

Antrag

der Fraktion GRÜNE

und

Stellungnahme

des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

Bioökonomie – nachhaltige Wirtschaftsform der Zukunft

Antrag

Der Landtag wolle beschließen,
die Landesregierung zu ersuchen
zu berichten,

1. was die Landesregierung unter „nachhaltiger“ Bioökonomie versteht und wie sie den Nachhaltigkeitsaspekt in den von ihr geförderten Projekten umsetzt;
2. welche Entwicklungs- und Anwendungsgebiete bioökonomischer Verfahren in Baden-Württemberg seit wann und mit welchen Ergebnissen erforscht bzw. umgesetzt werden;
3. welche innovativen bioökonomischen Ansätze im Bereich Landnutzungs- und Ernährungssysteme der Zukunft erforscht und umgesetzt werden respektive welche Verfahren hier als herausragend zu benennen sind;
4. welche holzbasierten Bioökonomie-Wertschöpfungsketten im Land entwickelt wurden unter Nennung des Anteils der waldbaulichen Rohstoffe, die bereits in der Bioökonomie eingesetzt werden (in Prozent);
5. welche innovativen bioökonomischen Ansätze baden-württembergische Unternehmen in den Bereichen Verpackungsmaterialien, Faser- und Verbundstoffe sowie Baustoffe bereits verfolgen unter Nennung besonders herausragender Verfahren;
6. welchen Stellenwert die Nutzung von Nebenprodukten und Reststoffen in der Bioökonomiestrategie einnimmt unter Darlegung, welche Bedeutung sie der Rückgewinnung von Rohstoffen beimisst;

7. ob und wenn ja in welcher Größenordnung welche mittel- und langfristigen Auswirkungen auf die Flächennutzungen in der Landwirtschaft durch ein Anwachsen biobasierter Stoffströme in den kommenden Jahren zu erwarten sind (z. B. durch Anbau von Kulturen wie Hanf oder Flachs oder durch Verwertung von Stroh und anderen Reststoffen);
8. an welchen Hochschulen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen das Thema Bioökonomie in besonderer Weise bearbeitet bzw. erforscht wird und wie das Potenzial der Bioökonomie im Hinblick auf Innovationen und Zukunftstechnologien bewertet wird;
9. durch welche Programme, Wettbewerbe und sonstigen Maßnahmen die Landesregierung die Bioökonomie fördert, welche weiteren Unterstützungsmaßnahmen das Land darüber hinaus derzeit erarbeitet und wann diese bereitgestellt werden;
10. welche Fördermaßnahmen von Bund und EU die Landesregierung für baden-württembergische Unternehmen derzeit beansprucht bzw. künftig beanspruchen wird;
11. wie die Aktivitäten und Fördermöglichkeiten des Landes Baden-Württemberg im EU-weiten Vergleich zu bewerten sind unter Darlegung, welche Kooperationen es hierbei auf Forschungsebene innerhalb der EU gibt und welche Unterstützung zur Implementierung erfolgreicher Produktentwicklungen in die gewerbliche Breitenanwendung vonseiten des Landes noch benötigt wird;
12. inwiefern die Bioökonomiestrategie des Landes durch ein Monitoring begleitet wird unter Nennung der Bewertungsparameter;
13. welchen ökonomischen Beitrag die Bioökonomie zur Einsparung fossiler Energien und CO₂-Emissionen bereits jetzt leistet bzw. bis 2030 leisten kann unter Darlegung, welche weiteren ökologischen Potenziale sie bietet, mit welchen künftigen Entwicklungen zu rechnen ist und welchen Beitrag sie der Bioökonomie zur Erreichung der Klimaschutzziele des Landes beibringt;
14. inwiefern der Wirtschaftssektor Bioökonomie die Resilienz, Wettbewerbsfähigkeit und Weltmarkt-Unabhängigkeit Baden-Württembergs stärkt unter Nennung der arbeitsmarktpolitischen Potenziale, die der verstärkte Einsatz bioökonomischer Verfahren für die heimische Wirtschaft bietet;
15. ob und wenn ja wie die Bioökonomiestrategie des Landes weiterentwickelt werden soll.

29.3.2023

Andreas Schwarz, Behrens
und Fraktion

Begründung

Klimaschutz und Ressourcenknappheit fordern uns heraus. Viele Alltagsprodukte und Wirtschaftsgüter basieren auf fossilen Rohstoffen und schaden dem Klima. Auch globale Hemmnisse, durchreißende Lieferketten, Pandemien und militärische Konflikte erfordern die Transformation der Produktionsweisen hin zum verstärkten Auf- und Ausbau der Bioökonomie.

Eine klimaneutrale und zukunftsgerichtete Wirtschaftsweise bedeutet, weitestgehend auf fossile Kohlenstoffe zu verzichten. Die Bioökonomie bietet hierbei zahlreiche Möglichkeiten zur Nutzung von Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen und Reststoffen in den Sektoren Textilien, Treibstoff, Bau- und Werkstoffe sowie Verpackungen. Notwendig sind ganzheitliche Lösungen, um unseren Planeten nicht über seine Grenzen hinaus zu belasten. Leitbild muss das in der Natur seit Jahrtausenden bewährte Prinzip geschlossener Kreisläufe sein. Nur durch Mehrfach- und Kaskadennutzung sowie eine geringe Zufuhr neuer Rohstoffe lassen sich auf Dauer die Naturgüter Trinkwasser, Boden, Luft und Biodiversität erhalten.

Ziel des Antrags ist es, den Entwicklungsstand der Bioökonomie in Baden-Württemberg zu erfragen und weitere Entwicklungschancen mittels Forschung und Förderung herauszuarbeiten.

Stellungnahme

Mit Schreiben vom 15. Mai 2023 Nr. UM2-0141.5-32/29/3 nimmt das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium für Finanzen, dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus und dem Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zu dem Antrag wie folgt Stellung:

*Der Landtag wolle beschließen,
die Landesregierung zu ersuchen
zu berichten,*

1. was die Landesregierung unter „nachhaltiger“ Bioökonomie versteht und wie sie den Nachhaltigkeitsaspekt in den von ihr geförderten Projekten umsetzt;

Bioökonomie als Systemansatz wird seitens der Landesregierung als „eine Wirtschaftsweise verstanden, die durch die wissenschaftsbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Prinzipien Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitstellt“. Neben Pflanzen als klassische „nachwachsende Rohstoffe“ bezieht die Bioökonomie auch andere „biologische Ressourcen“ und damit auch Lebewesen wie Tiere, Pilze und Mikroorganismen (Biotechnologie) oder Teile davon mit ein. Sie berücksichtigt funktionale Aspekte der Biologie wie Stoffwechsellleistungen (z. B. CO₂-Bindung), biologische Systeme und weitere Systemfunktionen (z. B. Ökosystemdienstleistungen, Symbiosen). Auch biologisches Wissen, Systemverständnis sowie die Verknüpfung von Biologie mit Technik und IT werden als Bioökonomie verstanden.

Unter „Nachhaltiger Bioökonomie“ versteht die Landesregierung die Ansätze der Bioökonomie, die einen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der Landesregierung bzw. den Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen leisten.

Damit ist die nachhaltige Bioökonomie mehr als eine Substitutionsstrategie für fossile Rohstoffe. Eine nachhaltige Bioökonomie zielt vielmehr auf ein intelligentes Management von biologischen Ressourcen, Wissen in Form von Lösungsansätzen z. B. für Klima- und Umweltschutz, Stoffströme zur Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Materialien und industriellen Rohstoffen sowie auf innovative bioökonomischen Technologien bzw. systemsteuernde Nutzung ab. Die Stoffströme sind nach Vorbildern der Natur dabei möglichst kreislauforientiert ausgerichtet.

Die beteiligten Ministerien haben hierzu dezidierte Förderprogramme und Wettbewerbe für die Umsetzung der Landesstrategie aufgesetzt, in denen unter anderem Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen Baden-Württembergs als Auswahlkriterien bei der Projektauswahl dienen und in denen die Nachhaltigkeitsbewertung sowie die Treibhausgasreduktion neuer Wertschöpfungsketten eine wichtige Rolle spielen.

Die Nachhaltigkeitsbewertung bioökonomischer Wertschöpfungsketten wird darüber hinaus in Informations- und Weiterbildungsmaßnahmen adressiert, um die handelnden Akteure sowie die Bürgerinnen und Bürger für das Thema zu sensibilisieren und entsprechend zu beraten. Weitere Infos finden sich unter: <https://biooekonomie.baden-wuerttemberg.de>.

2. welche Entwicklungs- und Anwendungsgebiete bioökonomischer Verfahren in Baden-Württemberg seit wann und mit welchen Ergebnissen erforscht bzw. umgesetzt werden;

Bereits in den Jahren 2012/2013 wurden die vielfältigen Aktivitäten der baden-württembergischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen in diesem breit definierten Bereich zum ersten Mal unter dem Begriff „Bioökonomie“ bei der Ausarbeitung der Forschungsstrategie „Bioökonomie im System aufstellen“ zusammenfassend betrachtet. Im Rahmen des zur Umsetzung der Forschungsstrategie aufgelegten „Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg“ (2014 bis 2020, insgesamt 13,8 Millionen Euro) unterstützte das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst drei interdisziplinär aufgestellte Forschungsverbände:

- Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas in Baden-Württemberg
- Lignozellulose – Wechsel zu einer alternativen Rohstoffplattform für neue Materialien und Produkte
- Integrierte Nutzung von Mikroalgen für die Ernährung

Diese und weitere Anwendungsgebiete in der Bioökonomie wurden aber bereits zuvor, teilweise seit Jahrzehnten, an den baden-württembergischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen bearbeitet und werden seit dem Auslaufen des Forschungsprogramms im Rahmen der Landes-, Bundes- und EU-Förderung, u. a. im Zusammenhang mit der Umsetzung der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie, nach wie vor beforscht oder befinden sich in der Anwendungserprobung. Mit seiner Ausrichtung auf die inter- und transdisziplinäre Forschung sowie die standortübergreifende Zusammenarbeit hat das Forschungsprogramm dabei wichtige Grundlagen für die erfolgreiche Bearbeitung von Forschungsfragen im Themenfeld Bioökonomie gelegt. So besteht beispielsweise seit der Förderung im Rahmen des Forschungsprogramms ein fruchtbarer Kooperationsvertrag zwischen dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der Universität Hohenheim zur Entwicklung von Bioraffinerie-Konzepten.

Die Forschungsaktivitäten der baden-württembergischen Hochschulen sind dabei so umfangreich, dass eine abschließende Übersicht über alle in Baden-Württemberg beforschten bioökonomischen Themen nicht möglich ist. In *Anlage 1* finden sich Beispiele für aktuell bearbeitete Themen an den Hochschulen im Land, die zeigen, wie vielfältig die Forschungslandschaft in Baden-Württemberg hier aufgestellt ist.

Im Bereich der außeruniversitären Forschung zur Bioökonomie nehmen verschiedene Fraunhofer-Institute im Land eine wichtige Rolle ein (vgl. auch Drucksache 17/4372). Beispielsweise setzt das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart bereits seit vielen Jahren einen Schwerpunkt in der Verbindung von „Biologie und Technik“ bei der Entwicklung von Verfahren, Technologien und Produkten für Gesundheit, Nachhaltige Chemie sowie Umwelt und Klimaschutz. Beim Fraunhofer IGB liegt auch die Sprecherrolle des „Strategischen Forschungsfelds Bioökonomie“ sowie der Vorsitz des Fraunhofer-Verbunds „Ressourcentechnologien und Bioökonomie“.

