

Forschungsbericht BWPLUS

**Quantifizierung, Lokalisierung und Bewertung der
Verwendungsmöglichkeiten von organischen
Reststoffströmen für die Bioökonomie in Baden-
Württemberg – Konzeptstudie**

von

Martin Kranert, Jingjing Huang, Gerold Hafner

Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Abfallwirtschaft und Abluft,
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft

Förderkennzeichen: BWBÖ17009

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre
Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	4
2	Einleitung, Hintergrund und Zielsetzung.....	4
3	Material und Methoden	5
3.1	Relevante Daten und Datenquellen	5
3.1.1	Bioabfälle und Grünabfälle.....	5
3.1.2	Klärschlamm	7
3.2	Lokalisierung und Potenzial der biologischen Reststoffströme	8
3.3	Technologien zur Verwertung der organischen Reststoffströme	11
3.3.1	Konventionelle Technologie	11
3.3.2	Innovative Technologie	11
3.4	Bioökonomie in Deutschland	18
3.5	Zuordnung der biologischen Reststoffe zu Verfahren und Produkten	21
3.6	Steigende Nachfrage nach biobasierten Produkten	22
3.7	Bewertung der Technologie	25
4	Fazit und Ausblick.....	26
5	Forschungsidee.....	27
6	Zusammenfassung.....	29
7	Veröffentlichungen.....	29
8	Literatur.....	30
9	Anhang	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Klärschlammmenge und Klärschlammentsorgung in Baden-Württemberg von 2004 bis 2016	8
Abbildung 2: Räumliche Modellierung der absoluten Küchenabfallpotenziale pro Wohnquartier [Mg/a] (©Nexiga GmbH LOKAL® 2017) (Böhme, 2017)	9
Abbildung 3: Räumliche Modellierung der absoluten Küchenabfallpotenziale (links) und räumliche Darstellung der statistischen Biogutsammelmengen aus der Getrenntsammlung 2016 (rechts) pro Landkreis [Mg/a] (©Nexiga GmbH LOKAL® 2017), (Böhme, 2017).....	9
Abbildung 4: Die passenden Standorte für 6 Szenarien (Maack, Lingenfelder, Smaltschinski, Jaeger, & Koch, 2017)	10
Abbildung 5: Lautsprecher aus Biokunststoffen von TECNARO (Tecnaro GmbH, 2018)	12
Abbildung 6: Dübel aus Rizinusöl von Fischer Holding GmbH (Bioökonomie Dübel, 2018)	13
Abbildung 7: Trinkhalm aus Apfeltrester und anderen Fruchtbestandteilen (Bioökonomie Trinkhalm, 2018).....	14
Abbildung 8: Textilien aus Kaffeeresten von Firma Singtex (Scafefabrics, 2018)	14
Abbildung 9: Schmierstoff aus Altfetten (Boldt, 2018)	17
Abbildung 10: Diagramm der Abfalltechnischen Erweiterung von Bioabfallbehandlungsanlagen (Hoffmann, 2012)	18
Abbildung 11: Bioökonomie in Deutschland (BMBF, 2014)	19
Abbildung 12: Zuordnung Material-Technik-Produkt (exemplarischer Auszug).....	22
Abbildung 13: Weltweite Produktionskapazität von Biopolymeren von 2011 bis 2022 (Raj Chinthapalli, 2018)	23
Abbildung 14: weltweite Produktionskapazität von Biobasierten Grundbausteinen (Raj Chinthapalli, 2018)	24
Abbildung 15: Weltweite Produktionskapazität von Bioplastik (Bioplastics, 2017).....	24
Abbildung 16: Strukturen, Inhalte und Dienstleistungen der Bioökonomie Plattform.....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kommunales Abfallaufkommen in Baden-Württemberg 2016 (UMBW, 2017).....	6
Tabelle 2: Heutige und zukünftig nachhaltig erschließbare Biomasse-Potenziale in Baden-Württemberg (Technisches Primärenergieträgerpotenzial) (Brellocks & Specht, 2013)	7
Tabelle 3: Verwendungsbeispiele der Bioökonomie in Baden-Württemberg	20

1 Abstract

Bio-economy plays an essential role for the future economic development in Baden-Württemberg. In order to build a sustainable and efficient bio-economy systematically, detailed data of the organic waste streams should be provided. In this three-month concept study, an overview of the existing data bases, a screening of the technologies for higher-value products and a review of the appropriate model was conducted. The necessary data on quantities and potential of waste and biomass was determined in Baden-Württemberg by extensive research study and statistics study. Approximately 1 million tons of green waste and 535,000 tons of biowaste were collected in 2016, which was obviously below their potential amount. Besides the conventional treatment method for biological waste such as fermentation, composting and energetic use, many innovative industrial processes are now available. These technologies are already widely used in our lives: bioplastics, bio-construction materials, biomedicine, biolubricants, etc.. Due to connect the waste data with spatial data and modeling the biomass potentials, the geographical information systems (GIS) model is available. Along with the extensive contact and information exchange with relevant stakeholders and potential cooperation partners, evaluation indicators and criteria are identified and a detailed research concept is developed. An information and service platform with important database and expert consortium is being set up. The project idea, which was collected by discuss in workshop, should be prepared as project proposal for upcoming project application.

2 Einleitung, Hintergrund und Zielsetzung

Der Bioökonomierat versteht die Bioökonomie als wichtiges Element des gesellschaftlichen Wandels zu einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise. Die Bioökonomie wird definiert als die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen (auch Wissen), um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen. (Bioökonomierat, 2018)

Die Bioökonomie spielt für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung in Baden-Württemberg eine wesentliche Rolle. Durch die Endlichkeit aktuell vielfach eingesetzter Rohstoffe in industriellen Prozessen ist eine innovative Erneuerung des Ressourcen-Einsatzes in Zukunft unausweichlich.

Um für den Industriestandort Baden-Württemberg eine leistungsstarke Bioökonomie systematisch aufzubauen und in einer Landesstrategie „Nachhaltige Bioökonomie“ gebündelt koordinieren zu können, müssen ausführliche Bilanzdaten zu nutzungsfähigen Rohstoffen vorhanden sein. Dabei stellen Reststoffe und Abfallbiomasse eine der zentralen Rohstoffquellen für eine nachhaltige Bioökonomie dar. Damit diese

sinnvoll in das Konzept der Bioökonomie in BW eingebunden werden können, muss folgende grundlegende Forschungsfrage vollumfänglich beantwortet werden: Welche Mengen stehen an welcher Stelle für welchen höherwertigen Zweck der Bioökonomie potenziell zur Verfügung?

Die Vorstudie dient als Vorbereitung für diese umfassende Untersuchung zur Darstellung der verfügbaren Materialien, Technologien und Bewertung der Verwendungsmöglichkeiten von organischen Reststoffströmen für die Bioökonomie. Eine Übersicht über die vorhandenen Datengrundlagen, ein orientierendes Screening der Verfahren zur höherwertigen Weiterverarbeitung und eine Überprüfung geeigneter Modelle wurden durchgeführt. Durch Kontakte mit relevanten Stakeholdern und möglichen Kooperationspartnern wurde der erste Entwurf für ein künftiges Forschungskonzept entwickelt.

3 Material und Methoden

3.1 Relevante Daten und Datenquellen

Mögliche Quellen für wichtige Basisdaten zur Quantifizierung und Lokalisierung der organischen Reststoffströme sind nicht nur die Abfalldaten, sondern auch Daten zur Land- und Forstwirtschaft sowie Daten aus Industrie sowie Geodaten.

Die organischen Reststoffströme setzen sich zusammen aus kommunalen Bioabfällen, landwirtschaftlichen Abfällen, landschaftlichen Reststoffen und industriellen Reststoffen. Hier wird untersucht, welche Kaskadennutzung und Nutzung in Kreisläufen möglich ist und weiter ausgebaut werden kann:

- Kommunal: Siedlungsabfälle, Speisereste, Grünabfall, Klärschlamm, etc.
- Industrie: Produktionsreststoffe, Abbruchmaterial, Gärrest aus Biogasanlagen, Schlachthofabfälle, etc.
- Landwirtschaftlich: Gülle, Stroh, Silage etc.
- Landschaftlich: Altholz, Kontaminierter Mutterboden etc.
- Sonstiges: Schlacke, Gärreste, Abbruchmaterial etc.

Im Rahmen dieser Studie lag der Fokus auf den Bio- und Grünabfällen sowie den Klärschlämmen .

Die notwendigen Daten über Mengen und Potenzial von Reststoff- und Abfallbiomasse wurden in Baden-Württemberg mittels umfangreichen Forschungsstudien und Statistikauswertungen ermittelt.

3.1.1 Bioabfälle und Grünabfälle

Seit dem 1. Januar 2015 sind häusliche Bioabfälle nach den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes getrennt zu erfassen und hochwertig zu verwerten. Im Jahr 2016 hatten 36 von 44 Stadt- und Landkreisen

Baden-Württembergs das getrennte Sammlungssystem mit Biotonne eingeführt. 535.600 Tonnen Abfälle wurden aus der Biotonne eingesammelt, das entspricht 49 Kg/E*a.

Allen Stadt- und Landkreisen in Baden-Württemberg steht die Möglichkeit zur Getrenntsammlung von Grünabfall zur Verfügung. Diese erfolgt im Bringsystem bei über 1.130 kommunalen Grünabfallsammelstellen. Die Menge der Grünabfälle lag im gleichen Zeitraum bei ca. 1 Million Tonnen. Daraus ergibt sich für 2016 ein durchschnittliches Pro-Kopf-Aufkommen an Grünabfällen im Land von rund 92 kg/E*a. (UMBW, 2017)

Insgesamt stehen also 1.5 Mio. Tonnen Bioabfälle und Grünabfälle als Rohstoffe für eine hochwertige Verwertung zur Verfügung. Bis 2020 soll die Menge auf 1.7 Mio. Tonnen gesteigert werden.

