Während die klassische Holzverarbeitung gut etabliert ist und hohe Wertschöpfung generiert, gibt es Ausbaupotenzial bei innovativen Anwendungen wie der Nutzung von Lignin oder Holzfasern. FuE-Aktivitäten sind vorhanden, jedoch ausbaufähig, um die Innovationspotenziale besser zu erschließen. Eine stärkere Vernetzung mit regionalen und überregionalen Akteuren könnte die Wertschöpfungskette weiterentwickeln. Die wirtschaftliche Bedeutung zeigt sich in hohen Umsätzen pro Beschäftigten, insbesondere bei Sägeprodukten.

Die **Agrar- und Ernährungswirtschaft** in Thüringen verfügt über eine exzellente Rohstoffbasis mit über 5.000 kt landwirtschaftlicher Biomasse und bedeutenden Reststoffmengen. Die Branche ist wirtschaftlich stark aufgestellt, mit 12.000 Beschäftigten, einer Bruttowertschöpfung von 1,4 Mrd. € und über 150 Unternehmen im Ernährungssektor. Während die Grundlagenforschung fortgeschritten ist, besteht insbesondere bei der Nutzung von Neben- und Abfallströmen für die industrielle Bioökonomie noch Forschungsbedarf. Die vielfältigen technologischen Anwendungen, etwa in der Chemie, Biotechnologie oder Kosmetik, bieten hohe Wertschöpfungspotenziale, die bei der Verarbeitung in Endprodukte noch gesteigert werden können.

Die Potenzialbereiche **Fasern und bio-basierte Kunststoffe** profitieren von der exzellenten Rohstoffbasis in Thüringen, die durch die Forst- und Agrarwirtschaft bereitgestellt wird. Allerdings gibt es spezifische Herausforderungen, etwa bei der Verfügbarkeit von Industriehanf oder Getreidestroh für die Faserproduktion. Beide Bereiche weisen eine gut bis sehr gut ausgeprägte Unternehmens- und Forschungslandschaft auf, wobei in beiden Fällen Akteure für spezifische Verarbeitungsschritte fehlen. Fasern erreichen moderate bis gute Wertschöpfungszahlen (150.000 – 300.000 € Umsatz pro Beschäftigung), während Kunststoffe durch höhere Vielseitigkeit und längere Wertschöpfungsketten sogar 200.000 – 350.000 € erzielen könnten. Kunststoffe bieten daher ein etwas höheres Wertschöpfungspotenzial.

Die **vier nachfragetreibenden Industrien** – Automotive, Hochbau, Verpackung, Textilien – profitieren wie der gesamte vorgelagerte Bereich von einer sehr guten Rohstoffbasis. Sie bildet das Fundament aller in der Studie identifizierten Wertschöpfungsketten und ermöglicht eine gute Anbindung an die bestehende Industrie und Forschungslandschaft in Thüringen. Bis auf den Automotivebereich, der mit fünf relevanten Unternehmen ausbaufähig ist, weisen alle Bereiche eine gut bis sehr gut ausgeprägte Unternehmenslandschaft auf. Im Hochbau sind bisher nur begrenzte Unternehmens- und Forschungsaktivitäten feststellbar, jedoch bieten die Innovationspotenziale hier wie auch in anderen

Bereichen große Chancen. Besonders Textilien und Verpackungen profitieren von starken Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Thüringen.

Die Endanwendungsbereiche, obwohl weniger divers in den Wertschöpfungsoptionen, erreichen Umsätze pro Beschäftigung zwischen 180.000 € und über 350.000 €, mit Ausnahme der Verpackungsbranche, die durch hohe Nachfragevolumina ausgeglichen werden kann. Diese Zahlen unterstreichen das hohe Wertschöpfungspotenzial der bioökonomischen Ansätze in Thüringen.

Die **Enablerindustrien** sind essenziell für die Entwicklung bioökonomischer Prozesse, auch wenn sie selbst weitestgehend keine biogenen Rohstoffe zu Endprodukten verarbeiten. Sie liefern Technologien und Innovationen, um bio-basierte Materialien effizient zu verarbeiten und zu nutzen, insbesondere für die Verwertung von Rest- und Abfallstoffen. Der Forschungssektor spielt dabei eine zentrale Rolle und sollte eng mit den Enablerindustrien zusammenarbeiten. In Thüringen existieren über 100 potenzielle Enablerunternehmen mit starken Kompetenzen in Schlüsselbereichen wie Maschinenbau und Sensorik. Traditionelle Industrien wie Optik und Keramik haben ebenfalls Innovationspotenzial für die Bioökonomie. Diese breite Basis unterstreicht Thüringens starke Position als Standort für die Unterstützung bioökonomischer Prozesse.

Auf Basis der Ergebnisse der vorangegangenen quantitativen Analyseschritte (Rohstoffanalyse, Unternehmensanalyse, Forschungsanalyse) wurden Potenzialbereiche der industriellen Bioökonomie in Thüringen abgeleitet. Um ein genaueres Bild über spezifische Herausforderungen, Rahmenbedingungen und mögliche Entwicklungspotenziale in diesen Bereichen zu erlangen, wurden insgesamt 23 Expert:inneninterviews durchgeführt, die sich auf sechs fachliche Schwerpunkte zusammenfassen lassen: Grundlagen der Bioökonomie, Ernährungswirtschaft, Biokunststoffe, Holzwirtschaft, Textilien/Fasern, Enabler. Die Ergebnisse der Gespräche fließen dabei neben den quantitativen Analyseergebnissen sowohl in die Potenzialbewertung der einzelnen Branchen/Bereiche, als auch die Ableitung von Handlungsfeldern (Kapitel 5) ein.