Mit der Umsetzung der LSNB durch die federführenden Ministerien für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft sowie Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz werden seit 2020 vornehmlich Projekte der anwendungsorientierten Forschung sowie die Verbindung von Entwicklern und Anwendern in Netzwerken und Clustern gefördert. Arbeitsschwerpunkte sind beispielsweise:

- Baden-Württemberg mit seinen starken Branchen im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus ist auf eine sichere Versorgung mit Rohstoffen angewiesen. Dieser Rohstoffbedarf wird gegenwärtig noch zu einem großen Teil über Importe gedeckt. Aus Abfall-, Abwasser- und staubhaltigen Abluftströmen können wertvolle Rohstoffe auch mit biotechnologischen Verfahren extrahiert, und dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt werden. Urban Biomining, also die Rückgewinnung von Stoffen aus Reststoffströmen wie zum Beispiel Elektroschrott, kann einen Beitrag zur Versorgung der Wirtschaft in Baden-Württemberg mit wichtigen Rohstoffen und zur Schließung von Stoffkreisläufen leisten und somit helfen die Importabhängigkeit zu reduzieren. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft förderte zum Thema Biomining 2021 eine Technologie- und Marktstudie sowie eine Potenzialanalyse mit dem Ziel Rahmenbedingungen aufzuzeigen, die für eine Etablierung von Biomining-Technologien am Markt notwendig sind.
- CO₂-Emissionen tragen maßgeblich zum Klimawandel bei, ihre vollständige Vermeidung beziehungsweise eine weitestgehende Reduktion hat daher höchste Priorität. Gleichzeitig besteht in der Industrie ein Bedarf an Kohlenstoffverbindungen als Grundbaustein, beispielsweise für Verpackungen und Chemikalien. Biotechnologisches CO₂-Recycling (CCU_{BIO}) kann dazu beitragen, den Kohlenstoffkreislauf zu schließen, bevor das CO₂ in die Atmosphäre gelangt. Dabei wird das CO₂, im Gegensatz zum Carbon Capture and Storage (CCS), nach der Abscheidung nicht eingelagert, sondern mithilfe biotechnologischer Verfahren wieder zu neuen Produkten verarbeitet und auf diese Weise als Wertstoff im Wirtschaftskreislauf gehalten. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft unterstützt die Entwicklung von CCU_{BIO}-Verfahren seit 2020 über die Förderung einer Technologie- und Marktstudie, einer Machbarkeitsstudie (2021) und seit 2021 mit einer Laufzeit bis Ende 2024 über die Förderung des Innovation Hub CCU_{BIO}, bei dem gemeinsam mit Akteuren aus Forschung, Industrie und öffentlichen Institutionen ein Innovationsschwerpunkt zum biotechnologischen CO₂-Recycling aufgebaut wird.
- Neue Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen gewinnen aufgrund ihrer funktionalen Eigenschaften und ökologischen Vorteile z. B. in Verpackungen, (funktionalen) Textilien, im (Leicht-)Bau und in vielen anderen Anwendungen an Bedeutung. Sie können aus Reststoffen und Nebenströmen erzeugt werden, aber auch neuen klima- und umweltverträglichen oder klimaresilienten Anbausystemen und Kulturen in Baden-Württemberg einen Wert geben. So kann die stoffliche Nutzung von Buchenholz und anderen Laubhölzern in neuen Materialien den notwendigen Umbau der heimischen Forstwirtschaft stärken. Der umweltverträgliche Anbau von Spezialkulturen für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen bietet zudem eine Chance für die Diversifizierung der Landwirtschaft.
- Biobasierte Materialien, die in langlebigen Produkten verarbeitet sind (z. B. im Bauwesen). Sie binden CO₂ über längere Zeiträume und tragen damit zum Klimaschutz bei. Zudem können sie Prozesse mit hohen CO₂-Emissionen zum Teil ersetzen. Daher sind langlebige und rezyklierbare biobasierte Materialien im Fokus dieser Entwicklungen.
- Die Materialentwicklung aus nachwachsenden Rohstoffen sowie die Textilchemie haben in Baden-Württemberg Tradition – führende Unternehmen und Forschungsinstitutionen sind in Baden-Württemberg angesiedelt. Der Themenbereich wurde vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst im Rahmen des Forschungsprogramms von 2014 bis 2020 gefördert und wird vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz im Rahmen der Förderprogramme der LSNB weiter vorangebracht. Bei den Förderprogrammen gehört der Themenbereich mit Abstand zu den am meisten nach-

gefragten Schwerpunktbereichen. Zur Vernetzung der in diesem Gebiet aktiven Akteure wurde eine Clusterinitiative an der Technologieregion Karlsruhe und eine Bildungsinitiative an der Hochschule Biberach gefördert. Auch die Allianz Faserbasierte Werkstoffe e. V. (AFBW) greift den Themenbereich auf und erstellt eine Wissensplattform zur Anwendung von Naturfasern. Zur Darstellung erfolgreicher, in Baden-Württemberg entwickelter Verfahren wird auf die Stellungnahme zu den Fragen 4 und 7 verwiesen.

- Produkt- und Prozessinnovationen entlang der Lebensmittelwertschöpfungskette führen dazu, dass Nebenströme konsequent genutzt und Abfälle möglichst vermieden werden. Der Einsatz moderner Konversionstechnologien ermöglicht es, wertgebende Stoffe aus Nebenströmen zu gewinnen bzw. sie in funktionale Lebensmittel- und Futterbestandteile umzuwandeln. Hinzu kommt die Etablierung neuer innovativer Produktionssysteme für Lebens- und Futtermittel, die die traditionelle Produktion ergänzen und unter Frage 3 genauer beschrieben werden. Ein wichtiger Schwerpunkt ist dabei die nachhaltige Versorgung von Mensch und Tier mit regional produzierten Proteinen. Er wurde im Rahmen des Forschungsprogramms Bioökonomie mit einem Fokus auf Mikroalgen behandelt. Das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz fördert aktuell verschiedene Innovationsansätze unter Einsatz von pflanzlichen Proteinen (Hanf, Eiweißpflanzen, Grünland, Hefen, Mikroalgen, Zellkulturen und Insekten). Zur Etablierung gesunder, nachhaltiger und klimafreundlicher Ernährungsstrategien gehört auch die Betrachtung der Wechselwirkungen auf Mensch, Umwelt und Klima.
- Die bestehende Biogasanlagenstruktur und die aktuelle Entwicklung im Bereich der Konversionstechnologien bietet eine große Chance für die Entwicklung von Biogasanlagen zu modernen Bioraffinerien, die die Produktion von Rohstoffen für die stoffliche Nutzung (Plattformchemikalien, Fasern) sowie die flexible Erzeugung erneuerbarer Energie (Biogas, Bio-Methan) unter Rückführung der Nährstoffe in die landwirtschaftlichen Nährstoffkreisläufe ermöglichen. Mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Strombereitstellung wird die bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom für die Netzstabilität zunehmend wichtig. Die Bioenergie kann hier durch die flexible und planbare Bereitstellung von Strom einen Beitrag leisten. Darüber hinaus kann zu Bio-Methan aufbereitetes Biogas in bestimmten Anwendungsbereichen als erneuerbare Kohlenstoffquelle für die Industrie und als Energieträger fungieren. Forschung und Entwicklung zu Biogasanlagen wurde in Baden-Württemberg im Rahmen der Bioenergieforschungsplattform seit dem Jahr 2006 vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz gefördert. Dazu gehörte auch der Aufbau einer Forschungsbiogasanlage am Unteren Lindenhof, der Versuchsstation der Universität Hohenheim. Der Schwerpunkt wurde von 2014 bis 2020 im Forschungsprogramm Bioökonomie des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst weitergeführt. Aktuell wird im Rahmen der Bioökonomie-Förderprogramme des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz an der Implementierung neuer Wertschöpfungsketten zur Erweiterung des Substrat- und Produktspektrums von Biogasanlagen gearbeitet. Beispiele sind die Implementierung der Aufbereitung von Biogas zu Bio-Methan, mit der Möglichkeit Bio-Compressed Natural Gas (CNG) und Bio-Liquefied Natural Gas (LNG) für den öffentlichen Nahverkehr im ländlichen Raum bereitzustellen. Ein erstes Verbundvorhaben (Neobus) wurde über das „Bioökonomie Innovations- und Investitionsprogramm für den ländlichen Raum (BIPL-BW)“ gefördert.
- Die nachhaltige land- und forstwirtschaftliche Produktion bildet eine primäre Rohstoffbasis für die Bioökonomie. Die begrenzten Ressourcen müssen dabei intelligent bewirtschaftet werden, um den Bedürfnissen der Gesellschaft gerecht zu werden, ohne die Ökosysteme zu belasten oder den Wasserhaushalt und die Biodiversität zu gefährden. Nicht zuletzt können land- und forstwirtschaftliche Produktionssysteme als CO₂-Senken zum Klimaschutz beitragen. Somit wird unter dem Schwerpunkt „Landnutzungssysteme der Zukunft“ an der Weiterentwicklung unter Einbeziehung moderner Schlüsseltechnologien gearbeitet. Unterstützt werden zum Beispiel innovative Lösungen für den Pflanzenschutz (z. B. biobasierte biologisch abbaubare Barrieren, biologische Wirk-

stoffe) und die Diversifizierung des Kulturartenspektrums (u. a. Eiweißpflanzen, Hanf, Flachs, Lavendel, Brennnessel, Durchwachsene Silphie) sowie Entwicklungsvorhaben zur besseren Bewertung von Landnutzungssystemen im Hinblick auf Biodiversität, Klimaschutz, biophysikalische Parameter und Ökonomie in integrierten Ansätzen.

3. welche innovativen bioökonomischen Ansätze im Bereich Landnutzungs- und Ernährungssysteme der Zukunft erforscht und umgesetzt werden respektive welche Verfahren hier als herausragend zu benennen sind;

Unter dem Stichwort „Landnutzungssysteme der Zukunft“ werden verschiedene technologische Entwicklungen zusammengefasst, die zur effizienten Bereitstellung von Biomasse unter den Gesichtspunkten der Ressourceneffizienz, des Arten- und des Klimaschutzes beitragen sowie neue Schlüsseltechnologien in die Landwirtschaft integrieren. Nachhaltige und klimaschonende Ernährungssysteme der Zukunft werden benötigt, um eine ausgewogene Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung sicherstellen zu können. Eine stabile regionale Produktion trägt dabei zur Resilienz des Ernährungssystems bei. Dabei können neue Ansätze die traditionelle Lebensmittelproduktion ergänzen.

Ein vielversprechender Ansatz zur Steigerung der Flächeneffizienz bzw. zur Nutzung von Synergieeffekten mit der Energieproduktion ist die Agri-PV-Technologie. Dabei kann auf derselben Fläche landwirtschaftliche Produktion stattfinden und gleichzeitig Strom aus Photovoltaik-Anlagen erzeugt werden. Für Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen werden derzeit etwa 1,2 Hektar je Megawatt installierter Leistung in Anspruch genommen. Agri-PV-Anlagen, die eine gleichzeitige landwirtschaftliche Nutzung ermöglichen, schränken die landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Fläche lediglich um bis zu 15 Prozent ein (vgl. Drucksache 17/2492).

Mit dem Projekt „Modellregion Agri-PV BaWü“ fördert die Landesregierung mehrere Agri-PV Forschungs- und Praxisstandorte mit einem Schwerpunkt auf Kernobst- und Beerenanbau, aber auch anderen Alternativen kombinierter Nutzungsformen.

In der landwirtschaftlichen Produktion kann zudem der Einsatz von biobasierten Nähr- und Wirkstoffen zu einer effizienteren Flächennutzung und zur Begrenzung der Umwelteinflüsse beitragen. Beispiele sind der gezielte Einsatz von geeigneten Mikroorganismen wie Knöllchenbakterien zur Versorgung mit Stickstoff, der Einsatz von biologischen Wirkstoffen zur Pflanzenstärkung, um den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln zu vermindern. Ein neues Entwicklungsfeld wird in der spezifischen und gezielten Schädlingskontrolle durch RNA-Interferenzbasierte Wirkstoffe, die im Projekt „SafeBugBeads“ an der Universität Hohenheim vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz gefördert wird, gesehen.

Eine wichtige Säule für die nachhaltige Proteinversorgung sind alternative Kulturpflanzen und deren proteinhaltigen Bestandteile. Beispiele für neue, im Rahmen der LSNB geförderte, pflanzenbasierte Wertschöpfungsketten sind alternative Lebensmittel zu Fleisch aus Hanfprotein (durch das Start-up Signature Products aus Pforzheim) sowie der Anbau und die Verwertung von Kichererbsen in der Region Hohenlohe-Franken durch ein Konsortium unter Leitung der LBV Schrozberg. Flankierend werden im Rahmen einer Fachinitiative zu pflanzlichen Proteinen unter Leitung der Universität Hohenheim und der Eiweißpflanzenstrategie des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz die Potenziale zum Anbau von Hülsenfrüchten und anderen proteinreichen Pflanzen in Baden-Württemberg aufbereitet und weiter erforscht.