Tabelle 1: Kommunales Abfallaufkommen in Baden-Württemberg 2016 (UMBW, 2017)

Abfallarten/-gruppen	Abfallaufkommen insgesamt	Davon zur						
		stofflichen Verwertung	biologischen Verwertung	sonstigen Behandlung	meh.-biol. Behandlung	thermischen Behandlung	Verwertung auf Deponien	Ablagerung auf Deponien
1.000 Tonnen								
Hausmüll	1.305,1	1,4	–	–	102,9	1.200,8	–	–
Sperrmüll	224,2	78,5	–	1,1	–	144,6	–	–
Grünabfälle	1.000,9	8,1	689,6	9,3	–	291,3	2,6	–
Abfälle aus der Biotonne	535,6	0,0	532,1	3,3	–	0,2	–	–
Wertstoffe	1.830,1	1.692,9	0,0	–	–	137,2	–	–
Gewerbeabfälle	203,9	10,5	–	–	0,5	153,2	0,3	39,3
Baustellenabfälle	30,2	1,0	–	–	–	13,1	2,1	14,0
Straßenkehrschutt ¹⁾	28,0	14,3	0,3	1,1	–	8,6	1,4	2,3
Problemstoffe	8,0	0,2	–	6,5	–	1,3	–	–
E-Altgeräte ²⁾	83,0	83,0	–	–	–	0,0	–	–
Bauschutt	785,7	382,7	–	–	–	0,4	84,3	318,3
Straßenaufbruch	147,5	84,9	–	–	–	–	21,6	41,0
Bodenaushub	5.434,4	504,4	–	–	–	–	557,9	4.372,1
sonstige Abfälle ³⁾	254,9	1,0	0,4	0,9	–	68,6	50,9	133,0
Summe	11.871,4	2.863,0	1.222,4	22,2	103,5	2.019,2	721,1	4.920,0

In der Forschungsstudie „Strategie zur Ausrichtung der Bioenergie-Forschung in Baden-Württemberg“ wurde eine Abschätzung des zukünftig verfügbaren Biomasse-Potenzials für die Jahre 2020 bis 2050 gemacht (Tabelle 2). Der organische Reststoff wurde auf trockene und feuchte Biomasse-Sortimente aufgeteilt, wobei die feuchte Biomasse in den nächsten 40 Jahren als konstant angesehen wird, während bei der trockenen Biomasse ein leichter Anstieg erwartet wird.

Tabelle 2: Heutige und zukünftig nachhaltig erschließbare Biomasse-Potenziale in Baden-Württemberg (Technisches Primärenergieträgerpotenzial) (Brellochs & Specht, 2013)

	2010	2020	2030	2040	2050
Sortimente	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Trockene Biomasse-Sortimente	114	120	131	142	150
Energieholz (KUP)	5	7	15	24	31
Getreidestroh	19	21	22	23	23
Waldrestholz	36	38	40	41	42
Holz- u. halmgutartige (trockene) Biomasse aus Landschaftspflege-, Naturschutzfl., inkl. ext. bewirtsch. Überschussgrünland	14	14	14	14	14
Altholz	20	20	20	20	20
Industrie- und Sägerestholz	20	20	20	20	20
Feuchte Biomasse-Sortimente	57	62	62	62	62
Energiepflanzen (Mais, GPS, etc.)	19	24	24	24	24
Tierische Exkremente	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Intensiv bewirtschaftetes Überschussgrünland	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Halmgutartige (feuchte) Biomasse aus Landschaftspflege- und Naturschutzflächen, inkl. ext. bewirtsch. Überschussgrünland	4	4	4	4	4
Organische Abfälle (Ind., Siedl., Gew.)	3	3	3	3	3
Klär-, Deponiegas, Klärschlamm	7	7	7	7	7
Reststoffe aus Verarbeitung/Industrie	12	12	12	12	12
GESAMT	171	182	194	204	212

3.1.2 Klärschlamm

Kommunaler Klärschlamm mit reichen Nährstoffgehalten zählt zu den biologischen Reststoffströmen des Siedlungsabfalls. In der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) sind die Bedingungen für einen ordnungsgemäßen und schadlosen Einsatz von Klärschlämmen als Sekundärrohstoffdünger im Sinne der Düngemittelverordnungen geregelt. Im Jahre 2016 sind 235.000 Tonnen Klärschlamm (Trockenmasse) bei insgesamt 915 Kläranlagen zur Entsorgung angefallen, wobei 96.1% (rund 226.000 Tonnen) davon verbrannt wurden. (UMBW, 2017)

Im Jahr 2012 startete die Phosphor-Rückgewinnungsstrategie in Baden-Württemberg mit dem Ziel der Gewinnung von qualitativen hochwertigen, gering belasteten Phosphorverbindungen als Rohstoffe für die industrielle Anwendung oder als Düngemittel für Nutzpflanzen.

■ KLÄRSCHLAMMENTSORGUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERGS · 2004 BIS 2016

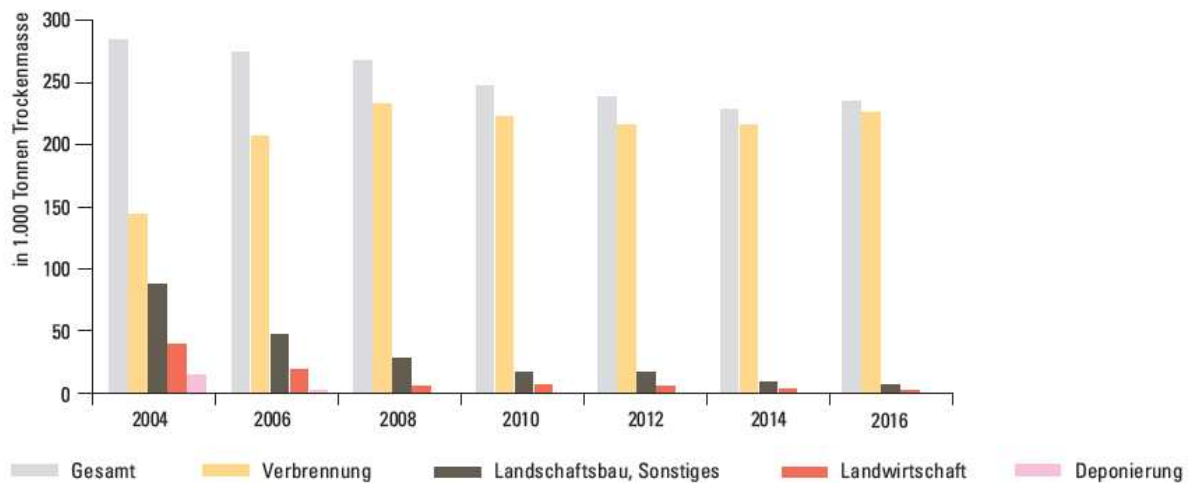


Abbildung 1: Klärschlammmenge und Klärschlammbehandlung in Baden-Württemberg von 2004 bis 2016

3.2 Lokalisierung und Potenzial der biologischen Reststoffströme

Zur Verknüpfung der abfallwirtschaftlichen Daten mit den räumlichen Daten und der Modellierung der Biomassepotenziale steht das geographische Informationssystem (GIS) Modell als Basis zur Verfügung.

Im Bioökonomie Projekt „Stoffstromanalyse der Rest- und Abfallstoffe in Baden-Württemberg (TP 100)“ hat das ISWA die Biomassepotenziale aus Rest- und Abfallstoffen ermittelt. Die räumliche Modellierung der Bioabfallpotenziale aus Privathaushalten erfolgt durch die Kombination von Siedlungsstrukturen, Gebäude- und Einwohnerdaten und spezifischen Abfallmengen. Als Beispiel sind die Ergebnisse für die Küchenabfallpotenziale pro Person und Jahr in den Wohnquartieren für Baden-Württemberg dargestellt (Abb.2). In Abb. 3 sind die modellierten Küchenabfallpotenziale je Stadt- und Landkreis aufsummiert (links) und den Sammelmengen von 2016 (rechts) gegenübergestellt. Gesammelt wurden im Jahr 2016 in Baden-Württemberg in den verschiedenen Land- und Stadtkreisen zwischen 5 kg und 133 kg Biogut pro Person über die Biotonne. Der Landesdurchschnitt liegt hier bei 49 kg pro Einwohner. Die Grüngutmenge lag 2016 zwischen 8 kg und 276 kg pro Person und Jahr, mit einem Landesdurchschnitt von 92 kg pro Person (Böhme, 2017). Das jährliche theoretische Küchenabfallpotenzial in Baden-Württemberg beträgt 786 000 Mg und ist damit rund 47 % höher als die gesamte Biogutsammelmengen, welche zusätzlich Grünabfälle und sammlungsbedingtes Papier enthält. (Böhme, 2017)

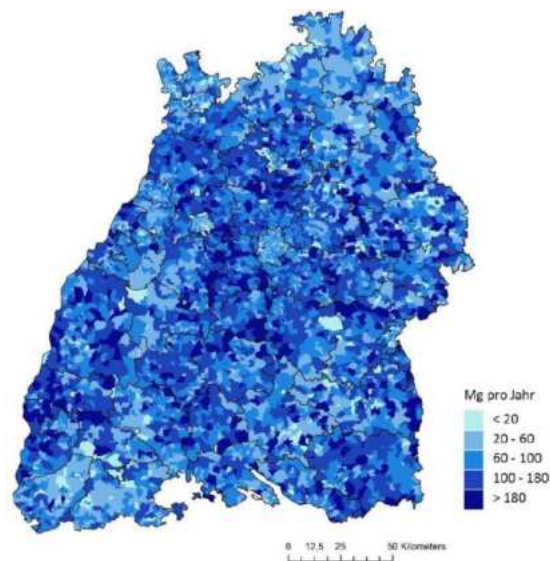


Abbildung 2: Räumliche Modellierung der absoluten Küchenabfallpotenziale pro Wohnquartier [Mg/a] (©Nexiga GmbH | LOKAL® 2017) (Böhme, 2017)

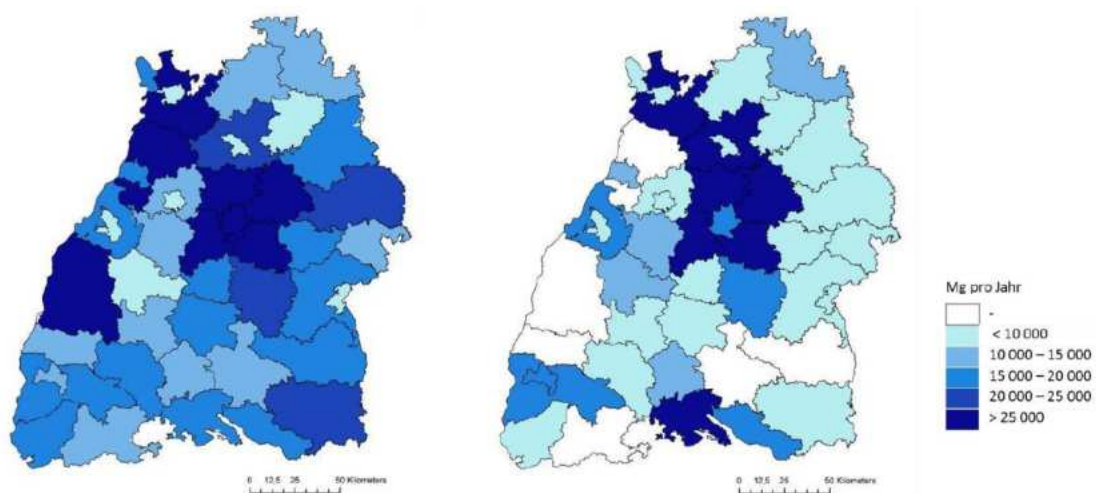


Abbildung 3: Räumliche Modellierung der absoluten Küchenabfallpotenziale (links) und räumliche Darstellung der statistischen Biogutsammelmengen aus der Getrenntsammlung 2016 (rechts) pro Landkreis [Mg/a] (©Nexiga GmbH | LOKAL® 2017), (Böhme, 2017)

Die Universität Freiburg zeigt einen ähnlichen Ansatz im Forschungsprojekt „BioPotential - Regionale Verfügbarkeit von Lignozellulose als Primärrohstoff für Baden-Württemberg“. Die GIS basierten Karten wurden mit Infrastrukturdaten, Transportkosten und Holzpreisen kombiniert, um die potenziell verfügbare Biomasse in Baden-Württemberg abzuschätzen, und weiter die am besten geeigneten Standorte für Biomasse-Umwandlungsanlagen bei minimalen Transportentfernungen und (Biomasse-) Kosten zu finden. Der Ansatz führte zu einer theoretischen regionalen Versorgung mit Holzbiomasse mit Transportdistanzen zwischen 10 und 50 km. 3 Millionen Mg Lignozellulose-Biomasse waren bei einer maximalen Transportentfernung von 50 km verfügbar. Schließlich wurden für Hart- und

Mischholzaufbereitungsanlagen von drei unterschiedlichen Firmengrößen (VSF=sehr kleine Firma, KF=kleine Firma und MF=Mittlere Firma), 50% der verfügbaren Ressourcen und minimale Transportkosten angesetzt, um die geeignetsten Standorte zu ermitteln (Maack, Lingenfelder, Smaltschinski, Jaeger, & Koch, 2017).