Zentrale Ergebnisse aus den Interviews

Wie mehrere Expert:innen bestätigten, haben die meisten (oder alle) industriellen Bioökonomiesektoren grundsätzlich mit sehr ähnlichen Problemen zu kämpfen, die einen weitreichenden Übergang zu bio-basierten Produkten bisher nicht möglich machen. **Bio-basierte Produkte müssen sich häufig mit über Jahrzehnte ausgereiften und hochskalierten Produktionsprozessen von fossil-basierten Produkten messen** und sind darüber hinaus an der Rohstoffbasis starker Konkurrenz durch andere Anwendungspfade (Bioenergie/Biokraftstoffe) ausgesetzt, die so bei fossil-basierten Produkten nicht gegeben ist. Die potenziellen ökologischen Vorteile werden jedoch nicht gleichwertig eingepreist. Dies drückt sich für Hersteller und Konsumenten folglich durch einen großen **Preisnachteil** der bio-basierten Produkte am Markt aus. Die weitreichende Transformation zur Nutzung biogener Rohstoffe sei für Unternehmen deshalb im größeren Stil gewöhnlich nicht umsetzbar. Insbesondere Kunststoffhersteller und Kunststoffverarbeiter aber auch sämtliche weitere Branchen, die auf petrochemische Grund- und Zwischenprodukte zurückgreifen und diese weiterverarbeiten, kämpfen mit dieser Preisdisparität, da hier die fossilen Produkte auf Rohstoffe zurückgreifen, die um ein Vielfaches günstiger sind als geeignete biogene Rohstoffe. Außerdem sind fossile Produkte durch jahrzehntelange Optimierung und Weiterentwicklung **performanter** als die häufig noch recht neuentwickelten bio-basierten Alternativen.

Einigen Unternehmen gelingt es dennoch, diese Preishürde zu nehmen und bio-basierte Kunststoffprodukte, Produkte aus bio-basierten Fasern oder Baustoffe erfolgreich am Markt zu platzieren. Es zeigt sich, dass hierzu einerseits **besonders Nischenapplikationen geeignet** sind, in denen

beispielsweise besondere Anforderungen an das eingesetzte Material in Bezug auf **Nachhaltigkeit** existieren oder aber die Kundenzielgruppe aus anderen Gründen eine besondere Bereitschaft zeigt, diese Preisunterschiede für bio-basierte Produkte in Kauf zu nehmen. Außerdem sind insbesondere Unternehmen mit bio-basierten (Kunststoff-)Produkten trotz starker fossiler Konkurrenz erfolgreich, die mit **gezieltem und innovativem Marketing** oder einer zusätzlich zum Produkt angebotenen **Dienstleistung** (bspw. ein eigens eingeführtes Pfandsystem, um die eigenen Materialien am Ende des Produktlebenszyklus im Kreislauf halten zu können) einen Mehraufwand betreiben.

Die **strukturellen Gegebenheiten** in Thüringen spielen für die Entwicklung der industriellen Bioökonomie für die Unternehmen auch eine tragende Rolle. Um die vorherrschenden Hürden so handhabbar wie möglich zu machen und die Transformation bestmöglich zu unterstützen, könnten sowohl **Forschungs- und Produktionsinfrastrukturen** als auch **administrative Strukturen** entsprechend optimiert werden.

Die Möglichkeiten öffentlicher Förderung sind den Unternehmen grundsätzlich vertraut und für den Großteil der Unternehmen auch prinzipiell gegeben. Gebrauch gemacht wird von den Fördermöglichkeiten durch die Unternehmen allerdings nur in bedingtem Maße. Es zeigt sich, dass die Initiative hier oftmals von Seiten der Forschungslandschaft ausgeht. **Hürden beim Abrufen von Fördermitteln, besonders administrativ**, sind für viele Unternehmen äußerst hoch, was die tatsächliche Nutzung häufig aus wirtschaftlicher Sicht wenig sinnvoll macht oder zumindest erheblich erschwert. Schlussendlich entscheiden sich deshalb häufig Unternehmen gegen eine Nutzung der potenziell interessanten öffentlichen Fördermöglichkeiten.

Dies führe in einzelnen Fällen dazu, dass etwa mit hohem Aufwand verbundene **Forschungsarbeiten nicht zielführend für den Transfer von Forschung zu Produkt- und Marktreife eingesetzt werden können**.

Es entstehe immer wieder der Eindruck, dass Forschung um der Forschung Willen betrieben werde, um beispielsweise die zukünftige Finanzierung der Institute zu sichern, aber ohne dabei die Bedarfe der Unternehmen einzubeziehen, die die Forschungsarbeit im Nachgang idealerweise umsetzen sollen. Dies ist aber nicht nur in Thüringen eine Beobachtung, sondern als grundlegende Kritik am strukturellen Aufbau von Forschungsarbeit und Forschungseinrichtungen in Deutschland zu verstehen. Aus der Industrie entspringt daher der **große Wunsch nach mehr zielgerichteter Forschung** mit Blick auf ein finales Produkt und auch einen entsprechenden Business Case des Produktes für die Markteinführung. So gelinge auch der Transfer von FuE-Ergebnissen zur Marktreife und tatsächlicher Umsetzung deutlich besser und die Forschungsarbeiten endeten nicht wie aktuell häufig nur in Archiven oder sogar in Vergessenheit. Die Themen **Transferpotenzial, Marktpotenzial und Konkurrenzfähigkeit** von Zielprodukten könnten bereits in der Bewertung von Projektanträgen eine größere Rolle spielen.