An der Universität Hohenheim wird an der Aufbereitung von Grünlandaufwüchsen in einer grünen Bioraffinerie gearbeitet (Projekt ProGrün), um Proteine aus Grünland als Futtermittel und Ersatz für Import-Soja zukünftig auch für Monogastrier verfügbar zu machen.

Technische kontrollierte Systeme zur Aufzucht von Pflanzen (wie Vertical Farming [auf mehreren Ebenen], Indoor Farming [mit künstlichem Licht] oder CEA [Controlled Environmental Agriculture]) können bei bestimmten Kulturen die Flächen- und Ressourceneffizienz steigern (vgl. auch Drucksache 17/2524). Die Bandbreite der technischen Einrichtungen bzw. Kulturverfahren ist dabei groß und unterscheidet sich sehr. Grundsätzlich können durch intelligente Steuerungselemente die zunehmend knappen Ressourcen, wie Wasser und Nährstoffe, bedarfsgerechter eingesetzt werden. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist in geschlossenen Anbausystemen weitestgehend entbehrlich. Es werden jedoch zum Teil große Mengen Energie z. B. für die Beleuchtung und Bewässerung benötigt und der größere Aufwand zur Errichtung des technischen Equipments muss berücksichtigt werden. Daher sind insbesondere bei Kulturen mit besonderen Ansprüchen bzw. zur Deckung der Nachfrage außerhalb der regulären Vegetationsperiode Vorteile zu erwarten. Einige Start-ups aus Baden-Württemberg sind hier aktiv, so wurde beispielsweise das Start-up Kleinblatt für ein Anzuchtssystem von Sprossen und Pilzen mit dem Innovationspreis Bioökonomie BW ausgezeichnet.

Darüber hinaus kommen Zellkultursysteme zur Anzucht von pflanzlichen und tierischen Zellen und Mikroorganismen in Bioreaktoren infrage, um bestimmte Rohstoffe für die Lebensmittelwirtschaft zu erzeugen. Solche zellulären Systeme können auch dafür eingesetzt werden, Nebenprodukte aus der landwirtschaftlichen Produktion oder aus der Lebensmittelwirtschaft zu veredeln (z. B. mikrobielle Aminosäureproduktion) und damit ressourceneffizienter zu arbeiten. So nutzt beispielsweise das Start-up ProteinDistillery aus Esslingen Nebenprodukte aus dem Brauereiprozess zur Gewinnung von hochwertigen Proteinen für den Einsatz im Lebensmittelbereich. Ein Projekt unter Federführung der Universität Hohenheim beschäftigt sich mit dem Einsatz von Mikroalgen für die Ernährung. Mikroalgen eignen sich als Einzeller für die Produktion in geschlossenen, durchmischten Systemen und sie verfügen über ein interessantes Spektrum an Proteinen und Lipiden (u. a. Omega 3-Fettsäuren). Eine viel beachtete Zukunftstechnologie ist die Kultivierung tierischer Zellen in geschlossenen Systemen zur Produktion von alternativem Fleisch. Hierzu fördert das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz ein Projekt zur Entwicklung nachhaltiger Medien unter Federführung der Hochschule Reutlingen.

Die Veredelung bzw. das „upcycling“ von Nebenprodukten der Lebensmittelwirtschaft durch Insekten zur Gewinnung hochwertiger Futtermittel ist ein weiteres Zukunftsfeld und Bestandteil aktueller Fördervorhaben im Rahmen der LSNB. So hat das Start-up Alpha-Protein GmbH aus Bruchsal eine automatisierte, skalierbare und damit kosteneffiziente industrielle Aufzuchtanlage für Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*) entwickelt. Das Ziel ist es, Insekten als nachhaltige Alternative zu Fischmehl und Soja in großen Mengen sowie zu einem wettbewerbsfähigen Preis am Markt verfügbar zu machen. Zur Anzucht werden Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie, beispielsweise Altbrot, verwendet.

Die Universität Hohenheim spielte international eine führende Rolle beim Aufbau der Europäischen Innovationspartnerschaft EIT Food, mit der angestrebt wird, ein zukunftsweisendes Ernährungssystem aufzubauen, welches ermöglicht, gesunde und nachhaltige Lebensmittel für alle zu produzieren. Das Max-Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, mit Sitz in Karlsruhe ist an dem vom Bund geführten „Innovationsraum New Food Systems“ beteiligt. In der Metropolregion Rhein Neckar beschäftigt sich das Netzwerk „FoodNet“ intensiv mit Fragestellungen zu Ressourceneffizienz, Innovation und Nachhaltigkeit in der Lebensmittelindustrie.

Weitere Beispiele für aktuelle Forschungsvorhaben an den baden-württembergischen Hochschulen sind in *Anlage 1* aufgeführt.

4. welche holzbasierten Bioökonomie-Wertschöpfungsketten im Land entwickelt wurden unter Nennung des Anteils der waldbaulichen Rohstoffe, die bereits in der Bioökonomie eingesetzt werden (in Prozent);

Die Bedeutung der Umstrukturierung konventioneller Wertschöpfungsketten hin zu bioökonomiebasierten Vorgehensweisen wurde in Baden-Württemberg als ein wichtiges Handlungsfeld zur klimaverträglichen Transformation der Gesellschaft erkannt. Die günstige Naturraumausstattung des Landes bezogen auf forstwirtschaftliche Vorräte und nachgelagerte Verarbeitungsstrukturen bilden eine gute Ausgangsposition zum Ausbau der Bioökonomie auf Basis forstlicher Rohstoffe. Im Prozess liegt der Fokus stets auf der Erzeugung von möglichst langlebigen, biobasierten Produkten mit einer hohen Wertschöpfungstiefe.

Prozentuale Anteile von „waldbaulichen Rohstoffen“ in bioökonomiebasierten Wertschöpfungsketten liegen derzeit nicht vor. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass im Sinne der Bioökonomiedefinition 100 Prozent der eingesetzten Hölzer für die Herstellung von biobasierten Materialien und Energie eingesetzt werden.

Im Rahmen der Holzbau-Offensive werden derzeit insbesondere die Einsatzmöglichkeiten von Laubrohholzsortimenten im Holzbau erprobt, die bisher nicht stofflich, sondern energetisch genutzt wurden. Weiter werden Forschungsprojekte zu notwendigen Veränderungsprozessen entlang der Wertschöpfungskette vor dem Hintergrund der sich verändernden Waldbilder im Rahmen der Waldstrategie realisiert.

Unter dem Gesichtspunkt des stofflichen Einsatzes von Laubrohholzsortimenten arbeitet das Technikum Laubholz (TLH) an der Bereitstellung von marktfähigen Produkten in vielfältigen Wirtschaftsbereichen. Beispielprojekte des TLH sind die industrielle Umsetzung von zwei herausragenden Entwicklungen der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung, mit denen aus Buchenholz sowohl technische Cellulose regeneratfasern als auch Carbonfasern hergestellt werden. Mit Laubholz-basierten Carbonfasern lassen sich z. B. Bauteile für die Autoindustrie fertigen, die heute noch aus Stahl oder fossil-basierten Carbonfasern hergestellt werden, und durch die damit verbundene Gewichtsreduktion den Kraftstoff bzw. Energieverbrauch verringern. Zudem wird an der Entwicklung innovativer Holz-aufschlussverfahren gearbeitet, um aus Holz die Bestandteile Cellulose und Lignin für die weitere Umsetzung in Basischemikalien zu gewinnen. Im Forschungsfeld Biotechnologische Konversion entwickelt das TLH biotechnologische Verfahren zur Nutzung von Laubholz und seinen Bestandteilen, beispielsweise zur Produktion von Biotensiden und anderen hochwertigen Produkten.

Beispiele für zukunftsweisende Holzprodukte aus dem privatwirtschaftlichen Bereich aus Baden-Württemberg sind u. a. ein Hohlkastenelement für den mehrgeschossigen Holzbau mit integriertem Schall- und Brandschutz, Deckenelemente, schwer entflammable Holzfaserdämmplatten für Fassaden mit hohen Brandschutzanforderungen sowie selbstformende Holzmöbel durch zielgerichteten Nutzen der Holzfaserveränderung bei unterschiedlichem Fasersättigungsgrad.

Um weitere innovative Ansätze von der Forschung an den realen Markt zu überführen, wurde die Transferstelle mit dem Namen Digitize Wood eingerichtet. Dabei handelt es sich um eine Plattform für Wissens- und Innovationstransfer zwischen der Holzbauforschung am Exzellenzcluster IntCDC und der Holzbauproduktion in Baden-Württemberg.

Lignin fällt als Nebenprodukt bei der Papierherstellung aus Holz in großen Mengen an. Unternehmen setzen das natürliche Polymer gemeinsam mit Naturfasern in Faserverbundwerkstoffen ein. Die Werkstoffe können auf herkömmlichen Kunststoffverarbeitungsanlagen verarbeitet werden. Am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal wird die basenkatalysierte Spaltung von Lignin zur Gewinnung von Ligninspaltprodukten verfolgt, die in Formulierungen für Spezialanwendungen (Kleber, Anstrichfarben, Bremsbeläge, Schleifscheiben, duroplastische Werkstoffe, Schäume) eingearbeitet werden und dadurch erdölbasierte Komponenten teilweise oder vollständig ersetzen.

An der Universität Freiburg wurde eine Leichtbaulösung „Woodmimetics3D“ entwickelt, bei der es sich um einen CO₂-neutralen Werkstoff aus Lignin und Zellulose handelt, mit der technische Bauteile im 3D-Druck hergestellt werden können, die vollständig bioabbaubar sind.

5. welche innovativen bioökonomischen Ansätze baden-württembergische Unternehmen in den Bereichen Verpackungsmaterialien, Faser- und Verbundstoffe sowie Baustoffe bereits verfolgen unter Nennung besonders herausragender Verfahren;

Baden-Württembergische Unternehmen agieren sehr aktiv in den genannten Bereichen. Erwähnenswerte Beispiele finden sich sowohl bei Start-ups als auch bei etablierten Unternehmen und decken die technologische Entwicklung wie auch den Vertrieb ab. Auch an der Pilotierung von neuen Ansätzen sind Unternehmen aus Baden-Württemberg beteiligt.

Die innovativen Ansätze in diesem Bereich sind sehr vielfältig, sodass Verfahren nur exemplarisch genannt werden können. Da Produkte basierend auf Holzbestandteilen und -fasern bereits bei Frage 4 behandelt wurden, wird hier auf weitere Rohstoffe fokussiert.

OutNature aus Neckarsulm und der Energiepark Hahnennest Entwickelt haben z. B. ein Verfahren für die Gewinnung von Fasern für Verpackungen aus der Durchwachsenen Silphie entwickelt. Grundlage für die Nutzung der Durchwachsenen Silphie und anderer Einjahrespflanzen für die Gewinnung von Fasern sind effiziente und umweltverträgliche Aufschlussverfahren zur Trennung der Biomasse in Fasern und anderweitig verwendbare Koppelprodukte. Hierzu wird die „Steam Explosion Technologie“ mit Dampfdruckerhitzung genutzt, die auch in verhältnismäßig kleinen Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben in dezentralen Bio-raffineriekonzepten einsetzbar ist.

Eine Ausgründung der Hochschule der Medien stellt aus Getreidespelzen, die beispielsweise bei der Verarbeitung von Dinkel in großen Mengen anfallen, zusammen mit einem biologischen Bindemittel formschlüssige Verpackungen her, welche vollständig aus natürlichen Inhaltsstoffen bestehen, beliebig formbar sind und sich durch vergleichbare Materialeigenschaften wie petrochemische Polsterverpackungen auszeichnen. Diese vom Land Baden-Württemberg geförderte Innovation wurde bereits mehrfach ausgezeichnet.