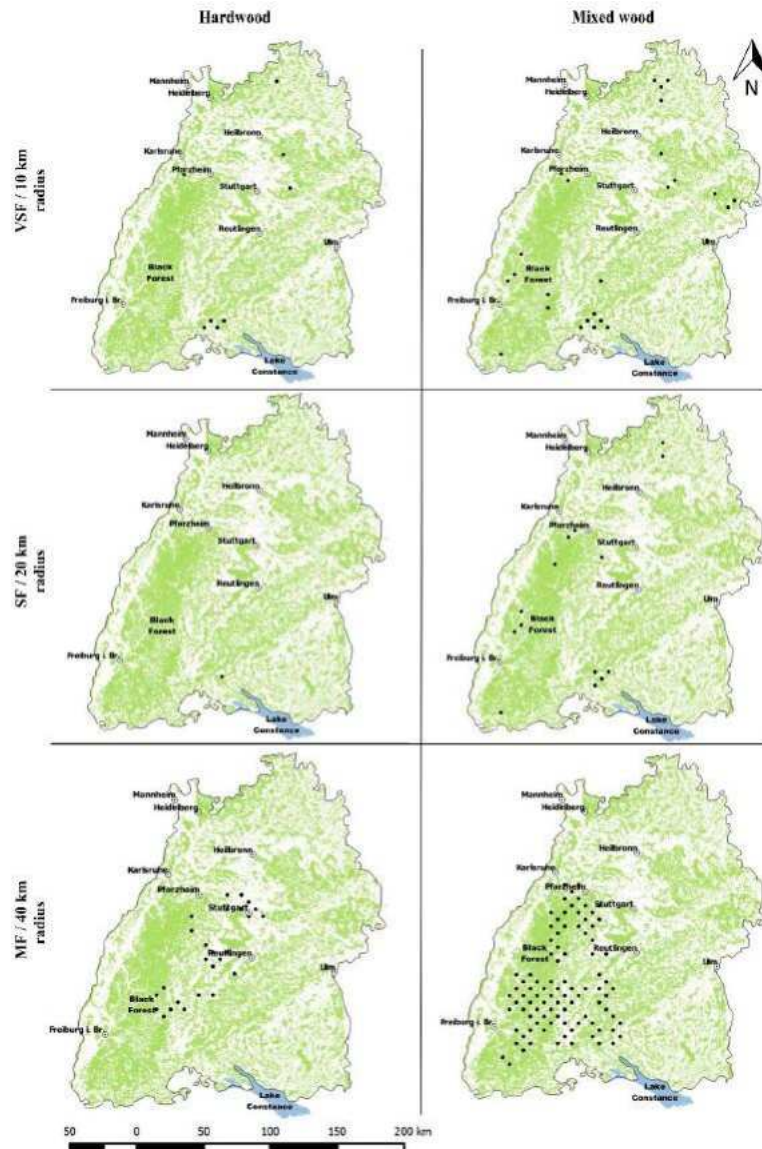


Abbildung 4: Die passenden Standorte für 6 Szenarien (Maack, Lingenfelder, Smaltschinski, Jaeger, & Koch, 2017)

3.3 Technologien zur Verwertung der organischen Reststoffströme

Die getrennten biologischen Reststoffe werden stofflich und energetisch verwertet werden. Im Kapitel 2.3.1 werden konventionelle Technologien wie Kompostierung, Vergärung und energetische Nutzung dargestellt. Die innovativen industriellen Ansätze der organischen Reststoffverwertung werden in Kapitel 2.3.2 exemplarisch vorgestellt.

3.3.1 Konventionelle Technologie

Die Verwertung von organischen Reststoffen leistet einen wichtigen Beitrag zur Schonung der Ressourcen und zum Klimaschutz. Als konventionelle Technologien zählen die stoffliche Verwertung wie Kompostierung und Vergärung und die energetische Verwertung, wie Strom, Wärme und Kraftstoffe.

Gemäß der aktuellen sogenannten „Kaskadennutzung“ werden die holzigen Bestandteile der Grünabfälle nach der Kompostierung in Biomassekraftwerken thermisch verwertet. Die übrigen nassen Bioabfälle werden in Vergärungsprozessen zu Biogas umgewandelt, welches mit Hilfe von Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht, das CO₂ des Biogases abzureinigen und anschließend das qualitativ hochwertige Biogas ins Gasnetz einzuspeisen. Die dabei anfallenden Gärreste können als Dünger benutzt werden.

Im Jahr 2016 wurden lediglich 39% der gesammelten Bioabfälle in Vergärungsanlagen verwertet. Die übrigen Bioabfälle wurden kompostiert. In den Vergärungsanlagen wurden 71 Mio. m³ Biogas mit ca. 59% Methangehalt produziert, darunter stammten ca. 53 Mio. m³ aus Vergärungsanlagen für Bioabfälle. Dadurch wurde Strom und Wärme aus Bioabfällen zur Versorgung von ca. 220.000 Einwohnern produziert. (UMBW, 2017)

3.3.2 Innovative Technologie

Mit der Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und der Bioabfallverordnung stehen auch neue Fragestellungen zur hochwertigen Verwendung der Reststoffe an. Als innovative Technologie sollen die Reststoffströme nachhaltig, effizient und umweltschonend in industriellen Branchen genutzt werden, beispielsweise in der Nahrungsmittelindustrie, Papier- und Textilindustrie, Bau- und Energiewirtschaft, Chemie- und Pharmaindustrie, Biotechnologie etc. – nachfolgend werden die derzeit relevantesten Technologien exemplarisch vorgestellt.

Biokunststoffe aus biologischen Rohstoffen

Die Herstellung von Biokunststoffen ist eine der am weitesten entwickelten Technologien in der Bioökonomie, wobei die Biokunststoffe und Biopolymere schon Marktreife besitzen.

TECNARO als führendes innovatives Unternehmen hat Biokunststoffe auf Basis biologischer Rohstoffe selbst entwickelt, produziert und weltweit vermarktet. Gemeinsam mit Naturfasern und biologischen Reststoffen wie Lignin, Cellulose, Lignozellulose aus Säge- und Hobespänen werden Biokunststoffe aus bis zu 100% biobasierten Rohstoffen hergestellt. Tecnaro GmbH besitzt mehr als 3.500 Rezepturen, die in drei Werkstofffamilien gegliedert werden: ARBOFORM®, ARBOBLEND® und ARBOFILL®. Mit Kunden aus der Automobil-, Solar-, Bau-, Verpackungs-, Schreibgeräte-, Möbel-, Spielwaren-, Haushaltswaren- und Musikinstrumente- bis hin zur Modeindustrie bedienen die Materialien von TECNARO nahezu jeden Markt. Die Verarbeitung erfolgt z. B. mittels Spritzgießen, Extrudieren, Kalandrieren, Pressen, Tiefziehen und Blasformen (Tecnaro GmbH, 2018).

Mit der jährlichen Produktionskapazität von 12.000 Tonnen Biokunststoffen werden bei TECNARO GmbH ca. 1.000 Tonnen pro Jahr biologische Reststoffe wie Lignin, Cellulose und Lignozellulose aus Säge- und Hobespänen eingesetzt.



Abbildung 5: Lautsprecher aus Biokunststoffen von TECNARO (Tecnaro GmbH, 2018)

„Grün“ Dübel aus Rizinusöl

„Grün“ Dübel werden aus einem Kunststoff gefertigt, der zu mehr als 50% aus Rizinusöl besteht. Das in Baden-Württemberg angesiedelte Unternehmen Fischer Holding GmbH & Co. KG hat zusammen mit dem Chemiekonzern DuPont dieses neue Produkt entwickelt und vermarktet. Rizinusöl, welches aus den Samen des Wunderbaums gewonnen wird, wird zur Erzeugung des chemischen Synthesebausteins Sebacinsäure verwendet. Zusammen mit konventionellen Komponenten entsteht der technische Kunststoff Polyamid. Dieses Polymer ist zu 50% biobasiert und wird zu Dübeln verarbeitet. In Vergleich mit herkömmlichen

Dübeln sind die „grün“ Dübel aus Rizinusöl zwar teurer aber besser belastungsfähig (Bioökonomie Dübel, 2018).