Besonders bei spezifischer Grundlagenforschung zu relevanten Themen würde den ansässigen Unternehmen, aber auch den Forschungseinrichtungen selbst ein **einfach abzurufender Überblick über bereits geleistete Forschungsarbeit weiterhelfen**, welcher besonders für darauf aufbauende Folgeprojekte essenziell und effizienter wäre. Eine **zentrale Stelle**, die einen **Gesamtüberblick über Forschungsinhalte und jeweilige Netzwerkakteure** hat, und diese dann bei Bedarf koordinieren kann, wurde von einigen Expert:innen als sinnvoll erachtet. **Um besonders inhaltlich und fachlich ein solches Überblickswissen weitervermitteln zu können, fehle es zum Teil an Know-how in den existierenden zentralen Stellen**. Diese Erkenntnisse aus den Interviews decken sich damit, dass den Akteuren ganz grundlegend auch eine **allgemeingültige Strategie**, wie die **Bioökonomie** in Thüringen gehandhabt werden soll und welche Bereiche der industriellen Bioökonomie in Thüringen forciert werden sollen, fehlt. Wenn eine solche Strategie vorhanden wäre, hätten die Unternehmen und FuE-Einrichtungen klare Rahmenbedingungen, in denen zukunftsgerichtet und auf Grundlage politischen Willens gehandelt werden könne und anhand derer Anreize für Bioökonomie geschaffen werden können.

Mehrfach als äußerst wünschenswert genannt, ist die **effektive Vernetzung** zwischen allen Akteur:innen. Hier bedürfe es akut an Unterstützung von öffentlicher Stelle, beispielsweise durch vielfach sehr positiv genannte Möglichkeiten zum gezielten Austausch vor Ort. Dazu geeignet wären regelmäßig veranstaltete Events (etwa Kongress, Messe, Konferenz), organisiert von zentraler Stelle (wie etwa der LEG), an denen die regionale Industrie teilnehmen und sich und ihre Aktivitäten präsentieren könnte. So könne gezielt der Austausch und die Verzahnung von bestehenden Industrien stattfinden und Innovation gefördert werden. Dies ermöglicht auch gleichzeitig die Einführung und regelmäßige Pflege einer Art Wissensdatenbank zu den regionalen und überregionalen Unternehmen der Bioökonomie und ihren Tätigkeitsfeldern, die entweder öffentlich einsehbar ist oder es der zentralen Stelle ermöglicht, direkt zwischen den Akteuren zu vermitteln und den Netzwerkaufbau zu unterstützen.

Diesen Bedarf sehen nicht nur das produzierende Gewerbe, welches direkten Einfluss auf bioökonomischen Output hat, und Forschungseinrichtungen, die diese auf dem Weg zum Output bestmöglich begleiten, sondern auch die Enablerbranchen, welche indirekten Einfluss auf den bioökonomischen Output haben. Eine effizientere **Vernetzung der Enabler unter sich, aber auch der Enabler, Produzenten und Forschungseinrichtungen** fördert Innovation effektiver und sorgt für eine zukunftsgerichtete, von Innovation geprägte, nachhaltige Ausrichtung der industriellen Bioökonomie. Enabler, die bereits in Thüringen ansässig und etabliert sind, haben durch ihre Expertise die reale Chance, in spezifischen Feldern den Marktstandard zu entwickeln und zu etablieren. Diese Chance kann exemplarisch mit dem Hinweis auf sogenannte „Controlled Environment Agriculture“-Systeme versehen werden, was von mehreren Akteur:innen angeführt wurde. Die notwendigen Enablerindustrien für einen solchen Technologiestandard, namentlich die Keramikindustrie, Sensorik, Anlagenbau sowie Optik, sind alle stark und renommiert in Thüringen vertreten.

Um Thüringen in Branchen der industriellen Bioökonomie zukunftsfähig aufzustellen und zu entwickeln, sei für alle Akteur:innen weiterhin ein **Denken über die Thüringer Landesgrenzen hinaus** notwendig. Die gesamte Wertschöpfung einzelner Routen der industriellen Bioökonomie in Thüringen darzustellen, ist in den meisten Fällen nahezu unmöglich und nicht sinnvoll. Vielmehr können aber gezielt einzelne Schritte entlang der Wertschöpfungsketten im Land etabliert und zu echten Schwerpunkten ausgebaut werden.

Hanf als Rohstoff ist wiederholt aus der Industrie heraus sowie auch aus den Interviews mit der Forschung als großes Zukunftsthema genannt worden. Industriehanf biete demnach vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, die sowohl wirtschaftlich als auch technisch umsetzbar und auch heute schon in Teilen am Markt etabliert seien. Aktuell wird der heute schon verarbeitete Hanf aber hauptsächlich aus dem Ausland bezogen, obwohl es sowohl aus landwirtschaftlicher sowie aus Sicht der nachfragenden Industrie vor Ort gute Argumente dafür gebe, diesen Wertschöpfungsschritt (zurück) ins Bundesland Thüringen zu holen.

Ein großer Bereich, der die industrielle Bioökonomie nicht nur in Thüringen zukünftig positiv beeinflussen kann, ist der **Bausektor**. Dieser bietet ein großes Potenzial sich nachhaltiger aufzustellen, in dem bisherige Materialien durch bioökonomisch erzeugte Materialien ersetzt würden. Insbesondere in strategischen Dokumenten der EU- und Bundespolitik wird dies bereits deutlich. Biogenen Kohlenstoff in Baumaterialien über einen mittleren bis langen Zeitraum binden zu können, ist im politischen Fokus. Dies gehe laut der Expert:innen über das Bauen mit Holz hinaus und beinhalte auch Dämmmaterialien und Verbundwerkstoffe sowie Bauchemikalien, die im Hochbau eingesetzt werden können und schon heute verfügbar seien. Eine großflächige Umstellung des Bausektors ist für die befragten Akteur:innen eine großartige Chance, benötige aber gleichermaßen große strukturelle Unterstützung.