Die Deutschen Institute für Textil- und Fasertechnik (DITF) aus Denkendorf arbeiten an einer Vielzahl von Entwicklungen im Bereich der faserbasierten Materialien für unterschiedlichste Anwendungen. Beispiele sind das HighPerCellCarbon® Verfahren zur Herstellung von Carbonfasern auf der Basis von Buchenholz, welches mit dem „Cellulose Fibre Innovation of the Year 2022 Award“ ausgezeichnet wurde. Das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz unterstützt die Weiterentwicklung dieser umweltfreundlichen Technologie, die sich zudem dadurch auszeichnet, dass das Lösungsmittel im Kreislauf geführt werden kann. So wird beispielsweise im Rahmen eines Förderprojektes ein biobasierter und umweltfreundlicher Flammenschutz entwickelt. Die Hochskalierung des Verfahrens wird zudem im Rahmen des Technikum Laubholz bearbeitet (s. o.). Die DITF arbeiten darüber hinaus an der Entwicklung von Faserverbundstoffen, die vergleichbar zu Glasfasern in temporären Bauten oder im Sportgerätebau angewandt werden können. Ziel ist die Kombination von Pflanzenfasern mit ebenfalls biobasierten Matrices, sodass ein vollständig biobasiertes Material die bisher aus Aluminium oder fossilen Rohstoffen hergestellten Produkte ersetzen kann.

Aktuell werden Akku-Gehäuse aufgrund sicherheitstechnischer Normen vorwiegend aus Metall gefertigt. Mobile Anwendungen, wie beispielsweise E-Bikes oder E-Autos, profitieren in besonderer Weise von einer Gewichtsreduktion. Ein Unternehmen hat gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit Batteriesysteme in Leichtbauweise auf Basis naturfaserverstärkter und biobasierter Kunststoffe entwickelt. Die benötigten Faserverbundwerkstoffe (Organobleche) und Formteile durchlaufen einen vollautomatisierten Herstellungsprozess.

Naturfasern, wie Flachs und Hanf, hatten in der Vergangenheit eine hohe Bedeutung im Bauwesen. Durch die Kombination von traditionellen Verarbeitungsschritten mit innovativen, digitalen robotergestützten Planungs- und Herstellungsverfahren (Freiformwickeln) ergeben sich völlig neue Anwendungen für (Leicht-)Bauanwendungen. Dies beinhaltet sowohl das Erschließen eines neuartigen Konstruktions- und Gestaltungsrepertoires als auch die Umsetzung entsprechender Maschinenteknik zur Produktion tragfähiger Bauteile. Ergänzend zum klassischen Holzbau wird hierdurch die Palette lokal verfügbarer forst- und landwirtschaftlicher Baustoffe erweitert und diversifiziert und somit ein wichtiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen geleistet. Im Rahmen des Projekt ReGrow wurden zwei Demonstratoren aus Flachsfasern und Weideruten umgesetzt, welche auf der diesjährigen Bundesgartenschau in Mannheim einem breiten Publikum präsentiert werden.

6. welchen Stellenwert die Nutzung von Nebenprodukten und Reststoffen in der Bioökonomiestrategie einnimmt unter Darlegung, welche Bedeutung sie der Rückgewinnung von Rohstoffen beimisst;

Der Systemansatz Bioökonomie zielt insbesondere auf neue Verfahren, Prozesse und Produkte zur Nutzung von Nebenströmen und Reststoffen ab, sowohl aus der Land- und Forstwirtschaft als auch entlang der Lebensmittelwertschöpfungskette. Die LSNB setzt einen besonderen Fokus auf die Nutzung dieser Potenziale und die konsequente Gewinnung der in Nebenprodukten und Reststoffen enthaltenen Rohstoffe. Sie bietet damit außerdem zusätzliche Einkommensmöglichkeiten für die Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft.

Das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz fördert zahlreiche Innovationsprojekte in denen Verfahren, Prozesse und Produkte zur hochwertigen stofflichen Nutzung von Nebenströmen aus der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft entwickelt werden. Wichtige Aspekte beim Aufbau solcher Verfahren sind die Qualitätssicherung der Nebenprodukte zur Vermeidung von Verunreinigungen und zur Sicherstellung definierter Ausgangsmaterialien, gerade wenn ein Einsatz im Lebensmittel- und Futterbereich oder in der hochwertigen stofflichen Nutzung geplant ist. Zudem ist die Lagerung und Logistik sowie die effiziente Rückführung von Nährstoffen auf den Acker sicherzustellen. Bei der Entwicklung von biobasierten Materialien muss die Rezyklierbarkeit der Rohstoffe zukünftig eine noch größere Rolle spielen, z. B. durch geeignete Kombinationen von Materialien.

Zur Erfassung der gegenwärtigen und zukünftigen Potenziale von Nebenprodukten und Reststoffen aus der Landwirtschaft und der Landschaftspflege für die Bioökonomie in Baden-Württemberg fördert das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz das Verbundprojekt ReBioBW der Universität Hohenheim und des Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Es beinhaltet die Berechnung des theoretischen Potenzial als absolutes Aufkommen der Nebenprodukte und Reststoffe mittels statistischer Daten, eine Umfrage unter landwirtschaftlichen Unternehmen zur gegenwärtigen Verwendung der Nebenprodukte, qualitative Umfragen unter landwirtschaftlichen Unternehmen und solchen der ersten Verarbeitungsstufe, um Hürden und Rahmenbedingungen zu bestimmen, sowie Modellierungen, um ökologische und ökonomische Effekte der Reststoffnutzung und zukünftige Reststoffpotenziale vor dem Hintergrund wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und politischer Treiber abzuschätzen. Die Erhebungen werden von einer Wissensvermittlung entlang der Wertschöpfungskette landwirtschaftlicher Reststoffe begleitet, um Wissenslücken hinsichtlich der Beschaffenheit, des Bedarfs und des Angebots zu schließen und das praktische Potenzial zu steigern.

Ohne die Rückgewinnung und Kreislaufführung von Roh- und Nährstoffen aus Abfällen, Abwässern und Abluft (einschließlich CO₂) – beispielsweise Metalle aus Handyschrott mittels Biomining, Stickstoff und Phosphat als regenerativer Dünger aus den Kläranlagen oder Bioabfällen – ist der notwendige Wandel weg von einer linearen hin zu einer kreislaufforientierten Wirtschafts- und Lebensweise auch in einer Bioökonomie nicht möglich. Um die Bedarfe einer weiter wachsenden Weltbevölkerung befriedigen zu können, bedarf es eines Systemwechsels

hin zu einer nachhaltigen, kreislaforientierten Bioökonomie, in die Abfälle, Abwässer und Abluft konsequent als Rohstoffquellen einbezogen werden (sekundäre Rohstoffquellen).

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft fördert daher im Strang „urbane und industrielle Bioökonomie“ innerhalb der LSNB zum einen die technologische Weiterentwicklung entsprechender Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen zu urbanen und industriellen Bioraffinieren und bezieht die Kreislauf- und Abwasserwirtschaft in die Entwicklungen ein. Bedingung für die Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen ist die Erprobung an bereits bestehenden Behandlungsanlagen.

Zur Vernetzung der Stoffströme und der an den Stoffkreisläufen beteiligten Akteure fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft in den baden-württembergischen Wirtschaftsregionen Stuttgart, Mannheim und Karlsruhe Projekte zur Entwicklung von kommunalen Bioökonomiestrategien.

Hierdurch werden nicht nur die Wirtschaftskreisläufe vor Ort nachhaltiger aufgestellt, sondern durch die Entwicklung entsprechender „Green Tech“-Lösungen auch neue, international vermarktbare Innovationen geschaffen.

7. ob und wenn ja in welcher Größenordnung welche mittel- und langfristigen Auswirkungen auf die Flächennutzungen in der Landwirtschaft durch ein Anwachsen biobasierter Stoffströme in den kommenden Jahren zu erwarten sind (z. B. durch Anbau von Kulturen wie Hanf oder Flachs oder durch Verwertung von Stroh und anderen Reststoffen);

Das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz fördert vielversprechende Projekte, die sich mit der multifunktionalen Verwertung und hochwertigen Nutzung von Kulturpflanzen und deren Bestandteilen (Öl, Proteine, Fasern) befassen (z. B. Hanf, Flachs, Sonnenblume, Silphie). Hierbei wird ein besonderer Fokus auf eine möglichst vollständige Nutzung der Biomassebestandteile gelegt, um die Wirtschaftlichkeit und die Ressourceneffizienz zu verbessern.

Der Anbau von Faserpflanzen wie Hanf oder Flachs bietet grundsätzlich ein großes Potenzial für innovative Anwendungen – insbesondere im Leichtbau aber auch im Verpackungs- und Textilbereich. Eine Ausweitung der Anbauflächen würde das Kulturartenspektrum erweitern und könnte positive Beiträge zu diversen Zielen der Landesregierung leisten, beispielsweise in den Bereichen Pflanzenschutzmittelreduktion, Biodiversität, Klimaschutz/-anpassung.

Im Rahmen der LSNB wird diesen Anwendungen zur Marktreife verholfen und die Vernetzung der Akteure unterstützt. Im nächsten Schritt kann dann die Wertschöpfungskette vom Feld bis zum Produkt in Baden-Württemberg wiederaufgebaut werden. Perspektivisch könnten Flachs und Hanf als Sommerkulturen eine Alternative für Energiemais darstellen und die mittelfristig freiwerdenden Flächen nutzen. Es ist davon auszugehen, dass die Anbaufläche für Energiemais (momentan rund 70 000 Hektar) mit Auslaufen der 20-jährigen EEG-Förderung der NaWaRo-Biogasanlagen im erheblichen Umfang zurückgeht. Gemäß den Angaben der landwirtschaftlichen Unternehmen im „Gemeinsamen Antrag“ hat sich die Anbaufläche von Hanf in Baden-Württemberg von ungefähr 180 Hektar im Jahr 2018 auf ungefähr 380 Hektar im Jahr 2022 innerhalb von fünf Jahren mehr als verdoppelt. Die Anbaufläche von Flachs wird über den „Gemeinsamen Antrag“ gemeinsam mit der Anbaufläche von Lein erfasst. Diese hat sich von ungefähr 240 Hektar im Jahr 2018 mit ungefähr 460 Hektar im Jahr 2022 ebenfalls nahezu verdoppelt.

Die Bioökonomie bietet darüber hinaus Möglichkeiten, Aufwüchse von wiedervernässten landwirtschaftlichen Nutzflächen, sogenannte Paludikulturen, oder Naturschutzflächen wertschöpfend zu nutzen. So befinden sich beispielsweise laut der Gebietskulisse für Feuchtgebiete und Moore (GLÖZ 2) gut 22 000 Hektar landwirtschaftlich genutztes Grünland sowie knapp 2 000 Hektar Ackerfläche und sonstige landwirtschaftlich genutzte Fläche in Baden-Württemberg (vgl. Druck-

sache 17/3662). Der größte Teil dieser Flächen befindet sich in den Kreisen Biberach, Sigmaringen, Ravensburg und dem Bodenseekreis. Um die Klimaziele zu erreichen und der Freisetzung von CO₂ durch Torfabbau in Mooren entgegenzuwirken, sollen in Baden-Württemberg mittel- bis langfristig die meist mittels Entwässerungsvorrichtung trockengelegten land- und auch forstwirtschaftlich genutzten Flächen wiedervernässt werden. Wesentliches Ziel ist, die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in kooperativen Ansätzen mit den Bewirtschaftenden in eine feuchte bzw. nasse land- und forstwirtschaftliche Nutzung zu überführen. Im landwirtschaftlichen Bereich ist eine stoffliche Nutzung von Paludikulturen z. B. als Faserquelle oder zur Dämmstoffproduktion denkbar. Ausgehend von der Moorschutzkonzeption wird derzeit ressortübergreifend die Moorschutzstrategie Baden-Württemberg erarbeitet. Dabei arbeiten die zuständigen Abteilungen und Referate des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft sowie des Ministeriums für Finanzen eng zusammen.

Stroh konkurriert als Nebenprodukt des Getreideanbaus nicht mit der Lebensmittelproduktion. Stroh ist deshalb und aufgrund seiner Eigenschaften grundsätzlich ein wertvoller Rohstoff für die Bioökonomie. Ein gewisser Anteil des Strohs muss allerdings für den Humusaufbau auf der Fläche verbleiben. Nach Schätzungen des ifeu-Instituts Heidelberg steht deshalb nur ein Drittel der insgesamt verfügbaren Menge für die stoffliche oder energetische Nutzung zur Verfügung.