Abbildung 6: Dübel aus Rizinusöl von Fischer Holding GmbH (Bioökonomie Dübel, 2018)

Biokraftstoffe aus Stroh

Das Chemieunternehmen „Clariant Deutschland“ betreibt seit 2009 die erste Pilotanlage mit einer jährlichen Kapazität von bis zu 2 Tonnen Ethanol in München, um aus dem Reststoff Weizenstroh und anderen Feldabfällen den Biokraftstoff sunliquid® herzustellen. Seit 2012 ist die bislang größte Anlage Deutschlands am Standort Straubing in Betrieb, die jährlich 1.000 Tonnen Ethanol aus 4.500 Tonnen Stroh produziert. Im Rahmen einer Kooperation mit dem Autohersteller Mercedes-Benz und dem Mineralölunternehmen Haltermann sind bereits erste Flottentests gestartet. Dabei soll sich ein Gemisch aus 20 % Bioethanol und 80 % Superbenzin für den alltäglichen Einsatz in Serienfahrzeugen beweisen. (clariant, 2018)

Trinkhalme aus Apfeltrester und anderen Fruchtbestandteilen

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Strohhalmen aus Plastik bestehen diese essbaren Trinkhalme aus speziell behandeltem Apfeltrester und weiteren Fruchtbestandteilen. Jedes Jahr landen Milliarden Plastikröhrchen im Müll. Nach jahrelanger Forschung hat WISEFOOD GmbH das Verfahren zur Herstellung von Trinkhalmen aus Apfeltrestern - gepresste Rückstände aus der Apfelsaftproduktion - entwickelt. Mit einer täglichen Produktionskapazität zwischen 10.000 und 100.000 Trinkhalmen sind diese Trinkhalme online zur Bestellung verfügbar. Das Trinkröhrchen hält außerhalb des Getränks bis zu acht Monate; im Getränk etwa eine Stunde. (Bioökonomie Trinkhalm, 2018)



Abbildung 7: Trinkhalm aus Apfeltrester und anderen Fruchtbestandteilen (Bioökonomie Trinkhalm, 2018)

Textilien aus Kaffeeresten

Mit den S.Café® Produkten verfolgt die Firma Singtex eine neue Idee zur Nutzung von Kaffeeresten für die Produktion nachhaltiger Textilfasern. Die Reste des gebrühten Kaffees werden in diesen Fall nicht in der Biotonne entsorgt, sondern in mikroskopisch kleine Teile zermahlen und dann mit recycelten Polyesterfasern gemischt. Diese Textilfasern haben diverse Vorteile wie Absorbierung von schlechten Gerüchen, sie sind schnell trocken und schützen vor UV-Strahlen. Damit sind sie für Profi- und Freizeitkleidung sehr geeignet. Markenhersteller wie Hugo Boss, Nike und Vaude sind inzwischen Abnehmer dieser Fasern. Viele dieser T-Shirts sind bereits auf dem Markt erhältlich. Ein britischer Profifußballverein der ersten Liga spielt z.B. in Trikots, die aus der Faser hergestellt wurden. (Bioökonomie T-shirt, 2018)



Abbildung 8: Textilien aus Kaffeeresten von Firma Singtex (Scafefabrics, 2018)

Biologische Reststoffe als Futtermittel für Insekten

Bis zum Jahr 2050 wird die Weltbevölkerung auf ca. 9,8 Milliarden anwachsen. Um die Weltbevölkerung ausreichend zu ernähren, ist die Erzeugung von rund 3 Mrd. Tonnen Getreide und 470 Mio. Tonnen Fleisch pro Jahr notwendig (Meixner, 2018). Insekten mit hohem Eiweißgehalt könnten eine der nachhaltigen Proteinquellen in der Zukunft darstellen, wobei sie entweder direkt als Nahrungsmittel für Menschen oder auch als Futtermittel für Nutztiere benutzt werden können. Außerdem lässt sich aus Insekten hochwertiges Fett gewinnen, das dem Palmkernöl ähnlich und vielfältig einsetzbar ist.

Die Produktion von Protein aus Insekten hat viele Vorteile. Eine Aufzucht von Insekten ist viel effizienter als die Aufzucht anderer Tiere. Mit 100 kg Futtermittel produzieren Insekten genug Protein um 430 Menschen für einen Tag zu ernähren, bei Hühnerprotein wäre es nur ausreichend für 88 Menschen und bei Schweineprotein für nur 37 Menschen (Bühler Group, 2018). Außerdem benötigt die Aufzucht von Insekten viel weniger Platz, z.B. im Vergleich zum Anbau von Sojabohnen können auf einem Hektar Fläche das ca. 150-fache Menge an Protein aus Insekten gewonnen werden kann (Haas, 2014). Insekten können organische Reststoffe als Futtermittel verwenden und weiter in hochwertiges Protein umwandeln. Damit wird der Ressourcenkreislauf geschlossen und ein wichtiger Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen geleistet.

Bühler Group und Firma Protix als führende Unternehmen in der Lebens- und Futtermittelindustrie haben Bühler Insect Technology gegründet. Das Gemeinschaftsunternehmen wird skalierbare, industrielle Lösungen für die Aufzucht und Verarbeitung von Insekten für Kunden und Insektenproduzenten weltweit anbieten.

Allerdings besteht hier das größte Problem in der Gesetzgebung: In Europa müssen alle Tiere in Schlachthäusern geschlachtet werden. Aber ein Schlachthaus für Insekten oder Insektenlarven ist offensichtlich nicht notwendig. Eine andere EU-Verordnung schreibt vor, gemäß der Definition des Begriffs „Nutztier“ in Artikel 3 Nummer 6 der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 gelten für die Herstellung von verarbeitetem tierischem Protein **gezüchtete Insekten als Nutztiere** und unterliegen somit dem Verfütterungsverbot nach Artikel 7 und Anhang IV der Verordnung (EG) Nr. 999/2001 sowie den in der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 festgelegten Verfütterungsvorschriften. Folglich ist **die Verwendung von Wiederkäuer-Proteinen, Küchen- und Speiseabfällen, Fleisch- und Knochenmehl sowie Gülle als Futter für Insekten verboten**. Des Weiteren ist gemäß Anhang III der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates die Verwendung von Kot in der Tierernährung verboten“ (DIE EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2017).

Die Diskussion um die Zulassung von Bioabfall als Futter für „Nutztiere“ muss weitergeführt werden, dies würde auch die Akzeptanz der Nahrungsmittel auf Insektenbasis als Trend zu umweltverträglichen Produkten unterstützen.

Schmierstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und Bioabfall

Schmierstoffe sind wichtige Stoffe bei allen Anlagen und Motoren zur Minderung der Reibung und Verschleiß. Allerdings bestehen die meisten Schmierstoffe aus Mineralölen fossilen Ursprungs. Die Entwicklung der Bio-Schmiermittel aus natürlichen Fetten/Ölen begann Anfang der 80er Jahre, zunächst wurden Öle aus Sonnenblumen- oder Rapspflanzen als Rohstoffe verwendet (P. Deutschmann, 1994).

FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GmbH aus Mannheim beschäftigt sich seit 30 Jahren mit Bioschmierstoff, die auf Rapsöl basieren. Die erfolgreich im Markt eingeführten Produkte sind biologisch schnell abbaubar und erfüllen alle anspruchsvollen ökotoxikologischen Anforderungen.

Das Biotechnologie-Unternehmen BRAIN AG und die Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH entwickeln gemeinsam hochwertige Schmierstoffadditive aus biogenen Rohstoff- und Abfallströmen. Dabei werden Abfallströme einerseits als Nährstoff für die Enzymproduktion, andererseits als Ausgangsmaterialien für die Herstellung der Zielprodukte genutzt. Als Rohstoffe werden dabei Altspeisefette und -öle, tierische Fette, Reste aus der Biodieselproduktion (z.B. Glycerin, Fettsäuren und Fettsäuremethylester), Lignozellulose und eine Vielzahl von anderen industriellen Nebenprodukten und Abfallströmen verwendet (Brain Biotech, 2014). Mit besserer Wirkung und geringerem Verschleiß besitzen die biobasierten Schmierstoffe trotz höherem Preis einen bestimmten Marktanteil.

Eine weitere Entwicklung nützt ein enzymatisches Verfahren zur Herstellung von Schmierstoffen aus Altfetten. (Boldt, 2018). Altfette, die in Restaurants und Gaststätten in großen Mengen anfallen, werden meist als Abfall entsorgt. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts haben Forscher der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin gemeinsam mit dem Schmierstoffhersteller Greibo Chemie GmbH dieses Altfett als Rohstoffträger in die Bioschmierstoffentwicklung eingebunden.



Abbildung 9: Schmierstoff aus Altfetten (Boldt, 2018)

Die Universität Stuttgart hat gemeinsam mit der TU Darmstadt nach einem Weg zur Herstellung von Bio-Schmierstoffen gesucht, wobei die Mittellangkettige Carbonsäure (MCFA) aus Vergärung als Grundlage dienen sollen.

Die getrennten Bioabfälle werden hauptsächlich in Bioabfallbehandlungsanlagen wie Kompostierung oder Vergärung verwertet. Ein Konzept der Erweiterung dieser Bioabfallbehandlungsanlagen zur hochwertigen Verwertung der Bioabfälle und zur Herstellung biobasierter Produkte ist entwickelt und in Demonstrationsversuchen getestet. Der Ansatz zur Gewinnung und Generierung der mittellangkettigen Carbonsäuren ist ein anaerober Bypass-Reaktor, der als Zwischenstufe in bestehenden Bioabfallbehandlungsanlagen integriert wird. Aus flüssigen biologischen Stoffströmen können kurzkettigen Carbonsäuren (VFA) gewonnen und weiter durch eine biotechnische Nachreifung gezielt mittellangkettige Carbonsäuren (MCFA) erzeugt werden. Diese Stoffströme werden extraktiv getrennt und aufkonzentriert, verestert, bioelektrisch decarboxyliert und destillativ in Produktgruppen aufgeteilt. Es entstehen dabei Produkte für verschiedene Anwendungsgebiete wie biobasierte Lösungs- und Schmiermittel. Hiermit könnten mineralölbasierte Schmierstoffe durch Sekundärrohstoffe (Bioabfälle) ersetzt werden, wobei diese Bioschmierstoffe biologisch abbaubar und umweltfreundlich sind.

An der TU Darmstadt wurde in einem Demonstrationsversuch zur Gewinnung von Milchsäure und weiterer organischer Säureprodukte über den Ansatz einer Bypass-Stufe – mit integriertem Aufbereitungsverfahren (Mazeration) – labortechnisch über das Verfahren der Elektrodialyse durchgeführt. Das Mazervationsverfahren dient zur Ansäuerung und schonenden Auswaschung der löslichen Biomasse aus

Bioabfall. Die flüssige Phase aus der Mazeration steht zur Gewinnung von biobasierten Produkten und zur Verwertung der organischen Masse in Nassvergärung zur Verfügung. Die feste Phase der Mazeration wird weiter der Kompostierung zugeführt, wobei durch Verringerung der Rottedauer und Einsparung des Energiebedarfs zur Energieeffizienzsteigerung der Kompostierung beigetragen wird. Die Carbonsäuren aus Mazerat und Fermentat werden im Verfahren der Elektrodialyse durch eine Aufkonzentrierung der freien Säuren gewonnen. Der erste Einsatz der Säure-Produkte wurde erfolgreich als Pflanzenöl-Additive zur Viskositätsverbesserung durchgeführt (Hoffmann, 2012).