5 Handlungsfelder

Die Identifikation der Potenzialbereiche sowie die Analyse von Chancen und Hemmnissen weisen auf einige Handlungsfelder hin, die die Entwicklung hin zu einer industriellen Bioökonomie in Thüringen fördern können. Die Handlungsfelder sind für verschiedene Zielgruppen relevant: politische Entscheidungsträger, Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Sie lassen sich zwölf Zielen zur Stärkung der industriellen Bioökonomie in Thüringen zuordnen:

1. Konkurrenzdruck zu fossilen Preisen senken
2. Konsistente Rahmenbedingungen für eine Transformation hin zu einer nachhaltigeren Industrie inkl. Bioökonomie
3. Mehr Biomasse verfügbar machen
4. Mehr Upscaling und kommerzielle Anlagen in Thüringen
5. Bessere Vernetzung von Unternehmen, Forschung und Politik
6. Bürokratischen Aufwand reduzieren, Administration vereinfachen
7. Den Fachkräftemangel abschwächen
8. Zielgerichtete, marktreife Forschung aktiv unterstützen
9. Innovationskultur stärken
10. Bestehende Forschungsergebnisse leicht verfügbar machen
11. Marktorientierter forschen
12. Über den eigenen Fachbereich hinaus innovieren – mit Enablern Markstandards erarbeiten

6 Fazit

Die Analysen zeigen, dass es in Thüringen bereits eine industrielle Bioökonomie gibt, die auch weitere Wachstumspotenziale erschließen kann. Im Freistaat sind sowohl Forschungsaktivitäten, bioökonomisch tätige Unternehmen sowie eine Rohstoffbasis vorhanden. Das Profil der industriellen Bioökonomie in Thüringen zeichnet sich insbesondere durch eine starke Forstwirtschaft und nachgelagerte Holzindustrie, einige stark vertretene Branchen mit großem Potenzial für die industrielle Bioökonomie (Fasern und Textilien, Verarbeitung von Kunststoffen, innovative Verpackungen, Automotive), aktive Forschung sowie eine gute Enablerlandschaft (Maschinen- und Anlagenbau, Keramik, Optik) aus. Die Analyseschritte des Status quo sowie die weiterführende qualitative und quantitative Analyse der identifizierten Potenzialbereiche geben klare Hinweise darauf, welche Stärken und Schwächen die Bioökonomie in Thüringen ausmachen, aber auch welche Chancen und Hindernisse in der regionalen Industrielandschaft und -infrastruktur für die Bioökonomie herausstechen.

Vielzahl von Konversionstechnologien

In der Betrachtung der Konversionsverfahren wurde ein allgemeiner Überblick über verfügbare Technologien für die industrielle Bioökonomie geschaffen. Die stoffliche Nutzung von Biomasse ermöglicht die Produktion aller denkbaren organischen Chemikalien und Materialien. Grundsätzlich sind alle Produkte, die heute aus fossilem Kohlenstoff produziert werden, auch bio-basiert herstellbar. Eine Vielzahl von Technologien, die dies ermöglichen, existiert bereits und viele weitere sind in der Entwicklung. Die Arten von Biomasse, die für diese Produktionen nutzbar sind, sind ebenfalls vielfältig und haben immer mehrere

unterschiedliche Komponenten. Viele davon sind in Thüringen verfügbar, wenn auch in unterschiedlichen Ausprägungen und Mengen und können über verschiedene Konversionsverfahren entweder direkt in Thüringen oder teilweise in angrenzenden Regionen verarbeitet werden, wie die Potenzialanalyse darlegt.

Die Rohstoffbasis

Auf Rohstoffseite steht Thüringen besonders stark im Bereich Forst (Holz) und einer potenziellen Sammlung von Abfällen und Reststoffen aus den verschiedenen gewerblichen und privaten Stoffströmen da, wohingegen der Agrarsektor auch im Vergleich zu anderen Bundesländern und Pro-Kopf-Erträgen eher klein ist. Dies beeinflusst zwar nicht die Qualität der vorhandenen Rohstoffe, aber die mengenmäßige Verfügbarkeit ist dementsprechend geringer als an anderen Standorten – das kann Einfluss haben auf Preise und kann potenzielle Konkurrenzsituationen zu Lebensmitteln und überregionalen Akteuren schaffen. Trotzdem verfügt Thüringen über signifikante Mengen landwirtschaftlicher Biomasse, die allerdings bereits in vielerlei Nutzungen gebunden ist – insbesondere natürlich in Nahrungs- und Futtermitteln, aber auch in energetischer Verwendung und zu kleineren Teilen in stofflichen Nutzungen. Basierend auf dieser Analyse lassen sich **drei Möglichkeiten der Potenzialsteigerung** erkennen, um mehr Biomasse für industrielle, stoffliche Nutzungen zur Verfügung zu stellen oder diese effizienter zu nutzen, ohne Konkurrenz zur Nutzung für Lebens- und Futtermittel zu verursachen: **Ungenutzte Biomassepotenziale (sprich: Nebenströme und Reststoffe) in Wert bringen; aus bereits geernteter Biomasse höhere Wertschöpfung erzielen (z.B. durch weiteführende oder höhere Veredelung und Innovation) und ggf. Biomasseströme, die bisher in die energetische Nutzung fließen, eher in stoffliche Nutzungen lenken und somit auch weitere Kaskadennutzungen ermöglichen.** Es ist aber auch denkbar, durch innovative Technologien in der Agrarwirtschaft die Kultivierung von Biomasse effizienter zu gestalten und höhere Erträge auf gleichbleibenden Flächen mit weniger Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Düngern zu erzielen.