Mittel- und langfristig könnte eine verstärkte Nachfrage nach biobasierten Produkten und Materialien dazu beitragen, die Kulturartenvielfalt in Baden-Württemberg zu erweitern, sofern die notwendigen Verarbeitungskapazitäten vorhanden sind und ein wirtschaftlicher Anbau dieser Kulturen möglich ist.

Ein Anwachsen biobasierter Stoffströme mit wirtschaftlich vielversprechenden Wertstoffen kann grundsätzlich auch durch Algenkulturen erzielt werden. Diese kommen bei höherer CO₂-Bindungsrate mit erheblich weniger Fläche und Wasser aus, sofern CO₂ als Punktquelle verfügbar ist.

8. an welchen Hochschulen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen das Thema Bioökonomie in besonderer Weise bearbeitet bzw. erforscht wird und wie das Potenzial der Bioökonomie im Hinblick auf Innovationen und Zukunftstechnologien bewertet wird;

Wie der Auflistung in *Anlage 1* zu entnehmen ist, wird das Thema Bioökonomie an einer Vielzahl an Hochschulen bearbeitet. Besondere Schwerpunkte finden sich an den Universitäten Stuttgart und Hohenheim sowie am KIT. Aufgrund der großen Anwendungsnähe des Themas sind auch mehrere Hochschulen für angewandte Wissenschaften im Bereich Bioökonomie aktiv. Zu nennen wären hier die Hochschule Aalen, die Hochschule Biberach, die Hochschule Esslingen, die Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen und die Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg. Auch die Stuttgarter Fraunhofer-Institute für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB sowie für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal haben Schwerpunkte im Bereich Bioökonomie.

An der Universität Freiburg ist das Thema Bioökonomie an der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen profilbildend. Genauso zählt Bioökonomie zu den Themenschwerpunkten am „Heidelberg Center for the Environment“ der Universität Heidelberg, wobei hier aktuell sozialwissenschaftliche Aspekte (z. B. die dazu gehörigen gesellschaftlichen Transformationsprozesse) im Vordergrund stehen.

Die Universität Hohenheim gehört zu den international führenden Universitäten in der Bioökonomieforschung und -lehre. Der Bioökonomie-Schwerpunkt an der Universität Hohenheim ist historisch gewachsen und zielt auf die Bereitstellung von Lösungen für gesellschaftlich relevante Themen. Seit 2013 ist Bioökonomie strategisches Leitthema der Universität. Im Jahr 2019 wurde auf Initiative der Universität Hohenheim und unter ihrer Präsidentschaft die European Bioeconomy University (EBU) gegründet. Dies ist eine Allianz der sechs in der Bioökonomieforschung und -lehre in Europa führenden Universitäten.

Hohenheim ist die einzige Universität deutschlandweit, in der alle Fakultäten zusammen an den relevanten Themen der Bioökonomie arbeiten. Entsprechend sind zwei Professorinnen der Universität Hohenheim Mitglieder bzw. Co-Vorsitzende des nationalen Bioökonomierats. Neben der Forschung engagiert sich die Universität auch in besonderem Maße in der Ausbildung von Bioökonomie-Nachwuchskräften. Sie hat als erste Universität in Europa einen internationalen Masterstudiengang in Bioökonomie angeboten und ist aktuell an drei Graduiertenprogrammen zur Bioökonomie beteiligt (Interdisziplinäres Promotionskolleg „Hebel für eine Biodiversitätssteigerung in Agrarlandschaften (HABIT)“, Europäisches Doktoranden-Ausbildungsnetzwerk „Design and Sustainability Assessment of Innovative biomass production systems and value-chains in the Bioeconomy (DESTINY)“, Sino-German International Research Training Group „Adaptation of maize-based food-feed-energy systems to limited phosphate resources“).

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verfolgt ebenfalls vielfältige Aktivitäten zum Thema Bioökonomie und ist auf nationaler und internationaler Ebene seit etwa 20 Jahren sehr sichtbar. Aktuell bearbeitet das KIT Drittmittel-Projekte im Umfang von 30 Millionen Euro auf dem Gebiet der Bioökonomie.

An der Universität Stuttgart spielt das Thema Bioökonomie ebenfalls eine herausgehobene Rolle und wird in vielen Instituten mehrerer Fakultäten und in Kooperation mit Externen beforscht. Die Forschung zu diesem Schwerpunkt an der Universität Stuttgart wird im interdisziplinären Verbund „Stuttgart Research Initiative ValBio“ zusammengeführt. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft fördert im Translationsschwerpunkt „ValBio urban“ insbesondere Lösungen im Bereich der urbanen Bioökonomie.

An der Hochschule Aalen ist die Bioökonomie ein neuer Entwicklungsschwerpunkt, in dem neue Materialien und Technologien unter den Aspekten verstärkter Einsatz nachwachsender Rohstoffe, verbesserte Recyclingquoten und Zuführung in die Kreislaufwirtschaft sowie Materialsubstitution mit Fokus auf biologischer Abbaubarkeit entwickelt werden.

An der Hochschule Biberach wird Bioökonomie quer zu allen Fakultäten gedacht: in allen vier Disziplinen – Architektur und Energie-Ingenieurwesen, Bauingenieurwesen und Projektmanagement, Betriebswirtschaft und Biotechnologie – sind Themengebiete verankert, die einen relevanten Beitrag zum Thema Bioökonomie leisten. Unter diesem fächerübergreifenden Dach der Bioökonomie werden zwei verschiedene Pfade verfolgt:

- 1) Industrielle Bioökonomie: Zusammenführung der Themen Ökonomie/Ökologie in Kombination mit Bio- und Ingenieurwissenschaften
- 2) Bau-Bioökonomie: Umfasst den Bereich des Nachhaltigen Bauens

Die Hochschule Esslingen ist mit ihrem Studiengang Biotechnologie bereits seit etwa 15 Jahren aktiv an der Schnittstelle zu bioökonomischen Themen tätig.

Einer der beiden Forschungsschwerpunkte der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), ist die „Angewandte Agrarforschung, Landschaftsentwicklung, Umweltplanung und Naturschutz“, bei deren Erforschung die Bioökonomie Bestandteil wesentlicher Forschungsvorhaben ist. In der Lehre ist Bioökonomie im Master „Nachhaltige Agrar- und Ernährungswirtschaft“ verankert.

Auch an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg ist Bioökonomie eines der zentralen Themen in Lehre und Forschung. Der Schwerpunkt der Forschung liegt hier auf dem Bereich der wald- oder holzbasierten Bioökonomie.

Im Hinblick auf Innovationen und Zukunftstechnologien bewertet die Landesregierung die Bioökonomie bzw. bioökonomische Verfahren sehr positiv. Sie nutzen nachwachsende Rohstoffe, Rest-, Neben- und Abfallströme und auch Abwasser, Abluft bzw. Abgase, um diese entweder direkt oder aber mithilfe von biologischen Stoffwechselleistungen in Wertstoffe oder auch in Energie umzuwandeln bzw. Rohstoffe zurückzugewinnen. Produkte bioökonomischer Verfahren sind sehr

vielseitig und reichen von Grund- und Feinchemikalien, Aromastoffen, Proteinen, Lipiden, Biotensiden über pharmazeutische Wirkstoffe bis hin zu Baumaterialien, wie z. B. Fasern oder Biobeton. Dabei werden nicht nur Kohlenstoffverbindungen erzeugt, sondern auch anorganische Stoffe wie Stickstoffverbindungen (Düngemittel) oder Mineralien über Biomineralisation (z. B. Muschelschalen, Knochen). Zudem erfolgen diese Prozesse in der Regel bei niedrigeren Drücken und Temperaturen als beispielsweise in rein chemischen Verfahren und können damit zur Ressourceneffizienz beitragen.

Große Potenziale der Bioökonomie im Hinblick auf Innovationen und Zukunftstechnologien werden insbesondere in folgenden Bereichen gesehen:

- Digitalisierung und precision farming für eine nachhaltige Landnutzung
- Climate smart und carbon farming als ein Beitrag zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel
- Moderne Züchtungstechnologien für eine resiliente Landwirtschaft der Zukunft
- Bioraffinerien, integriert mit Biogasanlagen, für eine nachhaltige Bereitstellung biobasierter Rohstoffe und Energie
- Biotechnologische Verfahren für ressourceneffiziente Produktionsprozesse und funktionale Lebensmittel
- Verknüpfung verschiedener Handlungsfelder (z. B. Waldumbau hin zu klimaresilienteren Baumarten und deren Nutzung im Holzbau)
- Kreislaufwirtschaft, z. B. zum Recycling von Industrierohstoffen oder Pflanzennährstoffen sowie für emissionsarme und energiesparende Produktionssysteme
- Bioverfahrenstechnik zur algenbasierten oder mikrobiellen Herstellung und Aufbereitung von biogenen Chemikalien (auch aus CO₂ z. B. von Punktemissionsquellen)
- Verbindung von Chemie- und Energiesektor durch Elektrobiotechnologie (z. B. zur stofflichen Nutzung von CO₂)

9. durch welche Programme, Wettbewerbe und sonstigen Maßnahmen die Landesregierung die Bioökonomie fördert, welche weiteren Unterstützungsmaßnahmen das Land darüber hinaus derzeit erarbeitet und wann diese bereitgestellt werden;

Zur Umsetzung der Maßnahmen der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg wurden vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft für den Strang „Bioökonomie in industriellen und urbanen Räumen“ Förderprogramme mit Fokus auf die Nutzung sekundärer Rohstoffquellen wie (Bio-)Abfälle, Abwässer und Abluft sowie die Schulung, Vernetzung und Ausbildung der Akteure gelegt. Nach der Auflage von Förderprogrammen zur Technologieentwicklung fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft – im Rahmen der vorhandenen Mittel – in der zweiten Hälfte der Umsetzungsphase der LSNB die Bündelung der Themen über insgesamt fünf Netzwerke/Cluster. Diese sollen die biologische Transformation zu einer nachhaltigen Bioökonomie in Baden-Württemberg begleiten:

- ValBio Urban:

Im Translations-Hub Valorization of Bioresources – Urban (ValBio-Urban) der Universität Stuttgart soll der Schulterschluss zwischen Forschenden des ValBio-Urban Konsortiums und Anwendern in Baden-Württemberg gesucht werden, um Forschungsergebnisse in Problemlösungen für Anwender zu überführen.

- Start-In BÖ:
Die Start-up-Initiative zur Bioökonomie bildet den Kristallisationspunkt für die zielgerichtete Weiterentwicklung eines Ökosystems mit Akteuren aus dem Finanzbereich, der Wirtschaftsförderung usw. speziell für Start-ups und kleine und mittlere Unternehmen in Baden-Württemberg zum Thema Bioökonomie.
- Netzwerk „urbane und industrielle Bioraffinerien“
Ziel dieser Fachinitiative ist es, die Möglichkeiten von urbanen und industriellen Bioraffinerien zur Nutzung neuer Rohstoffquellen im Abfall, Abwasser und Abluftbereich zu fördern und im Bereich der regulativen Rahmenbedingungen gegebenenfalls durch regulative Innovationszonen zu unterstützen. Zu diesem Zweck bündelt die Fachinitiative urbane und industrielle Bioraffinerieprojekte in Baden-Württemberg unter einem Dach und sichert den Wissenstransfer zwischen den Projekten. Sie identifiziert Akteure und Stakeholder, die sich mit ähnlichen Fragestellungen beschäftigen (z. B. Betreiber von Kläranlagen und Abnehmer von sekundären Rohstoffen) und motiviert diese zur Mitarbeit in der Fachinitiative.
- Innovation Hub biologisches CO₂-Recycling (CCU_{BIO})
Der Innovation Hub CCU_{BIO} unterstützt Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur biologischen Verwertung des im Prozess anfallenden Kohlenstoffdioxids und begleitet sie damit in eine nachhaltige Bioökonomie. Gemeinsam mit Forschung und Industrie, mit Dienstleistern und öffentlichen Institutionen wird ein Innovationsschwerpunkt zum biotechnologischen und bioinspirierten CO₂-Recycling in Baden-Württemberg aufgebaut. Ziel ist die Umsetzung eines biotechnologischen CO₂-Recycling-Prozesses in Verbindung mit einer nachhaltigen Wertschöpfungskette in Baden-Württemberg als Beitrag zu den Klimaschutzzielen.
- urban BioÖkonomieLab
Das Ziel dieser Initiative ist die Entwicklung bioökonomischer Wirtschaftsräume auf der Systemebene eines urbanen Raums, in dem die bioökonomische Wertschöpfung zu einem großen Teil auch über das System selbst erfolgt, indem Biomasse, CO₂ und weitere Stoffe in Abwasser, Abfall und Abluft als Rohstoffe dienen.