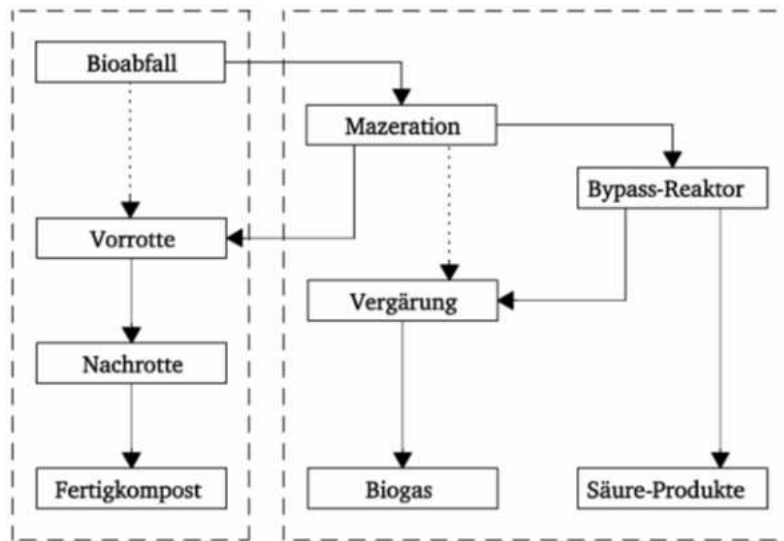


Abbildung 10: Diagramm der Abfalltechnischen Erweiterung von Bioabfallbehandlungsanlagen (Hoffmann, 2012)

3.4 Bioökonomie in Deutschland

Im Jahr 2017 endete die erste Phase der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ (Bioökonomierat, 2016). Fünf zentrale Handlungsfelder stehen im Fokus:

- die weltweite Ernährung sichern
- Agrarproduktion nachhaltig gestalten
- gesunde und sichere Lebensmittel produzieren
- nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen
- Energieträger auf Basis von Biomasse

Ein Überblick über die wichtigsten Branchen in Deutschland im Bioökonomie-Bereich, wobei die aktuell verfügbaren Unternehmenszahlen, Mitarbeiter und Umsatzzahlen berücksichtigt wurden, zeigt klar: Die Bioökonomie ist bereits in unserem Alltag angekommen (BMBF, 2014).

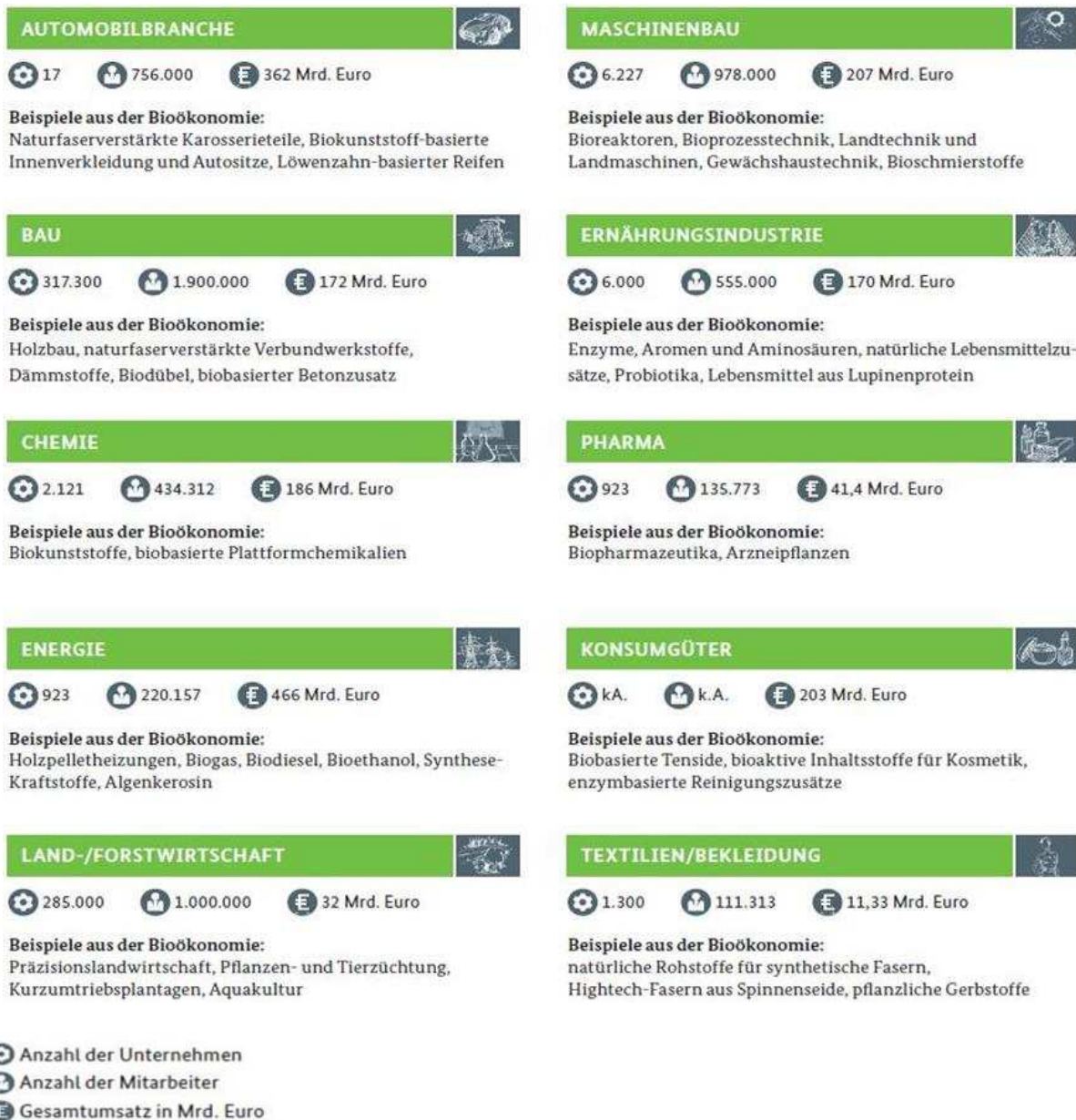


Abbildung 11: Bioökonomie in Deutschland (BMBF, 2014)

In Baden-Württemberg gibt es über 120 Einrichtungen, die sich mit bioökonomischen Themen befassen. Seit 2013 hat Baden-Württemberg eine Forschungsstrategie „Bioökonomie im System aufstellen“ gestartet. BIOPRO Baden-Württemberg GmbH hat den Auftrag, Wissenschaft und Wirtschaft in den Bereichen Bioökonomie und Biotechnologie, Pharmazeutische Industrie und Medizintechnik zu vernetzen. BIOPRO hat eine Bioökonomie – Akteursplattform eingerichtet. Außerdem hat BIOPRO ein Cluster zu Biopolymeren/Biowerkstoffen und Bioenergie: es vernetzt deutschlandweit 150 Unternehmen und 40 Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe durch fächerübergreifende Zusammenarbeit zu entwickeln. Es gibt an der Universität Hohenheim ein Bioökonomie-Forschungszentrum. Seit 2014 wird in Hohenheim der erste Bioökonomie-Studiengang in

Europa als internationales Bioökonomie-Masterstudium angeboten. In den Fraunhofer Instituten gibt es vielfältige Forschungsaktivitäten zur Bioökonomie. Die Industrie als Technologietransfer spielt auch eine wichtige Rolle in der Bioökonomie-Strategie. In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele mit Rohstoffen, Produkten, Technologien und beteiligten Unternehmen in Baden-Württemberg dargestellt. Allerdings besteht bisher keine Verwertung von häuslichen Bioabfällen einschließlich der Küchenabfälle und Grünabfälle.

Tabelle 3: Verwendungsbeispiele der Bioökonomie in Baden-Württemberg

Rohstoff	Produkt	Bioökonomie Faktor	Unternehmen
Lignin, Cellulose,	Bioplastik	Ersatz von erdölbasierten Materialien	TECNARO GmbH
Molke	Verpackungsbänder	Ersatz von erdölbasierten Materialien	MOSCA GmbH
Kork	Funktionsfuttermittel mit Korkteilchen	Nachhaltige Aquakulturen	Fischereiforschungsstelle Langenargen
Olivenblatt-Extrakt	Gerbstoff	ökologische Gerbstoffe für Lederherstellung	Wet-Green GmbH
Holz	Mikrokristalline Cellulose	Nachhaltige Naturprodukte in Pharmaindustrie	J.Rettenmaier & Söhne GmbH + Co. KG
Schafwolle	Dämm- und Trägereile	Biobasiertes Bau- und Konstruktionsmaterial	Fiber Engineering GmbH
Nachwachsende Rohstoffe	Modulhaus	Biobasierte Materialien für Aktivhaus	AH Aktiv-Haus GmbH
Fasernessel	Garn	Vielfältige Nutzung der Pflanze	Mattes & Ammann GmbH & Co. KG
Rizinusöl	Dübel	Biobasierte Materialien	fischer Deutschland Vertriebs GmbH
Holz	Tec Cell - Tencelfaser	Biobasierte Materialien	Lauffenmühle GmbH & Co.KG

3.5 Zuordnung der biologischen Reststoffe zu Verfahren und Produkten

Die nachfolgende Abbildung 12 gibt einen Überblick über die einzelnen Materialgruppen der organischen Reststoffe und ordnet diese geeigneten Verwertungstechnologien und daraus hervorgehenden Produkten zu. Bei den Biologischen Reststoffen wird zunächst zwischen lignozellulosearmen und lignozellulosereichen Materialien unterschieden, wobei die nassen und überwiegend strukturarmen Materialien (Bioabfälle und Klärschlamm) zu den lignozellulosearmen Materialien zählen und eher für die konventionelle Verwendung (Vergärung, Kompostierung und energetischen Nutzung) geeignet sind. Lignozellulosereiche Materialien, wie Grünabfälle und landwirtschaftliche Reststoffe kommen eher für eine höherwertige Verwertung in Betracht.

Bioabfälle werden bisher hauptsächlich der Vergärung oder Kompostierung zugeführt. Eine hochwertige Verwertung von Bioabfällen kann die kombinierte energetisch-stoffliche Kaskadennutzung über Vergärung und aerobe Nachbehandlung darstellen. Sie setzt sich zusammen aus einer effizienten Biogasnutzung mit Erzeugung von elektrischer Energie über ein BHKW, kombiniert mit Wärmenutzung oder einer Biogasaufbereitung zur Gasspeicherung bzw. Einspeisung ins Gasnetz. Zudem werden Qualitätskomposte erzeugt und vermarktet. Voraussetzung hierfür ist eine getrennte Sammlung der Bioabfälle mit sehr geringem Stör- und Fremdstoffgehalt. Selbstverständlich ist auf eine emissionsarme Betriebsführung bzw. eine hochwertige Abluftbehandlung zu achten.

Klärschlämme, die eine wichtige Phosphorquelle darstellen, wurden früher direkt in der Landwirtschaft genutzt. Auf Grund der Schadstoffbelastung ist dies nicht mehr möglich, stattdessen werden die Klärschlämme inzwischen nahezu vollständig verbrannt (s. Abb.1). Eine Rückgewinnung des Phosphors kann direkt aus der flüssigen Phase des Klärschlammes oder aus den Verbrennungsrückständen erfolgen.

Die Nutzung der lignozellulosearmen Materialien ist, wie hier dargestellt, als Stand der Technik zu betrachten. Bei den in Abbildung 12 aufgezeigten Möglichkeiten zur Nutzung von lignozellulosereichen Materialien sind bereits einige Verfahren auf dem Markt bzw. zur Marktreife entwickelt (s. Kap. 2.3.2). Insbesondere bei den biobasierten Grundbausteinen, also den wichtigen Grundstoffen für die chemische und pharmazeutische Industrie besteht noch ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf (Abb. 14).