Der sehr stark ausgeprägte Holzsektor stellt einen wichtigen Wirtschaftsfaktor im Bundesland dar und ist in zweierlei Hinsicht ein elementarer Teil der thüringischen Bioökonomie. Auf der einen Seite stellt die Erschließung des Waldes selbst eine Form der regionalen Wertschöpfung dar und damit ist der wertvolle Rohstoff in großen Mengen und mit kurzen Transportwegen verfügbar, was eine gute Basis für weitere regionale Wertschöpfung darstellt. Hier ist jedoch anzumerken, dass die Auswirkungen des Klimawandels und Extremwetterereignisse zunehmend negative Auswirkungen zeigen und den Holzsektor zukünftig vor strukturelle Schwierigkeiten stellen können. Um die Versorgung mit Holz für weitreichende Aktivitäten auch in Zukunft sicherzustellen, muss gezielt und systematisch aufgeforstet werden und der Wald klimaresilienter gestaltet werden. Außerdem sind neue, innovative Verwertungswege für in immer größeren Mengen anfallendes Schadholz notwendig, um diesen Rohstoff wertschöpfend zu verwenden.

Umsatz und Beschäftigung der industriellen Bioökonomie in Thüringen

Auf der anderen Seite ist durch die traditionelle Dominanz des Holzsektors in Thüringen auch einiges an weiterverarbeitender Kompetenz vorhanden. In der sozio-ökonomischen Analyse (s.u.) wird klar, dass dies insbesondere in den klassischen holzverarbeitenden Sektoren wie Möbelherstellung ausgeprägt ist. Aus der Potenzialanalyse ergeben sich allerdings auch Lücken in für Thüringen interessanten Wertschöpfungsketten, wie beispielsweise im Hochbau oder der Herstellung von Basischemikalien. Eine Weiterentwicklung und Fokussierung auf innovativere Sektoren, wie z.B. ligno-zellulosebasierte Bioraffinerien würde weitere Möglichkeiten der Wertschöpfung bieten, die auch von der regionalen

Verfügbarkeit der Rohstoffe unabhängig wären. Eine organische Entwicklung bereits vorhandener Erfahrungen und Know-hows bietet hier Potenziale für die thüringische industrielle Bioökonomie.

Insgesamt wird durch die sozio-ökonomische Analyse deutlich, dass die vollständig der Bioökonomie zuzurechnenden Branchen deutlich stärker in Thüringen ausgeprägt sind als die anteiligen. Erstere sind oft die eher „traditionellen“ biomassennutzenden Sektoren, wohingegen letztere die „innovativeren“ und daher auch oft höher wertschöpfenden Sektoren sind. Dies drückt sich sowohl im Umsatz als auch in den Beschäftigungszahlen aus. Wertschöpfung aus forstwirtschaftlichen Rohstoffen wird momentan insbesondere durch die Holz-, Papier- und Pappindustrien erzielt. Die Beschäftigung in den anteilig bio-basierten Branchen ist besonders in der Möbel- sowie Chemieindustrie hoch. Gemessen am Umsatz pro Kopf ist die Chemieindustrie in der Lage, mehr Wertschöpfung bei weniger Arbeitseinsatz zu generieren. Grundsätzlich zeigen sich auch Unterschiede in den Anforderungen an die Beschäftigten zwischen anteilig und vollständig bio-basierten Branchen. Die anteilig bio-basierten Branchen zeichnen sich durch ein deutlich höheres Anforderungsniveau an potenzielle Beschäftigte und somit durch einen höheren Bedarf an Spezialisten und Experten aus.

Thüringische Bioökonomie-Unternehmen

Die Analyse der Unternehmenslandschaft identifizierte 2.565 Firmen in Thüringen, deren Geschäftsbericht in den letzten drei Jahren einen Bezug zur Bioökonomie aufwiesen. Dies entspricht ca. 11,6% aller Thüringer Unternehmen. Mithilfe der nachfolgenden, KI-gestützten tiefergehenden Analyse wurde abgeschätzt, welche dieser Unternehmen wirklich bioökonomie-relevante Tätigkeiten ausüben. Lässt man den Primärsektor außen vor, bleiben 392 Unternehmen, für die eine mittlere, hohe oder sehr hohe Relevanz für die Bioökonomie gefunden wurde. Dies entspricht 1,7% aller Thüringer Unternehmen. Deutlich wird, dass die absolut größte Anzahl dieser Unternehmen mit bioökonomischen Bezügen in den Wirtschaftszweigen (WZ) 71 – ‚Forschung und Entwicklung‘ (58 Unternehmen), 16 – ‚Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren‘ (49), 20 – ‚Herstellung von chemischen Erzeugnissen‘ (34) und 22 – ‚Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren‘ (25), sowie 28 – Maschinenbau (33) zu finden ist. Dies bezieht sich auf den Status quo.

Für zukünftige Potenziale wurde ein weiterer Analyseschritt durchgeführt. Dafür schätzte die KI auf der Grundlage der verfügbaren Informationen des Unternehmens in Kombination mit Brancheninformationen und aktuellen Entwicklungen in der Branche ab, inwieweit zukünftige Potenziale für einen Umstieg des Unternehmens auf bio-basierte Verfahrensweisen bestehen (als ‚internes Potenzial‘), bzw. ob durch seine Tätigkeiten (sofern es sich um ein Enabler-Unternehmen handelt) zukünftig die Etablierung einer stärker auf bioökonomischen Verfahren basierenden Unternehmenslandschaft vorangetrieben werden kann (als ‚externes‘ Potenzial).

Für 936 Unternehmen wurde ein moderates oder hohes Potenzial gefunden, um zukünftig verstärkt in der Bioökonomie zu agieren. Dies sind insgesamt schon deutlich mehr Firmen als diejenigen, die bereits als bioökonomisch aktiv identifiziert wurden. Die Verteilung dieser Unternehmen auf Branchen zeigt aber, dass sechs von sieben Branchen, die die höchsten Potenziale zeigen, auch unter den sieben Branchen sind, die bereits den höchsten Status quo verzeichnen. In der Reihenfolge gibt es ein paar Verschiebungen, und bei den Potenzialen ist der Hochbau vertreten, wohingegen im Status quo die Papier- und Pappeherstellung eine wichtige Rolle spielt.