Zur Umsetzung der Maßnahmen der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg wurden vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz für den Strang „Nachhaltige Bioökonomie für den ländlichen Raum in Baden-Württemberg“ Förderprogramme mit Fokus auf die Bereitstellung und Nutzung von Ressourcen aus Land- und Forstwirtschaft sowie aus der Lebensmittelwirtschaft aufgebaut:

- Mit dem Förderprogramm für Forschung und Entwicklung „Nachhaltige Bioökonomie als Innovationsmotor für den ländlichen Raum“ werden Machbarkeitsstudien und Innovationsprojekte gefördert, mit denen zukunftsfähige Innovationen aus der Forschung in die Praxis gebracht werden. Aktuell werden 35 Machbarkeitsstudien und 12 Innovationsvorhaben gefördert an denen 62 Zuwendungsnehmer beteiligt sind. Einige der Machbarkeitsstudien aus der 1. Tranche wurden erfolgreich zur Vorbereitung national und international geförderter Projekte genutzt.
- Mit dem „Bioökonomie Innovations- und Investitionsprogramm für den ländlichen Raum“ BIPL BW wurde ein Förderangebot für Unternehmen konzipiert und im Februar 2021 veröffentlicht. Hierfür stehen Mittel in Höhe von 35,5 Millionen Euro aus der Rücklage „Zukunftsland Baden-Württemberg – Stärker aus der Krise“ bereit. Es wurden zehn Investitionsvorhaben und 45 Innovationsvorhaben bewilligt, an denen insgesamt 134 Zuwendungsnehmer beteiligt sind.

- Mit dem Förderprogramm „Netzwerkinitiativen zur Weiterentwicklung der Bioökonomie Leitregion“ werden Stand Oktober 2022 sieben Cluster-, Fach- und Bildungsinitiativen gefördert. Ziel ist es, das vorhandene Wissen für andere Nutzergruppen, Branchen und Sektoren übergreifend zugänglich zu machen, z. B. durch die Veröffentlichung von Informationsmaterialien und Weiterbildungsressourcen oder durch den Aufbau von regionalen Vernetzungsstrukturen und der Entwicklung eines regionalen Bioökonomiekonzeptes (Clusterinitiativen).
- Zur gezielten Unterstützung der Markteinführung von bioökonomischen Innovationen wurde vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz ein Ideenwettbewerb etabliert und seit 2020 viermal ausgeschrieben. Jedes Jahr werden fünf Preisträger mit dem Innovationspreis Bioökonomie Baden-Württemberg öffentlichkeitswirksam ausgezeichnet.
- Darüber hinaus hat das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz den Aufbau von Forschungsinfrastrukturen an Hochschulen zur Durchführung von Technikums-, Pilot- und Demonstrationsprojekten gefördert. Konkret handelt es sich um die Erweiterung des Bioraffinerietechnikums am Unteren Lindenhof der Universität Hohenheim sowie des Verpackungscampus der Hochschule der Medien in Lenningen. Schwerpunkte sind jeweils die stoffliche Nutzung von Einjahrespflanzen und deren Bestandteilen.
- Zudem wurde der Themenschwerpunkt Bioökonomie in vorhandene mit Mitteln der EU Kommission kofinanzierte Förderprogramme des Landes integriert, wie unter Frage 10 beschrieben.

Zur Förderung der Information über die Umsetzung der Bioökonomiestrategie in Baden-Württemberg wurde die Informationsplattform www.biooekonomie.baden-wuerttemberg.de aufgebaut. Sie enthält Informationen über Förderungen, Veranstaltungen und Best Practice Beispiele. Ein wichtiger Aspekt dabei ist auch die Akteursplattform, auf der sich einschlägige Unternehmen und Forschungseinrichtungen mit ihren Arbeitsschwerpunkten präsentieren können.

Im Rahmen der neuen Förderperiode der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik wird ab dem Jahr 2023 erstmals ein Beratungsmodul zum Thema Bioökonomie für Landwirtinnen und Landwirte angeboten. Die Beratung der landwirtschaftlichen Betriebe ist ein zentrales Element der Agrarförderung in Baden-Württemberg. Sie trägt dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit, die Innovationskraft und die Nachhaltigkeit der heimischen Landwirtschaft zu steigern.

Durch Projektförderung des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz bei der Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg e. V. wird im Jahr 2023 eine digitale Plattform für Kooperation, Austausch, Wissenssammlung und Information über neue Anwendungen von Naturfasern aufgebaut. Diese haben großes Zukunftspotenzial für Anwendungen in funktionalen Textilien, in faserbasierten Materialien, im Leicht- und Konstruktionsbau. Zielgruppe des Projekts sind alle Akteure entlang naturfaserbasierter Wertschöpfungsketten: landwirtschaftlich produzierende und verarbeitende Betriebe, Betriebe der faserbasierten Industrie, Forschende und Entwickler sowie Endverbraucher.

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus fördert im Rahmen der bestehenden Mittelansätze technologieoffen Innovationsvorhaben in Unternehmen sowie wirtschaftsnahe Forschungsprojekte in Forschungseinrichtungen, sodass grundsätzlich auch bioökonomische Entwicklungen unterstützt werden können.

Bei der Umsetzung der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie nehmen zudem die Landesagenturen BIOPRO BW und Umwelttechnik BW verschiedene Aufgaben wahr.

10. welche Fördermaßnahmen von Bund und EU die Landesregierung für baden-württembergische Unternehmen derzeit beansprucht bzw. künftig beanspruchen wird;

Das EFRE-Programm Baden-Württemberg 2021 bis 2027 konzentriert sich auf die Prioritäten Zukunftstechnologien und Kompetenzen (A) sowie Ressourcen und Klimaschutz (B) und setzt unter der Priorität B einen Schwerpunkt zur Förderung nachhaltiger Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft. Gefördert werden in diesem Bereich unter anderem Pilot- und Demonstrationsanlagen von urbanen und industriellen Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Bioabfall, Abwasser und CO₂ (CCU_{BIO}), Reststoffen aus der Landwirtschaft, Technologietransfer, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, innovative Demonstrationsbauten mit Holz, Ressourceneffizienz in Unternehmen sowie Investitionen in Unternehmen mit Potenzial zur Technologieführerschaft. Auch die EFRE-Förderung 2014 bis 2020 sowie REACT-EU unterstützten bereits bioökonomische Vorhaben, insbesondere zur stofflichen Nutzung des Rohstoffs Holz.

Mit seinem EFRE-Förderprogramm „Bioökonomie Bio-Ab-Cycling“ fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft – im Rahmen der vorhandenen Mittel – den Aufbau modularer Bioraffinerien, die in den kommenden Jahren erproben und aufzeigen sollen, wie mittels nachhaltiger Bioökonomie hochwertige Rohstoffe aus Abfall und Abwasser zurückgewonnen werden können. Im Rahmen dieses Förderprogramms werden derzeit fünf Projekte gefördert:

- KoalAplan (Kommunales Abwasser als Quelle für Ammoniumstickstoff, Wasserstoff und Bioplastik):
Auf dem Lehr- und Forschungsklärwerk der Universität Stuttgart in Bünau werden anhand verschiedener biologischer Verfahren hochwertige Produkte aus kommunalem Abwasser gewonnen. Dazu gehören unter anderem Ammoniumstickstoff als Dünger, Wasserstoff und Rohstoffe für biobasierten Kunststoff (PHA). Das Projekt wird mit rund 2,3 Millionen Euro aus EU- und Landesmitteln gefördert. Das Projekt wird bei der EU-Kommission als „Projekt von strategischer Bedeutung“ geführt.
- InBiRa – Die Insektenbioraffinerie:
Mithilfe von Insektenlarven werden zunächst in den Technikumshallen des Fraunhofer IGB in Stuttgart-Vaihingen und in der Folge dann auf einer Bioabfallbehandlungsanlage hochwertige Produkte aus Bioabfall- und Restströmen gewonnen. Aus Lebensmittelabfällen werden in diesem Verfahren durch die Mast der Larven der Schwarzen Soldatenfliege Proteine, Fette und Chitosan hergestellt. Für den Bau dieser hochinnovativen Insektenbioraffinerie erhält das Projekt InBiRa rund 3,9 Millionen Euro Fördermittel der EU und des Landes. Auch dieses Projekt wird bei der EU-Kommission als „Projekt von strategischer Bedeutung“ geführt.
- BW2Pro – Biowaste to Products:
In dieser Demonstrationsanlage einer urbanen Bioabfallraffinerie auf dem Gelände der kommunalen Biogasvergärungsanlage der Abfallwirtschaft Rems-Murr, AöR in Backnang soll Bioabfall zu neuen Produkten und Rohstoffen wie zum Beispiel Fasern, Blumentöpfen, Dünger und Biogas verarbeitet werden. Dieses Projekt wird mit rund 5,9 Millionen Euro von EU und Land gefördert.
- RoKka – Rohstoffquelle Klärschlamm und Klimaschutz auf Kläranlagen:
Diese urbane Bioraffinerie kombiniert Technologien zur Stickstoff-Rückgewinnung, Phosphor-Rückgewinnung, Abtrennung und zum Recycling von CO₂ sowie zur Elektrosynthese und Mikroalgenproduktion. Um die Produktion von Wertstoffen in einer Abwasserraffinerie auf der kommunalen Kläranlage Erbach/Donau zu demonstrieren, erhält das Projekt RoKka rund 3,8 Millionen Euro an EU- und Landesmitteln.

- SmartBioH2-BW – Biowasserstoff aus industriellen Abwasser- und Reststoffströmen:

Diese industrielle Bioraffinerie zeigt die Integration des Konzepts der urbanen und industriellen Bioraffinerien in eine bestehende Industrieumgebung am Standort der Evonik Operations GmbH in Rheinfelden. Mittels zweier miteinander verknüpfter biotechnologischer Verfahren (Purpurbakterien und Algen) sollen in dem Projekt aus anfallenden industriellen Abwasser- und Reststoffströmen Biowasserstoff und weitere Produkte wie beispielsweise Carotinoide erzeugt werden. Das Projekt wird mit insgesamt 3 Millionen Euro EU- und Landesmitteln gefördert.

Im Rahmen des Entwicklungsprogramms Ländlicher Raum (ELR) werden im Förderschwerpunkt „Arbeiten“ durch den Bau neuer Produktionshallen zukunftsfähige Arbeitsplätze gesichert bzw. geschaffen. Seit dem Programmjahr 2023 ist im Hinblick auf den Klimaschutz der Neubau von Gebäuden nur noch mit CO₂-speichernden Materialien förderfähig. Die Förderung des ELR erstreckt sich auch auf kleine und mittlere Unternehmen (bis 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter), die Biomasse als Rohstoffbasis einsetzen, damit Produkte entwickelt haben oder darauf abgestimmte Prozesse entwickeln.

Mit der im ELR angesiedelten Förderlinie „Spitze auf dem Land! Technologieführer für Baden-Württemberg“ will die Landesregierung dazu beitragen, die Spitzenstellung Baden-Württembergs weiter auszubauen. Die Förderlinie wird zu gleichen Teilen über das Land und den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in der Förderperiode 2021 bis 2027 finanziert. Mit dieser Förderlinie richtet sich das Land an innovationsorientierte Unternehmen, die das Potenzial haben, einen Beitrag zur Technologieführerschaft Baden-Württembergs zu leisten. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf zukunftsorientierten Unternehmen, die Innovationen im Sinne einer kreislauforientierten Wirtschaftsweise und im Bereich Bioökonomie voranbringen.