Aus Sicht der Bioökonomie erscheint es notwendig, verbesserte Verfahren zur Sammlung, Trennung und Aufbereitung der verschiedenen Bioabfallfraktionen zu entwickeln. Eine bessere und möglichst sortenreine Erfassung der lignozellulosereichen Fraktionen ist für eine hochwertige Nutzung sehr wichtig. Hierzu sind verfahrenstechnische Entwicklungen notwendig, sicher aber auch verwaltungstechnische Regelungen und ggf. auch ökonomische Anreize. Nicht zu vergessen ist eine entsprechende Aufklärungsarbeit bei der abfallerzeugenden Bevölkerung und den Industrieunternehmen.

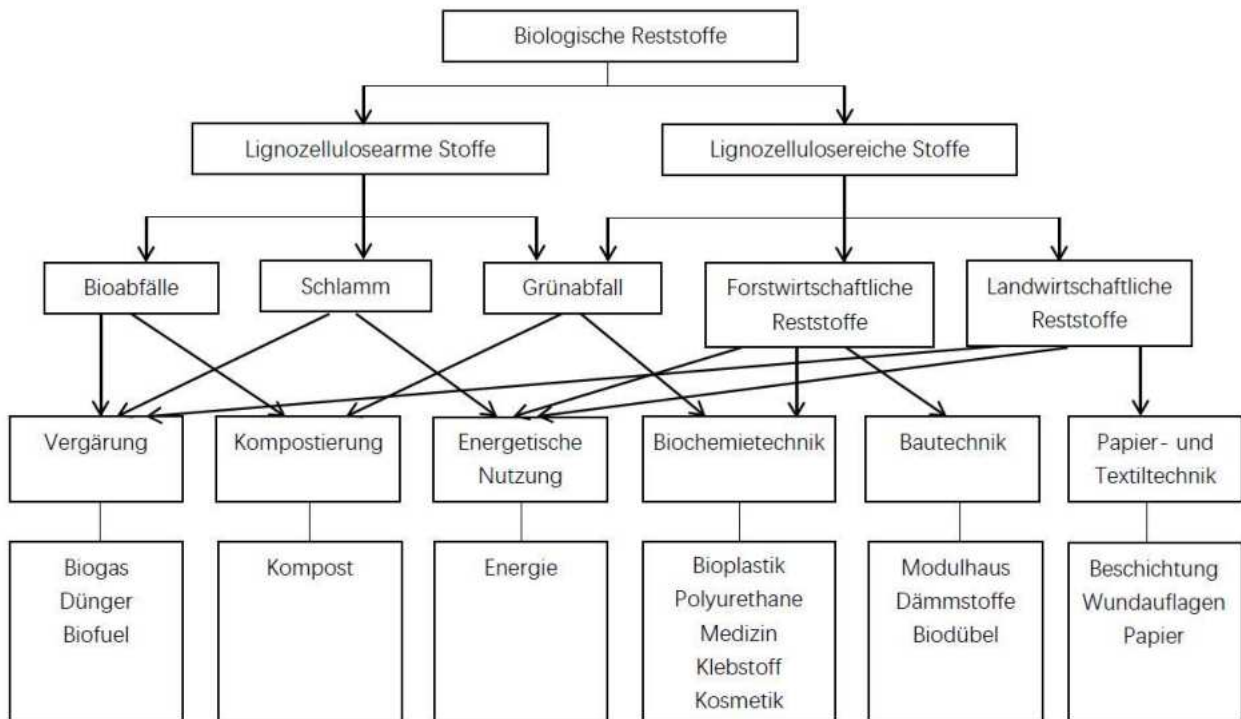


Abbildung 12: Zuordnung Material-Technik-Produkt (exemplarischer Auszug)

3.6 Steigende Nachfrage nach biobasierten Produkten

Mit steigender Nachfrage nach biobasierten Produkten wird auch die hochwertige Verwertung der biologischen Reststoffströme relevant. Entsprechend ist damit zu rechnen, dass auch die Produktionskapazitäten von biobasierten Produkten zunehmen. Die Abbildung 13 zeigt die Tendenz der Produktionskapazitäten von Biopolymeren (ohne Polyurethane) im Zeitraum von 2011 bis 2022. Die Kapazitäten von biobasierten Polymeren wachsen weiterhin um etwa 3 bis 4% pro Jahr, d. h. in etwa der gleichen Rate wie bei petrochemischen Polymeren. Der Marktanteil von biobasierten Polymeren am gesamten Polymermarkt bleibt daher konstant bei etwa 2%. The sub-category "dedicated bio-based polymers" are the new developing polymers, which has no direct counterpart from the petrochemical industry and offer new features and functionalities. The material with higher CAGR belongs to the drop-in groups, which the increasing trend was already visible in 2011 and is expected continue until 2022. Die Subkategorie „dedicated bio-based polymers“ sind die neu entwickelnde Polymere, die kein direktes Pendant aus der Petrochemie haben und neue Eigenschaften und Funktionalitäten bieten. Sie zeigen eine höhere CAGR als die Drop-in-Gruppen, ein Trend der bereits 2011 sichtbar war und sich voraussichtlich bis 2022 fortsetzen wird.

Im Jahr 2017 erreichten die weltweiten Produktionskapazitäten für biobasierte Polymere 4,6 Millionen Tonnen. Die Prognose für Biopolymere im Jahr 2022 liegt bei 5 Millionen Tonnen. (Raj Chinthapalli, 2018).

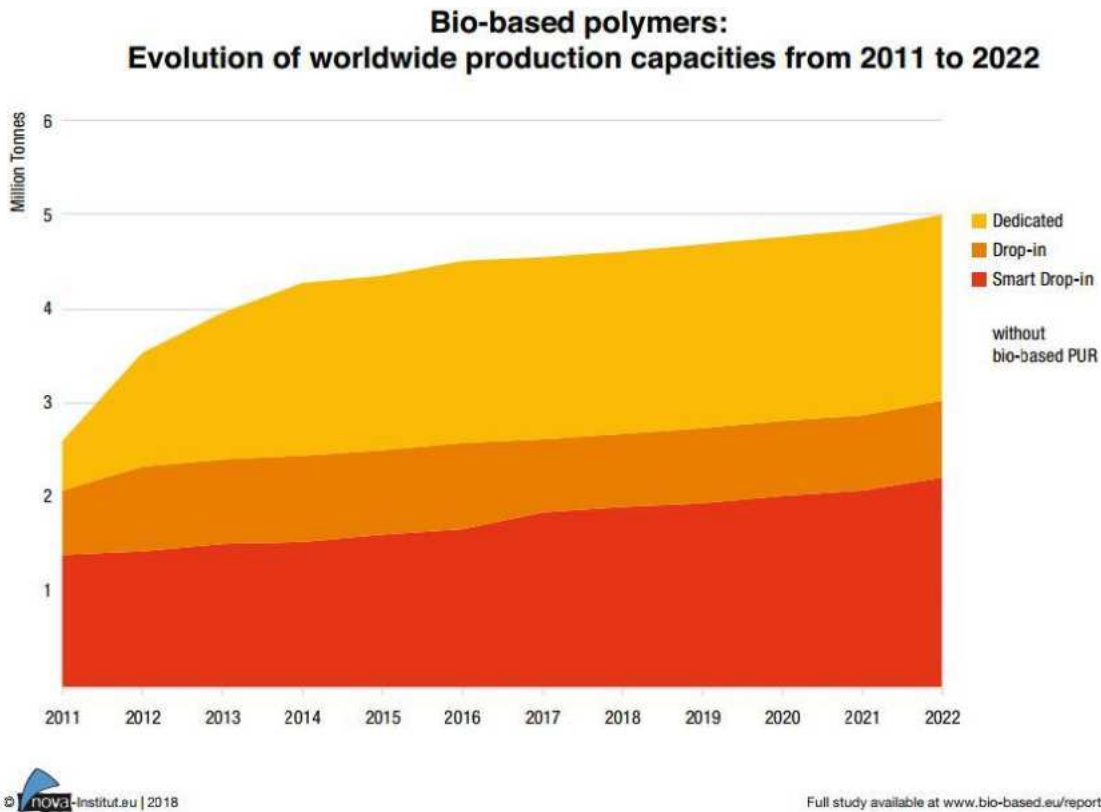


Abbildung 13: Weltweite Produktionskapazität von Biopolymeren von 2011 bis 2022 (Raj Chinthapalli, 2018)

In Abbildung 14 ist die Entwicklung der Kapazitäten für biobasierte Grundbausteine für Produkte dargestellt. Zwischen 2017 und 2022 wird eine jährliche Wachstumsrate von 5 bis 6% erwartet, die signifikant höher ist als die von biobasierten Polymeren (3 bis 4%) (Raj Chinthapalli, 2018) (s. Abb. 13). Das zeigt, dass die Nutzung der lignozellulosereichen Reststoffe für hochwertige Produkte bereits in steigendem Maße von der Industrie in Angriff genommen wurde.

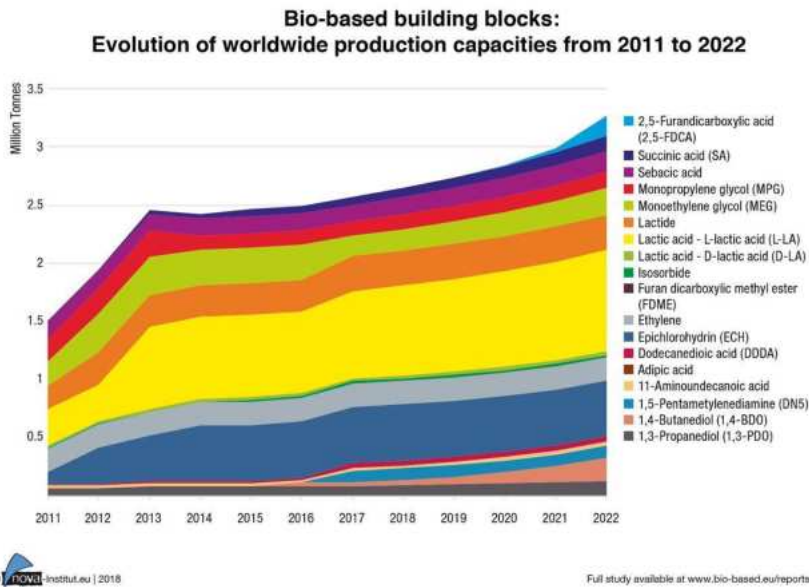
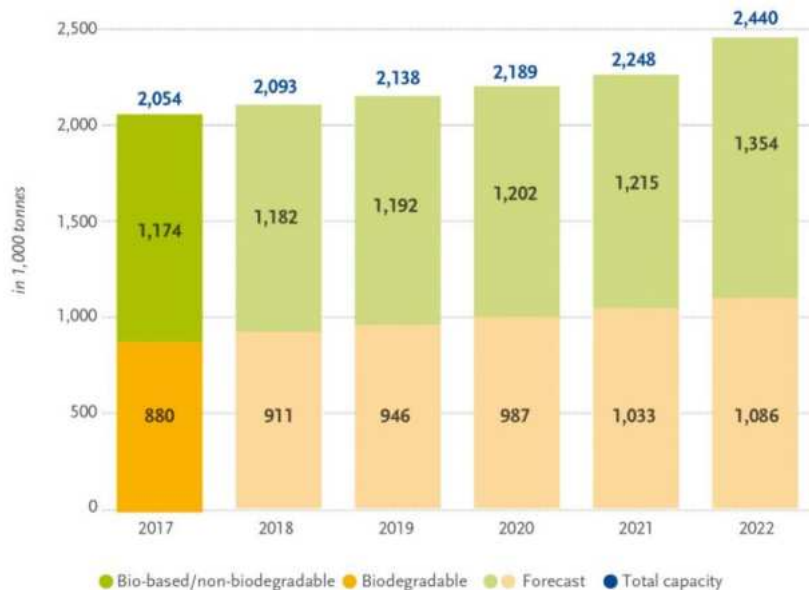