Die sieben Branchen mit den höchsten identifizierten Potenzialen sind:

- 16 – Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb-, und Korkwaren (ohne Möbel)

- 41 – Hochbau
- 22 – Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
- 28 – Maschinenbau
- 38 – Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung
- 72 – Forschung und Entwicklung
- 20 – Herstellung von chemischen Erzeugnissen

Insgesamt lässt sich festhalten, dass ca. 1,7% der Thüringer Unternehmen bereits in der industriellen Bioökonomie aktiv sind, und dass für ca. die dreifache Anzahl ein hohes Potenzial in der Unternehmensanalyse gefunden wurde.

Dabei ist zu beachten, dass die große Anzahl von primärproduzierenden Betrieben in der Land- und Forstwirtschaft hier nicht mit dazu gerechnet wurde. Zählt man diese 836 Unternehmen hinzu, dann haben ca. 5,5% der thüringischen Unternehmen bereits eine hohe Relevanz, für die Bioökonomie und ca. 8% ein hohes Potenzial.

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

In der Forschungslandschaft zur Bioökonomie in Thüringen zeigt sich ein Schwerpunkt im Bereich der bio-basierten Materialien wie Fasern, Textilien, Kunststoffen und Verbundmaterialien hieraus. Insbesondere Zellulose in verschiedensten Anwendungen liegt hier im Fokus. Dieser Forschungsschwerpunkt lässt sich direkt mit der sehr guten Rohstoffverfügbarkeit für Zelluloseanwendungen in Thüringen verknüpfen. Die Textilherstellung auf Basis von Zellulose könnte in Zukunft eine größere Rolle spielen und positive Beiträge zu Wertschöpfung und Beschäftigung leisten. Neben Zellulose kann außerdem Lignin als Material, welches aus Holz gewonnen wird und spezifische, aber vielversprechende Anwendungsfelder erschließen kann, in der Forschung eine prägendere Rolle spielen. Lignin ist auf Grund der starken Holzwirtschaft potenziell sehr gut verfügbar und mit wenig Konkurrenz durch andere Verwendungspfade ausgestattet, aber die Forschung muss für eine Inwertsetzung intensiviert werden. Spannend sind hierbei auch Anwendungen, die mit anderen Zukunftsfeldern verknüpft sind – wie beispielweise Batterien, die für die Elektrifizierung weitreichender Teile der Wirtschaft und des Verkehrs extrem wichtig sein werden. Diese könnten in Zukunft auch auf Basis von Lignin produziert werden, wenn Entwicklungsfortschritte die Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Auch sind der Holzbau sowie bio-basierte Baumaterialien im Hochbau ein Feld, in dem sich Forschungsaktivitäten intensivieren sollten, um Wertschöpfung und Nachhaltigkeitsbestrebungen voranzutreiben.

Identifizierte Potenzialbereiche

Aus der bereits erwähnten Unternehmensanalyse in Kombination mit den Ergebnissen der Analyseschritte zur Rohstoffbasis, sozio-ökonomischen Aspekten und der Forschungslandschaft konnten die **Holzwirtschaft, Agrar- und Ernährungswirtschaft, Fasern und bio-basierte Kunststoffe als Potenzialbereiche sowie der Automobilsektor, Hochbau, Textilien und Verpackungen als Nachfragetreiber** identifiziert werden.

Die Potenzialbranchen repräsentieren verschiedene Stellen der Wertschöpfungskette – angefangen von der Produktion von Grundstoffen, über Zwischenprodukte bis hin zur Veredelung zu Endprodukten. Sie stehen somit teilweise auch in einem direkten Zusammenhang zueinander und bauen aufeinander auf. Diese Branchen konnten auf Basis der quantitativen Daten identifiziert werden und wurden in der folgenden qualitativen Analyse durch unabhängige Expert:inneninterviews validiert. In allen identifizierten Branchen

findet sich neben einer sehr guten Rohstoffbasis ein mindestens solides Fundament an Forschungsarbeit und eine zumeist gute Anbindung an die Thüringer Industrielandschaft. Die verschiedenen Anwendungsfelder bieten in allen Potenzialbereichen eine Vielfalt von Wertschöpfungsoptionen und technologischer Entwicklung. Einige dieser Felder sind zudem verstärkt im politischen Fokus, da ihr Potenzial für eine nachhaltige Transformation des produzierenden Gewerbes zunehmend an Bedeutung gewinnt. Dazu gehören zum Beispiel langfristige Speicherung von Kohlenstoff in langlebigen Holzprodukten oder bio-basierten Kunststoffen im Bausektor oder anderen; kreislauffähige, natürliche Fasern wie Zellulose; umweltfreundlichere Verpackungen. Im Automobilsektor werden bio-basierte Materialien wieder beliebter, da hier die Nachfrage von Kund:innen eine besondere Rolle spielt und die fortlaufende Elektrifizierung der Automobilbranche und deren Nachhaltigkeitsbestrebungen untermauert.

Insgesamt wurde in den Interviews von den thüringischen Akteur:innen vielfach die Bereitschaft und das Interesse signalisiert, verstärkt bioökonomische Aktivitäten auszuüben. Allerdings sehen sich die Interviewpartner:innen gleichermaßen auch Hürden ausgesetzt, die allerdings nicht zwingend nur für die Bioökonomie gelten, sondern zum Teil auch allgemeinere Gültigkeit haben. Hoher bürokratischer Aufwand in Förderstrukturen, besonders administrativ, Schwierigkeiten in der Vernetzung untereinander, und die fehlende langfristige Ausrichtung durch eine landesweite Strategie oder strukturelle Pläne, die einzelne Bereiche der industriellen Bioökonomie und den Markt für bio-basierte Produkte gezielt unterstützen könnten, wurden wiederholt als Themen genannt, in denen die öffentliche Strukturen und Akteur:innen etwas dazu beitragen könnten, die Transformation hin zur Bioökonomie zu unterstützen.