Das EU-Programm LEADER 2023 bis 2027 des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz bietet ebenfalls Fördermöglichkeiten für Unternehmen, die Biomasse als Rohstoffbasis einsetzen, entsprechende Produkte entwickelt haben oder Prozesse entwickeln. Die Entscheidung über die Vergabe von Fördermitteln treffen hier allerdings sogenannte lokale LEADER-Aktionsgruppen (Auswahlgruppen).

Auf Bundesebene fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des Förderprogramms „Industrielle Bioökonomie“ bundesweit Unternehmen im Hinblick auf die Nutzung und den Bau von Demonstrationsanlagen für die industrielle Bioökonomie und die Skalierung innovativer bioökonomischer Prozesse und Verfahren. Unternehmen können Mittel für folgende Maßnahmen erhalten:

- Im Baustein A wird die Nutzung existierender öffentlicher oder privater Multi-Purpose-Anlagen in Deutschland sowie in Europa zur Erprobung und Weiterentwicklung eigener Verfahren der industriellen Bioökonomie gefördert. Die Förderung umfasst beispielsweise Nutzungsentgelte für Anlagen, Vertragsverhandlungen für die Nutzung dieser Anlagen, Abstimmungsprozesse, Schutzrechtsvereinbarungen mit Anlagenbetreibern, die Betreuung der Abläufe durch eigenes Personal vor Ort, die Erlangung, Validierung und Verteidigung von Patenten und anderen immateriellen Vermögenswerten sowie Innovationsberatungsdienste.
- Im Baustein B werden vorbereitende Tätigkeiten für die Errichtung unternehmenseigener Single-Purpose-Demonstrationsanlagen der industriellen Bioökonomie gefördert. Hierzu zählen Durchführbarkeitsstudien zur Errichtung der Demonstrationsanlagen (Basic-Engineering mit Planungsunterlagen und Konzepten, SWOT-Analysen, Ressourcenplanung und Bewertung der Erfolgsaussichten als Entscheidungsgrundlage für die Investition) und die Vorbereitung der Markteinführung (Genehmigungsverfahren, Konkretisierung des Geschäftsmodells, Marktanalyse, Cash-Flow-Planung für die geplante Single-Purpose-

Anlage). Ein strategisches Ziel ist es dabei, den Aufbau von Leuchtturmprojekten im Bereich der industriellen Bioökonomie zu unterstützen und insbesondere mit konkreten Planungsunterlagen und Konzepten die Entscheidungsgrundlage für die Investition in eine bioökonomische Demonstrationsanlage zu schaffen.

11. wie die Aktivitäten und Fördermöglichkeiten des Landes Baden-Württemberg im EU-weiten Vergleich zu bewerten sind unter Darlegung, welche Kooperationen es hierbei auf Forschungsebene innerhalb der EU gibt und welche Unterstützung zur Implementierung erfolgreicher Produktentwicklungen in die gewerbliche Breitenanwendung vonseiten des Landes noch benötigt wird;

Grundsätzlich sind die baden-württembergischen Aktivitäten im EU-weiten Vergleich als führend zu bewerten, sowohl was die Breite der Themen als auch den Entwicklungsstand anbelangt. Baden-Württemberg gilt international auch über EU-Grenzen hinaus in Experten- und Politikkreisen als Leitregion für die biologische Transformation zu einer nachhaltigen Bioökonomie. Von dieser Spitzenstellung können die Wirtschaft und die Gesellschaft sowohl durch nachhaltiges Wirtschaften vor Ort als auch durch die Vermarktung der entsprechenden Technologien profitieren.

Die baden-württembergischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen kooperieren im Themenfeld Bioökonomie innerhalb der EU auf vielfältige Weise, sowohl über Netzwerke und Allianzen als auch über konkrete Forschungsprojekte. Eine Zusammenstellung von Beispielen aktuell laufender europäischer Kooperationsprojekte findet sich in *Anlage 2*.

Die Universität Heidelberg ist Mitglied der 4EU+European University Alliance, hier betreut das Heidelberg Center for the Environment im Flagship 4 „Environmental transitions“ Forschungsthemen.

Die European Bioeconomy University (EBU) wurde auf Initiative und unter Leitung der Universität Hohenheim gegründet. Im Rahmen der EBU arbeiten sechs führende europäische Universitäten an einem gemeinsamen europäischen Bioökonomie-Profil zur Lehre, Graduiertenausbildung, Forschung und Öffentlichkeitsdarstellung. Außerdem ist die Universität Hohenheim Mitglied der ICA – Association for European Life Science Universities, einem Netzwerk von mehr als 50 Universitäten in der EU und ihren Nachbarländern (Europäischer Hochschulraum, EHEA), das sich mit Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft (Land- und Forstwirtschaft, Lebensmittelwertschöpfungskette und biobasierte Wirtschaft), der nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen, der biologischen Vielfalt, dem Umweltschutz und der ländlichen Entwicklung befasst. Auch am Aufbau der Europäischen Innovationspartnerschaft EU Knowledge and Innovation Community (KIC) EIT Food, für die sich europaweit 50 Forschungseinrichtungen und Unternehmen zusammengeschlossen haben, ist die Universität Hohenheim maßgeblich beteiligt. Schließlich ist die Universität Hohenheim auch an FOODforce, einem Netzwerk führender europäischer Forschungsorganisationen aus den Bereichen Nahrung, Ernährung und Gesundheit beteiligt. Zudem kooperiert die Universität mit vielen europäischen Partnern aus Forschung und Praxis über EU-Projekte (Beispiele siehe *Anlage 2*).

Das KIT verzeichnet seit 2002 bis jetzt etwa 360 europäische Kooperationen mit insgesamt 13 Ländern der EU, einige Beispiele für laufende Kooperationsprojekte sind in *Anlage 2* aufgeführt.

Die Hochschule Biberach ist Mitglied der EU-Initiative „New European Bauhaus“ (Europäische Kommission), die sich zum Ziel gesetzt hat, das Leben in Europa und darüber hinaus neu und vor allem nachhaltiger zu gestalten. Die Hochschule Furtwangen kooperiert auf Forschungsebene mit der Universität Linköping, Schweden, sowie mit dem University College London (UK), Department of Biochemical Engineering. Die Schwerpunkte der internationalen Bioökonomie-Forschungskooperationen der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg liegen in Japan, Brasilien und Subsahara-Afrika. Innerhalb der EU gibt es aktuell for-

schungsbezogene Zusammenarbeit im Bereich der (holzbasierten) Bioökonomie mit Rumänien, der Ukraine und Österreich.

Um diese Spitzenstellung nicht nur im universitären Bereich, sondern auch bei der Anlagen- und Produktentwicklung zu halten und auszubauen, wäre die Unterstützung seitens des Landes insbesondere im Rollout erstrebenswert. Entsprechende Maßnahmen werden seitens der Landesregierung derzeit für die potenzielle Fortführung der LSNB ab 2025 entwickelt (vgl. Frage 15).

12. inwiefern die Bioökonomiestrategie des Landes durch ein Monitoring begleitet wird unter Nennung der Bewertungsparameter;

Die Umsetzung der Förderprogramme wird anhand der Berichte und projektspezifischer Kennzahlen ausgewertet.

Die Bioökonomie umfasst verschiedene Wirtschaftssektoren und wird daher von aktuellen Erfassungen noch nicht spezifisch genug abgebildet. Die Bundesregierung fördert derzeit ein breit angelegtes Projekt zur Ermittlung wirtschaftlicher Kennzahlen und Indikatoren für ein Monitoring des Voranschreitens der Bioökonomie (Bioökonomie-Monitoring), an dem das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI aus Karlsruhe beteiligt ist. Darüber hinaus sind Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsbewertungen Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Rahmen der LSNB. Beispielsweise werden im vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft geförderten „urban BioÖkonomieLab“ des Fraunhofer IGB Kennzahlen entwickelt, die es ermöglichen sollen, die biologische Transformation des Systems „urbaner Raum“ in den Ballungsräumen Stuttgart, Mannheim und Karlsruhe abzubilden. Nach dem Vorliegen der Ergebnisse wird ein spezifisches Monitoring über die Folgejahre möglich sein.

13. welchen ökonomischen Beitrag die Bioökonomie zur Einsparung fossiler Energien und CO₂-Emissionen bereits jetzt leistet bzw. bis 2030 leisten kann unter Darlegung, welche weiteren ökologischen Potenziale sie bietet, mit welchen künftigen Entwicklungen zu rechnen ist und welchen Beitrag sie der Bioökonomie zur Erreichung der Klimaschutzziele des Landes beibringt;

Der Erzeugung von Produkten in urbanen und industriellen Bioraffinerien wird eine große Bedeutung bei Umwelt- und Klimaschutz zugemessen, wie an folgenden Beispielen deutlich wird:

- Die Abwasserraffinerie „RoKka“ (s. o.) erzeugt aus dem in Abwasser vorhandenem Stickstoff einen Stickstoff-Dünger (Ammoniumsulfat). Angesichts der aktuellen geopolitischen Lage sind die Preise für „fossil hergestellten“ Dünger erheblich gestiegen. Zudem wird die Erzeugung und Freisetzung des sehr klimaschädlichen Lachgases (N₂O) vermieden, das Klima geschont und gleichzeitig ein wirtschaftlicher Vorteil in einer resilienten Lieferkette erzeugt.
- Mit dem Ansatz des biologischen CO₂-Recyclings (CCU_{BIO}, s. o.) soll CO₂ an Punktquellen direkt abgefangen und zu neuen Rohstoffen mittels biohybrider Verfahren vergleichbar der Photosynthese umgewandelt werden. Durch diese Kreislaufführung ist dieses CO₂ nicht klimawirksam, da es zu diesem Zeitpunkt nicht in die Atmosphäre gelangt.

Der Einsatz von Holz im Bauwesen weist nach der Studie des Umweltbundesamtes 192/2020 „Potenziale von Bauen mit Holz“ im Vergleich zu mineralischen Bauweisen eine vorteilhafte Ökobilanz im Bereich Treibhauspotenzial und beim Verbrauch fossiler Ressourcen auf. Dieser Vorteil basiert einerseits auf der Substitution CO₂-intensiver Baumaterialien wie Stahl und Zement, die bei ihrer Herstellung zu erheblichen Emissionen und grauer Energie führen. Zudem ist im Holz das vom Baum aufgenommene CO₂ in Form von Kohlenstoffverbindungen gespeichert, wodurch die gebaute Umwelt zu einem immer größeren Kohlenstoff-

speicher werden kann. Das genaue Einsparpotenzial ist im Rahmen einer Ökobilanzierung projektindividuell zu ermitteln.

Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind auch für die Verwendung im Transportsektor (z. B. in der Elektromobilität) aufgrund ihres geringeren Gewichtes und der damit verbundenen Energieeinsparung gefragt.

Zur Wärmebereitstellung steuert Biomasse unter den erneuerbaren Energieträgern in Baden-Württemberg mit Abstand den größten Anteil zur Einsparung fossiler Energien bei. In Bezug auf die Endenergie lag dieser Anteil im Jahr 2021 bei rund 85 Prozent. Innerhalb der verschiedenen Formen von Biomasse stehen bei der Wärmebereitstellung insbesondere feste Energieträger genutzt in Einzelfeuerstätten (39 Prozent des Endenergieverbrauches für Wärme aus Bioenergie) sowie in Zentralheizungen und Heiz(kraft)werken (49 Prozent des Endenergieverbrauches für Wärme aus Bioenergie) im Vordergrund. Moderne Holzheizungen wie Pellets- oder Hackschnitzelkessel erreichen hierbei hohe Wirkungsgrade von rund 90 Prozent.

Ein bioökonomisches Prinzip ist jedoch, dass die energetische Nutzung von Biomasse nicht direkt erfolgt, sondern möglichst einer stofflichen Verwendung folgt bzw. nur Sortimente eingesetzt werden, die keine andere Verwendung finden. Hierdurch ist eine deutliche Verbesserung der Klimabilanz möglich (vgl. Drucksache 17/2093).