Abbildung 14: weltweite Produktionskapazität von Biobasierten Grundbausteinen (Raj Chinthapalli, 2018)

Derzeit machen Biokunststoffe etwa 1% der gesamten Kunststoffe aus. Mit steigender Nachfrage wächst der Markt kontinuierlich. Gemäß aktuellen Marktdaten von European Bioplastics in Kooperation mit nova-Institute soll die weltweite Produktionskapazität für Biokunststoffe von rund 2,05 Millionen Tonnen im Jahr 2017 auf rund 2,44 Millionen Tonnen im Jahr 2022 steigen (siehe Abbildung 15). (Bioplastics, 2017)

Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2017).
More information: www.bio-based.eu/markets and www.european-bioplastics.org/market

Abbildung 15: Weltweite Produktionskapazität von Bioplastik (Bioplastics, 2017)

3.7 Bewertung der Technologie

In der Bioökonomie stehen zahlreiche Technologien zur hochwertigen Verwendung der Reststoffströme zur Verfügung. Zur Bewertung der Technologien unter Berücksichtigung der damit verbundenen Potenziale, Chancen und Risiken sollen folgende Kriterien herangezogen werden:

- Technologiereifegrad,
- Wirtschaftlichkeit,
- Potenzial,
- Umweltparameter,
- Ökobilanzielle Betrachtung,
- Akzeptanz,
- Produktzulassung.

Mit Hilfe des Technologiereifegrads wird ausgedrückt, inwieweit ein Risiko bezüglich der Erreichung einer Serienreife der Technologiealternative besteht und ob die Technologie auch in Zukunft eine geeignete Lösung darstellen kann. Der Technologiereifegrad setzt sich aus Kriterien wie Weiterentwicklungspotential, Fertigungsfähigkeit und Zulässigkeit zusammen (Kröll, 2007).

Die Wirtschaftlichkeit bezeichnet das Verhältnis von Ertrag und Aufwand. Um eine positive Wirtschaftlichkeit zu sichern, soll entweder mit einem möglichst geringen Aufwand ein gegebener Ertrag oder mit einem gegebenen Aufwand ein möglichst großer Ertrag erreicht werden. Höherwertige Verwertung der biologischen Reststoffe hat das Ziel, das Produkt an den Markt zu bringen und eine langfristige Wirtschaftlichkeit zu schaffen.

Unter dem Indikator „Potenzial“ versteht man das Potenzial der verfügbaren biologischen Rohstoffströme, das Potenzial der Umsetzung der Technik, das Techniko Optimierungspotenzial, das Marktpotenzial und auch das Potenzial der Produktkapazität.

Bei der Umweltbewertung spielt die Ökobilanzierung bzw. eine Lebenszyklusanalyse des Produktes eine wesentliche Rolle. Als Ergebnisse können die Umweltauswirkungen wie Beitrag zum Treibhauseffekt, Energieverbrauch, die Versauerung und Eutrophierung von Böden und Gewässern, Risiken für die menschliche Gesundheit, Ressourcenverzehr, Materialschäden etc. dargestellt werden und mit anderen Technologien verglichen werden.

Akzeptanz von innovativer Technologie ist einer der wichtigsten Parameter. Das Phänomen Akzeptanz kann sich auf nahezu jeden (materiellen oder immateriellen) Gegenstand beziehen, von der Akzeptanz von Personen und Gruppen über die Akzeptanz von Politik oder Politiken, rechtlichen Regelungen oder Gerichtsentscheidungen oder Strategien des Natur-, Umwelt- oder Klimaschutzes bis hin zu Technologien und technischen Artefakten (Martina Schäfer, 2013).

Die Produktzulassung ist ein wichtiges Bewertungskriterium. Es schließt nicht nur die Zulassung des Produktvertriebs, sondern auch die Zulassung der Benutzung der Rohstoffe und die Zulassung des Produktionsprozesses ein. Dies kann die Produktsicherheit, die Produktqualität und einen standardisierten Produktionsprozess gewährleisten.

4 Fazit und Ausblick

Baden-Württemberg mit der starken Automobil- und Chemieindustrie, Forschungsinstituten und einer sehr guten Infrastruktur hat ideale Voraussetzungen, um eine Vorreiterrolle in der Bioökonomie einzunehmen. Bioökonomie spielt für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung in BW eine wesentliche Rolle. Bereits 2013 hat Baden-Württemberg eine Forschungsstrategie „Bioökonomie im System aufstellen“ vorgelegt. Bis 2020 stellt Baden-Württemberg damit rund 14 Mio. Euro für die Bioökonomieforschung zur Verfügung.

Zahlreiche Biologische Reststoffe stehen als zentrale Rohstoffquellen für eine nachhaltige Bioökonomie zur Verfügung. Laut der Abfallbilanz 2016 wurden ca. 1 Million Tonnen Grünabfälle und 535.000 Tonnen Bioabfälle gesammelt, was deutlich unter dem verfügbaren Potenzial lag. In zahlreichen innovativen Entwicklungen werden biologische Reststoffe als Rohstoffe verwendet - beispielweise in der Nahrungsmittel-, Chemie- und Pharmaindustrie, Bau- und Energiewirtschaft, Papier- und Textilindustrie etc. Davon sind Biokunststoffe, Biopolymere und Biotextilien am besten entwickelt und schon im Markt eingeführt.

Die biobasierten Produkte haben gute Zukunftsaussichten, da mit zunehmendem Umweltbewusstsein auch die Akzeptanz für die umweltverträglicheren Produkte wachsen wird. Derzeit steigt die weltweite Nachfrage nach biobasierten Produkte rasch an. Die weltweite Produktionskapazität für Biokunststoffe lag im Jahr 2010 bei rund 1 Mio. Tonnen/Jahr. In den kommenden Jahren bis 2021 wird das Potenzial auf 6 Mio. Tonnen ansteigen. Die weltweite Produktionskapazität von biobasiertem Baumaterial steigt von 120.000 Tonnen im Jahr 2011 auf voraussichtlich 480.000 Tonnen im Jahr 2022. Die Produktionskapazität von Biopolymeren verdoppelt sich bis zum Jahr 2022 voraussichtlich auf 5 Mio. Tonnen im Vergleich mit 2011.

Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Workshop mit dem Thema „hochwertige Verwendung der organischen Reststoffströme“ durchgeführt, wobei Erfahrungen und Ideen von Fachleuten und Wissenschaftlern aus dem Umweltministerium, von Unternehmen und Forschungsinstituten ausgetauscht wurden. Um die Umsetzung der neuen Biotechnologieverfahren zu unterstützen, wäre eine Verknüpfung aller relevanten Akteure, Rohstoffe und KnowHow wichtig, u.a. Abfallerzeuger, biologische Reststoffströme mit Ausweisung der jeweiligen Anfallorte, relevante Technologieanbieter, Industriefirmen,

möglicher Produkte und technische Entwicklungen sehr sinnvoll. Ein GIS Modell steht zur Verknüpfung der abfallwirtschaftlichen Daten mit den räumlichen Daten zur Verfügung.

Als nächster Schritt wird eine weitere Förderung in Form eines Forschungsprojektes angestrebt. Das bestehende Netzwerk erstellt hierfür einen Projektantrag zum Thema Quantifizierung, Lokalisierung und Bewertung der hochwertigen Verwertung von Bioreststoffen.

Ein langfristiges Ziel des Hauptprojekts ist die hochwertige Verwertung der biologischen Reststoffströme in Baden-Württemberg zu verbessern und eine leistungsstarke und nachhaltige Bioökonomie systematisch aufzubauen. Hierfür wird das bestehende Netzwerk erweitert und ausgebaut. Weitere Konferenzen und Workshops sollen durchgeführt werden, um den Know-how-Transfer und die innovative Technologieförderung zu realisieren.

5 Forschungsidee

Im Rahmen des o.g. Workshops (Agenda und Teilnehmerliste im Anhang) wurden Forschungsideen besprochen und schließlich die Inhalte für die weiteren Aktivitäten im Rahmen eines geförderten Projektes orientierend festgelegt. Diese sollen im Rahmen eines Projektantrages formuliert werden.

Das Ziel der vorgesehenen Studie ist es, eine Service-Plattform für eine nachhaltige und leistungsstarke Bioökonomie in Baden-Württemberg aufzubauen. Dafür soll zunächst ein Modell entwickelt werden, in dem die relevanten Stoffströme organischer Reststoffe mit einem räumlichen Bezug dargestellt werden. Eine weitere Aufgabe ist der Aufbau einer Internet-Plattform, die als Datenbank und Expertenkonsortium dienen soll.

In dieser öffentlichen Plattform sind wichtige Informationen und Serviceleistungen für Zielgruppen wie Unternehmen, Investoren, Politiker, Fördermittelgeber und private Kunden bereitzustellen. Diese Plattform soll wichtige Informationen wie Gesetzgebung, aktuelle Projekte, Reststoffströme, verfügbare Technologien, Expertenbibliotheken, Marktinformationen, etc. umfassen. Für Lieferanten ist es möglich, die Menge, Qualität und Anfallorte der organischen Reststoffe anzugeben und gleichzeitig die entsprechenden Verwendungsmöglichkeiten für potenzielle Abnehmer zu zeigen. Im Rahmen dieser Plattform können allgemeine Handlungsempfehlungen für Firmen bereitgestellt werden. Dies beinhaltet u.a. Informationen zu Rohstoffquellen, Ökobilanzen und Indikatoren der Bewertung. Kunden/ Abnehmer können innovative Technologien, neue Produkte, den jeweiligen Technologiereifegrad,

Kundenzufriedenheit, wirtschaftliche Bewertung, Ökobilanzierung, Potenziale etc. abrufen. Potenzielle Reststoffströme sollen visuell quantitativ und räumlich auflöst dargestellt werden und somit eine einfache und breite Anwendung in verschiedenen Ebenen der Bioökonomie in Baden-Württemberg ermöglichen (z.B. Standortsuche für Unternehmen, Beratung für private Kunden, konzeptionelle Fragestellungen für Verbände oder politische Entscheidungsträger etc.).