Aus den Interviews ist weiterhin ein ganz klarer Wunsch nach besserer Zusammenarbeit der Akteur:innen insbesondere in der Forschung deutlich geworden. Hier kann durch effizientere Abläufe und ausgeweitete Kooperation ein deutlicher Mehrwert für die industrielle Bioökonomie in Thüringen erzielt werden. Unterstützung von Seiten der Politik und Administration ist dabei denkbar, um als vermittelndes und netzwerkendes Organ die Brücken zwischen den einzelnen Bioökonomieakteur:innen zu koordinieren.

Die insgesamt größte Barriere für eine Transformation hin zu einer Bioökonomie ist der existierende Preisunterschied zwischen fossilen und biogenen Rohstoffen. Auch die Tatsache, dass viele bioökonomische Prozesse noch nicht ausgereift und damit wenig effizient sind, macht bio-basierte Produkte oft teurer als die fossilen Konkurrenz. Unternehmertum und Innovation werden höchstwahrscheinlich weiter dazu beitragen, diese Kluft zu überbrücken. Wenn die Politik die erfolgreiche Ausweitung der bioökonomischen Aktivitäten in Thüringen unterstützen und beschleunigen möchte, könnte sie finanzielle und strukturelle Unterstützung leisten, um die hohen Eintrittsbarrieren zu reduzieren und die Etablierung innovativer bio-basierter Produkte am Markt zu vereinfachen. Das kann durch eine Veränderung der Rahmenbedingungen oder Marktungleichgewichte geschehen, indem bspw. bioökonomisch hergestellte Produkte gesondert gefördert oder politisch vorgeschrieben werden oder indem durch Investitionshilfen für den Aufbau einer bio-basierten Produktion die Eintrittsbarrieren vermindert werden. Thüringen verfügt über eine starke Basis an Unternehmen in den so genannten Enablerindustrien. Diese Stärken in Bereichen, die die Technologien und Anlagen für die industrielle Bioökonomie bereitstellen können, bieten eine große Chance für den Standort. Um diese Chance zu nutzen, ist eine enge und zielgerichtete Zusammenarbeit zwischen allen Akteur:innen notwendig, für die eine Koordinationsstelle oder -person mit spezifischer fachlicher Expertise sowie genauen Kenntnissen der Thüringer Industrielandschaft unterstützend tätig sein kann.

Handlungsfelder

Aus den Erkenntnissen der Potenzialanalyse und besonders der Interviews mit Akteur:innen vor Ort wurden Handlungsfelder abgeleitet, die die Weiterentwicklung der industriellen Bioökonomie in Thüringen fördern können. Die Handlungsfelder sind für verschiedene Zielgruppen relevant: politische Entscheidungsträger, Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Sie lassen sich neun Zielen zur Stärkung der industriellen Bioökonomie in Thüringen zuordnen:

1. Konkurrenzdruck zu fossilen Preisen senken
2. Konsistente Rahmenbedingungen für eine Transformation hin zu einer nachhaltigeren Industrie inkl. Bioökonomie
3. Mehr Biomasse verfügbar machen
4. Mehr Upscaling und kommerzielle Anlagen in Thüringen
5. Bessere Vernetzung von Unternehmen, Forschung und Politik
6. Bürokratischen Aufwand reduzieren, Administration vereinfachen
7. Den Fachkräftemangel abschwächen
8. Zielgerichtete, marktreife Forschung aktiv unterstützen
9. Innovationskultur stärken
10. Bestehende Forschungsergebnisse leicht verfügbar machen
11. Marktorientierter forschen
12. Über den eigenen Fachbereich hinaus innovieren – mit Enablern Markstandards erarbeiten

Literaturverzeichnis

Bioökonomie Revier, 2021. *Bioökonomie: Potenziale im Rheinischen Revier – Industrie und Verwertung*, s.l.: s.n.

BioMonitor, 2022. *BioMonitor - Monitoring the Bioeconomy*. [Online]

Available at: <https://biomonitor.eu>

BMU; Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020. *Deutschlands Restmüll hat sich in 35 Jahren fast halbiert*, s.l.: s.n.

BMWK, 2024. *Beispielregionen der industriellen Bioökonomie in Deutschland*. [Online]

Available at: <https://www.bmwk.de/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-beispielregionen-formular.html>

Bundesagentur für Arbeit, 2023. *Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Tabellen, Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) (Quartalszahlen)*. [Online]

Available at:

<https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Fachstatistiken/Beschaeftigung/Beschaeftigte/Beschaeftigte-Nav.html>

Bundesagentur für Arbeit, 2023. *Tabellen, Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) (Quartalszahlen)*, Nürnberg: s.n.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung BLE, 2023. *Versorgungsbilanz 2022:*

Selbstversorgungsgrade von Raps- und Sonnenblumenöl steigen weiter leicht an. [Online]

Available at: https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/230524_Versorgung_Oele-Fette.html

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023. *Bericht zur Markt- und Versorgungslage Getreide 2023*, Bonn: s.n.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023. *Bericht zur Markt- und Versorgungslage Getreide 2023*, Bonn: s.n.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023. *Bericht zur Markt- und Versorgungslage Kartoffeln*, Bonn: s.n.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023. *Bericht zur Markt- und Versorgungslage Zucker*, Bonn: s.n.

Bundesministerium der Justiz, 2020. *Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost*, Berlin: s.n.