Folgende Abbildung stellt einen Überblick der Strukturen, Inhalte und Dienstleistungen der Plattform dar.



Abbildung 16: Strukturen, Inhalte und Dienstleistungen der Bioökonomie Plattform

6 Zusammenfassung

Die Bioökonomie spielt für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung in Baden-Württemberg eine wesentliche Rolle. Um eine nachhaltige und leistungsstarke Bioökonomie systematisch aufzubauen, müssen ausführliche Bilanzdaten der organischen Reststoffströme vorhanden sein. In dieser dreimonatigen Konzeptstudie wurde eine Übersicht über die vorhandenen Datengrundlagen, ein grobes Screening der Verfahren zur höherwertigen Weiterverarbeitung und eine Überprüfung des geeigneten Modells durchgeführt. Die notwendigen Daten über Mengen und Potenzial von Reststoff- und Abfallbiomasse liegen für Baden-Württemberg in Form umfangreicher Studien und Statistikdaten vor. Ca. 1 Million Tonnen Grünabfälle und 535.000 Tonnen Bioabfälle wurden im Jahre 2016 gesammelt, diese Menge liegt deutlich unter dem errechneten Potenzial. Neben den konventionellen Verwertungsverfahren für biologische Reststoffe wie Vergärung, Kompostierung und energischer Nutzung, stehen inzwischen viele innovative industrielle Verfahren zur Verfügung. Nahezu in allen Bereichen unseres Lebens werden diese Technologien eingesetzt: Biokunststoffe, Bio-Baumaterial, Biotextilien, Bio-Schmierstoffe etc.. Zur Verknüpfung der abfallwirtschaftlichen Daten mit den räumlichen Daten und der Modellierung der Biomassepotenziale steht das geographische Informationssystem (GIS) Modell als Basis zur Verfügung. Durch weitere Kontakte mit relevanten Stakeholdern und möglichen Kooperationspartnern werden künftig Bewertungsindikatoren und Kriterien ermittelt und außerdem ein detailliertes Forschungskonzept entwickelt. Eine Informations- und Service-Plattform mit Datenbank und Expertenkonsortium soll aufgebaut werden. Die Projektideen und -inhalte, die im Workshop gesammelt wurde, sollen als Basis für den kommenden Projektantrag dienen.

7 Veröffentlichungen

Prof. Dr. Martin Kranert, „Quantifizierung, Lokalisierung und Bewertung der Verwendungsmöglichkeiten von organischen Reststoffströmen für die Bioökonomie in Baden-Württemberg“, Statuskolloquium Umweltforschung, Vortrag, Fellbach, 20.04.2018

Prof. Dr. Martin Kranert, „Quantifizierung, Lokalisierung und Bewertung der Verwendungsmöglichkeiten von organischen Reststoffströmen für die Bioökonomie in Baden-Württemberg“, Impuls für Bioökonomie, Vortrag, Stuttgart, 18.06.2018

8 Literatur

- Bioökonomie Dübel. (2018). *Dübel*. Von Bioökonomie: <https://biooekonomie.de/produkt/duebel> abgerufen
- Bioökonomie Trinkhalm. (2018). *Trinkhalm*. Von Bioökonomie Trinkhalm: <https://biooekonomie.de/produkt/trinkhalm> abgerufen
- Bioökonomie T-shirt. (2018). *Bioökonomie T-shirt*. Von Bioökonomie T-shirt: <https://biooekonomie.de/produkt/t-shirt> abgerufen
- Bioökonomierat. (2016). *Weiterentwicklung der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“*. Abgerufen am 01.12.2018 von Weiterentwicklung der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“.
- Bioökonomierat. (2018). *was ist Bioökonomie*. Von Bioökonomierat: <http://biooekonomierat.de/biooekonomie/> abgerufen
- Bioplastics, E. (2017). *Bioplastics market data 2017, Global production capacities of bioplastics 2017-2022*. Von European Bioplastics: http://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/2017/Report_Bioplastics_Market_Data_2017.pdf abgerufen
- BMBF. (2014). *Bioökonomie in Deutschland, Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft*.
- Böhme, L. (2017). *Abschlussbericht Stoffstromanalyse der Rest- und Abfallstoffe in Baden-Württemberg (TP 100)*.
- Boldt, B. (2018). *Bio-Schmierstoffe aus Frittenfett*. Von biooekonomie: <https://biooekonomie.de/bio-schmierstoffe-aus-frittenfett> abgerufen
- Brain Biotech. (2014). *BRAIN und FUCHS Europe kooperieren auf dem Gebiet der Schmierstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*. Von Brain-Biotech: <https://www.brain-biotech.de/presse/brain-und-fuchs-europe-kooperieren-auf-dem-gebiet-der-schmierstoffe-aus-nac> abgerufen
- Brellocks, J., & Specht, M. (2013). *(Neu-) Ausrichtung der energetischen Verwertung von Biomasse und der Bioenergie-Forschung in Baden-Württemberg*.
- Bühler Group. (2018). *Insekten: nachhaltige Proteinquelle*. Von Bühler Group: <http://www.buhlergroup.com/global/de/ueber-buehler/insekten-nachhaltige-proteinquelle.htm#.Wy7aulhuYuU> abgerufen
- clariant. (2018). *Sunliquid*. Von clariant: <https://www.clariant.com/de/Business-Units/New-Businesses/Biotech-and-Biobased-Chemicals/Sunliquid> abgerufen

DIE EUROPÄISCHE KOMMISSION. (2017). VERORDNUNG (EU) 2017/893 DER KOMMISSION, vom 24. Mai 2017. DIE EUROPÄISCHE KOMMISSION.

Haas, L. (2014). *Insekten als Viehfutter*. Von Deutschlandfunk:
http://www.deutschlandfunk.de/landwirtschaft-insekten-als-viehfutter.676.de.html?dram:article_id=285844 abgerufen

Hoffmann, M. (2012). *Abfalltechnische Erweiterung von Bioabfallbehandlungsanlagen für die Herstellung biobasierter Produkte*. Darmstadt: Institut IWAR der TU Darmstadt.

Kröll, M. (2007). *Methode zur Technologiebewertung für eine ergebnisorientierte Produktentwicklung*. Stuttgart.

Maack, J., Lingenfelder, M., Smaltschinski, T., Jaeger, D., & Koch, B. (2017). *Exploring the Regional Potential of Lignocellulosic Biomass for an Emerging Bio-Based Economy: A Case Study from Southwest Germany*.

Martina Schäfer, D. K. (2013). *Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung*. Berlin: Zentrum Technik und Gesellschaft .

Meixner, O. M. (2018). *Die Akzeptanz von Insekten in der Ernährung, Eine Studie zur Vermarktung von Insekten als Lebensmittel aus Konsumentensicht*. Springer Gabler.

P. Deutschmann, J. H. (1994). *Verpackungsmaterial und Schmierstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.

Raj Chinthapalli, M. C. (2018). *Bio-based Building Blocks and Polymers – Global Capacities and Trends 2017-2022*. Von Bio-Based Economy: www.bio-based.eu/reports abgerufen

Scafefabrics. (2018). *Scafefabrics*. Von Scafefabrics: <http://www.scafefabrics.com/en-global#> abgerufen

Tecnaro GmbH. (2018). *arboblendr-arbofillr-arboform*. Von Tecnaro: <http://tecnaro.de/arboblendr-arbofillr-arboformr.html> abgerufen

UMBW. (2017). *Abfallbilanz 2016*.

9 Anhang

Teilnehmerliste des Workshops am 7.3.2018

Titel	Vorname	Name	Institution
Dr.	Gerold	Hafner	ISWA, Universität Stuttgart
	Jingjing	Huang	ISWA, Universität Stuttgart
	Andreas	Sihler	ISWA, Universität Stuttgart
	Anna	Fritzsche	ISWA, Universität Stuttgart
	Detlef	Clauss	ISWA, Universität Stuttgart
	Michael	Stein	Biopro
Dr.	Alice	Schneider	Umweltministerium
	Martin	Kneisel	Umweltministerium
	Laura	Rothe	LUBW, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
	Marlies	Härdtlein	IER, Universität Stuttgart
	Ulrich	Bierbaum	Susteen Technologies GmbH
	Kirsten	Katz	Katz Biotech AG
Dr.	Tilo	Schmid-Sehl	RenEnergy Crossborder
	Frank	Pickenhagen	Hauke Erden GmbH
	Annette	Weidtmann	Universität Hohenheim
	Brigitte	Kempter-Regel	Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Agenda des Workshops

Bei der Konzeptstudie QLP geht es um Möglichkeiten für die Quantifizierung, Lokalisierung und Bewertung von stofflichen Verwertungsmöglichkeiten organischer Reststoffe für die Bioökonomie in Baden-Württemberg. Für ein im Anschluss an die Konzeptstudie geplantes Forschungsprojekt werden mögliche Partner für ein Konsortium gesucht. Der Workshop soll Interessierte und evtl. spätere Partner schon frühzeitig zusammenbringen.

Um eine leistungsstarke Bioökonomie systematisch aufbauen und in einer Landesstrategie „Nachhaltige Bioökonomie“ gebündelt koordinieren zu können, müssen umfangreiche Bilanzdaten zu möglichen nutzbaren biogenen Rohstoffen vorhanden sein. Biogene Reststoffe und Bioabfälle können einen wesentlichen Beitrag als Rohstoffquelle für bioökonomische Produkte leisten.

In diesem Workshop sollen folgende Aspekte und Forschungsansätze diskutiert werden:

- Stoffströme für eine höherwertige Nutzung im bioökonomischem Kontext
- Notwendige Ausgangsdaten für die räumlichen Bilanzierung und Analyse
- Aufbau eines räumlichen Modells (z. B. GIS)
- Bestimmung von Eigenschaften und Inhaltstoffen der relevanten Reststoffe
- Identifizierung von Indikatoren und Bewertungskriterien
- Bewertung von Technologien zur höherwertigen Verwertung

Tagesordnung:

- Vorstellungsrunde (alle)
- Kurze Vorstellung der Konzeptstudie QLB (Dr.-Ing. Gerold Hafner)
- Diskussion (Datengrundlagen, Modell, Bewertungskriterien etc.) (alle)
- Sammlung von Projektideen für ein mögliches Anschlussprojekt (evtl. Bildung eines Konsortiums) (alle)
- Zusammenfassung der Ergebnisse des Workshops (Dipl.-Ing. Gerold Hafner)

Zeit und Ort:

07.03.2018, um 10.00 - 12.00 Uhr

Besprechungsraum 0.018

Bandtäle 2

Institut für Siedlungswasserbau-, Wassergüte und Abfallwirtschaft

70569 Stuttgart