DBFZ, 2023. *DBFZ Bioökonomieatlas*. [Online]

Available at: [://www.dbfz.de/biooekonomieatlas/biooekonomie-branchen/monitoring](https://www.dbfz.de/biooekonomieatlas/biooekonomie-branchen/monitoring)

Destatis, 2008. *Klassifikation der Wirtschaftszweige*, s.l.: s.n.

- Destatis, 2023. *Gesamteinschlag nach Holzartengruppen*. [Online]
Available at: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz/Tabellen/gesamteinschlag-holzartengruppen.html>
- Destatis, 2023. *Weinerzeugung 2022: Anstieg um eine halbe Million auf knapp 9 Millionen Hektoliter*, s.l.: s.n.
- Deutsches Biomasseforschungszentrum, 2020. *Bioökonomieatlas*, Leipzig: s.n.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe , 2020. *Definition Biomasse*. (Ed.), s.l.: s.n.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe FNR, 2023. *Statistiken FNR*. [Online]
Available at: <https://statistik.fnr.de>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2023. *Anbauflächen*. [Online]
Available at: <https://statistik.fnr.de/anbauflaechen.php>
- IAB, 2021. *Beschäftigungsstrukturen und Potenziale der Bioökonomie in den deutschen Braunkohlerevieren*, s.l.: s.n.
- Kähler, F., Porc, O. & Carus, M., 2023. *RCI Carbon Flows Report: Compilation of supply and demand of fossil and renewable carbon on a global and European level*, Hürth, Germany: Renewable Carbon Initiative (RCI).
- Metropolregion Mitteldeutschland, 2022. *Absichtserklärung zur Gestaltung der Bioökonomieregion Mitteldeutschland*, s.l.: s.n.
- Orbis, 2023. *Orbis Datenbank*. [Online]
Available at: <https://www.bvdinfo.com/en-gb/>
- Porc, O., Hark, N., Carus, M. & Carrez, D., 2021. *European Bioeconomy in Figures 2008 – 2019*, s.l.: Bio-based Industries Consortium (BIC).
- Publications Office of the European Union , 2020. [Online]
Available at: <https://doi.org/10.2906/112117098108/12>
- Publications Office of the European Union , 2023. [Online]
Available at: <https://doi.org/10.2906/112117098108/20>
- Sörgel, C., Mantau, U. & Weimar, H., 2006. *Aufkommen von Sägenebenprodukten und Hobelspänen*, Hamburg: s.n.
- Skoczinski, P. et al., 2021. *Bio-based Building Blocks and Polymers – Global Capacities, Production and Trends 2020-2025*, Hürth, Germany: nova-Institut GmbH.
- Skoczinski, P. et al., 2023. *Bio-based Building Blocks and Polymers – Global Capacities, Production and Trends*, Hürth, Germany: nova-Institut GmbH.
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2007. *Düngung in Thüringen 2007 nach "Guter fachlicher Praxis,,*, Jena: s.n.
- Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz, 2019. *Integrierte Energie- und Klimaschutzstrategie*, s.l.: s.n.
- Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft , 2023. [Online]
Available at: <https://2014-2020.efre-thueringen.de/vorhaben/>

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, 2023. [Online]

Available at: <https://2014-2020.efre-thueringen.de/foerderperiode-2021-2027/>

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, 2021. *Regionale Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung und wirtschaftlichen Wandel in Thüringen*, s.l.: s.n.

ThCM, 2024. *Thüringer Clustermanagement (2024): Partner und Netzwerke..* [Online]

Available at: <https://www.cluster-thueringen.de/unsere-leistungen/cluster-und-netzwerkorganisationen/>

TLS, T. L. f. L. u. L. R., 2023. [Online]

Available at: <https://tlllr.thueringen.de/landwirtschaft/nutztierhaltung/rinder>

TLS, T. L. f. S., 2022. [Online]

Available at: <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=ld000631>

TLS, T. L. f. S., 2022. *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen in jeweiligen Preisen in Thüringen*. [Online]

Available at: <https://statistik.thueringen.de/datenbank/Portrait-Zeitreihe.asp?tabelle=zr002031%7C%7C>

TLS, T. L. f. S., 2023. *Anbauflächen, Erträge und Erntemengen von Gemüsearten im Freiland in Thüringen*. [Online]

Available at: <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=ld000531%7C%7C>

TLS, T. L. f. S., 2023. *Ernte in Thüringen 2022*. [Online]

Available at: https://infrastruktur-landwirtschaft.thueringen.de/fileadmin/Landwirtschaft/07_Pflanzliche_Erzeugung_Gartenbau_und_Sonderkulturen/Erntebericht_2022.pdf

TLS, T. L. f. S., 2023. *Holzeinschlag nach Holzsorten, Holzartengruppen und Waldeigentumsarten in Thüringen*. [Online]

Available at: <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=nt000541%7C%7C>

TLS, T. L. f. S., 2023. *Produktion ausgewählter Erzeugnisse (GP 2019) im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe (20 und mehr Beschäftigte) ab 2019 in Thüringen*. [Online]

Available at: <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=ld000633%7C%7C>

TLS, T. L. f. S., 2023. *Rückläufige Absatzzahlen für Bier aus Thüringen im Jahr 2022*, s.l.: s.n.

TLS, T. L. f. S., 2023. *Schlachtungen und Fleischerzeugung in Thüringen 2022*, s.l.: s.n.

TLUBN, T. L. f. U. B. u. N., 2021. *Abfallbilanz 2020 - Ressourcen aus unserer Kreislaufwirtschaft*, s.l.: s.n.

umwelt.nrw, 2018. *Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2017*. , Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

umwelt.nrw, 2020. *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen*, s.l.: s.n.

Umweltbundesamt, 2019. *BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor)*, s.l.: s.n.

Umweltbundesamt, 2020. *Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien*, Berlin: s.n.