Biogas hat derzeit einen Anteil von 5,7 Prozent an der Bruttostromerzeugung und leistet mit 1,3 Prozent am Endenergieverbrauch für Wärme (2021) ebenfalls einen Beitrag zur Einsparung fossiler Energieträger in Baden-Württemberg. Die aktuellen Diskussionen um die Energieversorgungssicherheit und auch nach der bedarfsgerechten Energieerzeugung haben die Bedeutung der bestehenden Anlagen verdeutlicht. Eine wichtige Säule der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg ist deshalb die Weiterentwicklung des Biogasanlagenbestands. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Förderung des verstärkten Einsatzes von Reststoffen und der Systemdienlichkeit, auch im Sinne der Wirtschaftlichkeit und Effizienz. Die Nutzung von Koppelprodukten wie beispielsweise Fasern schaffen zusätzliche Wertschöpfungsoptionen und die Möglichkeit, fossilbasierte Produkte zu ergänzen.

In Baden-Württemberg sind insgesamt 16 Bio-Methan-Aufbereitungsanlagen an das Gasnetz angeschlossen, welche jährlich insgesamt ca. 47,5 Millionen Normkubikmeter Bio-Methan einspeisen (vgl. Drucksache 13/3075).

Die bioökonomische Verwertung von Biomasse aus Paludikulturen und die Entwicklung entsprechender Wertschöpfungsketten kann die Akzeptanz von Wiedervernässungsmaßnahmen von ackerbaulich genutzten organischen Böden verbessern. Die Nutzung von Moorgebieten zum wirtschaftlichen und ökologischen Nutzen erfordert die Zusammenarbeit von politischem und lokalem Wissen, um die besten Pläne und Wertschöpfungsketten für jedes Moor zu erstellen.

14. inwiefern der Wirtschaftssektor Bioökonomie die Resilienz, Wettbewerbsfähigkeit und Weltmarkt-Unabhängigkeit Baden-Württembergs stärkt unter Nennung der arbeitsmarktpolitischen Potenziale, die der verstärkte Einsatz bioökonomischer Verfahren für die heimische Wirtschaft bietet;

Die Bioökonomie leistet einen wichtigen Beitrag für eine wettbewerbsfähige Industrie und für die Attraktivität des Industriestandortes Deutschland. Ersetzt die Industrie fossile durch biobasierte Rohstoffe, so verspricht dies innovative Herstellungsverfahren, neue Produkte und Wachstumschancen für fast alle Branchen. Experten rechnen für die nächsten 20 bis 30 Jahre mit guten Wachstumschancen für die Bioökonomie weltweit. In einer von der EU-Kommission 2019 herausgegebenen Studie wird bis 2050 ein Umsatzanstieg weltweit auf etwa 22 bis 23 Billionen Euro pro Jahr prognostiziert, gegenüber etwa 14 Billionen Euro heute. Der Anteil an der globalen Wirtschaftsleistung wird dann nach den EU-Schätzungen bei etwa 9 bis 10 Prozent liegen, mit überdurchschnittlichen Wachstumschancen

bei biobasierten Chemikalien, Kunststoffen und Pharmaprodukten. Insbesondere die Vermarktung entsprechender Technologien bietet Diversifizierungsoptionen für die starken Branchen des Maschinen- und Anlagenbaus.

Bereits jetzt verfügt die industrielle Bioökonomie über Innovationspotenziale für zahlreiche Branchen, die sich in Beschäftigtenzahlen und erwirtschafteten Umsätzen widerspiegeln. Statistisch gesehen sind derzeit ca. 17,5 Millionen Beschäftigte in der EU im Bereich der Bioökonomie tätig, in Deutschland sind es 3,1 bis 3,6 Millionen (einschließlich industrieller Bioökonomie). Das entspricht in beiden Fällen ca. 9 Prozent aller Beschäftigten. Sie erwirtschaften ca. 614 Milliarden Euro, in Deutschland zwischen 165 und 265 Milliarden Euro. Das entspricht 4,7 Prozent des EU-BIP und zwischen 5 und 6 Prozent des deutschen BIP. Das Potenzial der (industriellen) Bioökonomie lässt sich auch an der Anzahl der Patente mit mehr als 4 000 pro Jahr ablesen. Prozentual entfallen dabei die meisten auf die folgenden Branchen:

- Pharma: 30 Prozent
- Chemie: 30 Prozent
- Maschinenbau: 25 Prozent
- Textil, Bekleidung und Leder: 9 Prozent

Die Stärkung, Etablierung und Verstetigung regionaler, bioökonomiebasierter Wertschöpfungsketten leistet aber nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit und zur Resilienz Baden-Württembergs im internationalen Vergleich, sondern insbesondere auch zum Klimaschutz. Die Klimaschutzziele des Landes lassen sich nur durch eine fortlaufende Defossilisierung der Wirtschafts- und Lebensweise erreichen. Hierbei spielt die Bioökonomie eine wichtige Rolle. Im Verlauf dieser Transformation ergeben sich zudem neue Arbeitsmarktpotenziale, die es fortlaufend zu identifizieren und zu nutzen gilt. Baden-Württemberg kann hier seine Vorreiterrolle durch zukunftsweisende bioökonomische Ansätze auf internationaler Ebene weiter verstetigen und seiner Vorbildfunktion zur klimaverträglichen Transformation der Wirtschaft und Gesellschaft weiter gerecht werden.

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft fördert derzeit die Erarbeitung von kommunalen Bioökonomiestrategien in den großen Ballungsräumen des Landes, in denen über 50 Prozent der Bevölkerung Baden-Württembergs leben. Die Potenziale werden für diese Regionen nach Vorliegen der Ergebnisse Ende 2024 konkret sichtbar.

Dass viele Unternehmen im Land die ökonomische Bedeutung bioökonomischer Prinzipien erkannt haben, zeigt beispielhaft die Studie des Wirtschaftsförderung Region Stuttgart (vgl. <https://wrs.region-stuttgart.de/publikationen/biooekonomie-region-stuttgart/>).

15. ob und wenn ja wie die Bioökonomiestrategie des Landes weiterentwickelt werden soll.

Der Ministerrat hat sich im Dezember 2022 mit dem Umsetzungsstand der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie befasst und bekräftigt, dass die Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie – wie bereits im Koalitionsvertrag vereinbart – weitergeführt werden soll. Dazu wird derzeit eine Konzeption zur Weiterentwicklung der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie erarbeitet, die Anfang 2024 mit einer Laufzeit für weitere fünf Jahre (2025 bis 2029) mit dem Vorbehalt der Mittelbereitstellung durch den Haushaltsgesetzgeber beschlossen werden soll.

Künftig sollte ein Schwerpunkt auf die Verbreitung und Umsetzung der nachhaltigen Bioökonomie im industriellen Maßstab in allen für Baden-Württemberg wichtigen Wirtschaftszweigen in den ländlichen, urbanen und industriellen Räumen gelegt werden. Dazu ist es erforderlich, den Transfer von Modell- und Pilotanwendungen in die Wirtschaft im Rahmen der bestehenden Mittelansätze zu fördern und die Unternehmen auf dem Weg in eine Bioökonomie zu begleiten und zu unterstützen.

Walker

Ministerin für Umwelt,
Klima und Energiewirtschaft

Bioökonomieforschung Baden-Württemberg**Beispiele für aktuell bearbeitete Themen an baden-württembergischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen**Universität Freiburg

- Diskurs- und Politikintegrationsforschung von bioökonomischen Fragestellungen
- Erforschung natürlicher Materialien und die Entwicklung von neuartigen Biomaterialien, insbesondere Holzforschung über die Synthese von Biomakromolekülen, Polymerphysik und Nanotechnologie bis hin zur Material- und Werkstofftechnologie
- Governance-Aspekte der Bioökonomie, insbesondere strukturelle Modellierung von Marktnetzwerken und Systemdynamiken, Identifikation von Hebelpunkten für Politikinterventionen

Universität Hohenheim

- Modulare landwirtschaftliche Bioraffinerien
- Biobasierte Wertschöpfungsketten – von lignozellulosehaltiger Biomasse, angebaut auf marginalem Land, zu biobasierten Materialien und Produkten (Plattformchemikalien (z. B. HMF), Baustoffe, Biokohle, Fasern, Verpackungen, Biobasierte Kunststoffe und Verbundstoffe
- Biobasierte Dünger – Recycling von Pflanzennährstoffen aus Rest- und Abfallströmen
- Pflanzenbasierte Lebensmittel – von neuen Proteinen (Leguminosen, Mikroalgen), der Erschließung von Saponinen aus pflanzlichen Nebenproduktströmen bis zum 3D-Druck
- Bioverfahrenstechnik zur mikrobiellen Herstellung und Aufbereitung von biobasierten Chemikalien
- Transformation der Ernährungssysteme – von der Reduzierung der Lebensmittel bis zu urbaner Landwirtschaft
- Mehr Biodiversität durch nachhaltige Landnutzungssysteme – von Grünland und Blühpflanzen bis zur nachhaltigen Agrarproduktion ohne chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel
- Klimaschonende Landwirtschaft durch Reduzierung von Treibhausgasemissionen, z. B. in der Tierfütterung, und Festlegung von Kohlenstoff, z. B. durch mehrjährige Pflanzenproduktionssystemen
- Resiliente Agrarsysteme – von Züchtung bis zu Digitalisierung und Ökosystemleistung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

- Entwicklung von Bioraffinerie-Konzepten (Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim)
- Nutzung von Energiepflanzen, die auf marginalem Land angebaut und nicht für die Nahrungs- und Futtermittelherstellung in Frage kommen (Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim)
- Entwicklung und Bewertung von Verfahren zur Nutzung von Lebensmittelnebenströmen (Upcycling) und alternativen Proteinquellen – die am KIT gelegten wissenschaftlichen Grundlagen wurden mit Industriepartnern weltweit umgesetzt
- Entwicklung einer Sorghum-Sorte als multimodale Bioökonomiepflanze (Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum (LTZ) Forchheim und der Landesgesellschaft BIOPRO Baden-Württemberg)

Anlage 1

- Entwicklung von Verfahren, um über eine gravitropische Stimulierung die Bildung wertgebender sekundärer Pflanzenstoffe (essentielle Öle aus der Minze, Produktion von Arnica) anzuregen (Zusammenarbeit mit der Firma vertical farm tech und der Universität Karlstad, Schweden)
- Modell- und datengestützte Automation von (Mikro)Algenwachstumsprozessen zur Erzeugung von Hochwertstoffen (z. B. Erzeugung von Astaxanthin durch eine Mikroalge)
- Entwicklung und Bewertung modularer, regionaler und leicht skalierbarer mikrobieller Prozesse zur Produktion von alternativen, nachhaltigen Proteinquellen für Futter- und Lebensmittel
- Stoffliche und wertschöpfende Konversion von biogenen Abfall- und Reststoffen in der Biotechnologie, z. B. Aufwertung pflanzenzellwandreicher Nebenströme der Lebensmittelindustrie
- Ausbau der Elektrobiotechnologie: Das Thema verknüpft den Energiesektor mit der chemischen Produktion. Dabei wird ein wesentlicher Beitrag zur stofflichen Nutzung des Treibhausgas CO₂ angestrebt.
- Erforschung des pflanzlichen Mikrobioms im Boden und im Holz von Weinreben mit dem Ziel Ansätze für die Eindämmung von Stammkrankheiten der Rebe zu finden
- Leitung eines internationalen Netzwerks zur Entwicklung von LandSyMM – Land System Modular Model, ein subnationales bis globales Modell des Landsystems, das Module für die Entscheidungsfindung bei der Landnutzung, Makroökonomie und dem globalen Handel, Ökosystemprozessen, Biodiversität und das Klimasystem miteinander verbindet
- Untersuchung der Folgen und der Durchführbarkeit der europäischen Biodiversitäts- und Umweltpolitik, wie z.B. des Green Deal und der EU-Biodiversitätsstrategie
- Analyse der Auswirkungen disruptiver Technologien im Lebensmittelsystem (z. B. vertikale Landwirtschaft, Genome Editing, Fleisch aus Kulturen).

Universität Stuttgart

Bearbeitung des Themas Bioökonomie von den Bau- und Ingenieurwissenschaften über die Energie- und Verfahrenstechniken bis hin zu Sozialdynamischen Analysen. Beispielsweise:

- Nachhaltige Produktion von Grund- und Feinchemikalien, Aromastoffen, Proteinen, und auch pharmazeutischen Wirkstoffen (Zusammenarbeit mit diversen Firmen und akademischen Partnern weltweit): Forschungsprojekte zur Entwicklung neuer Stämme und Bioprozesse; Herstellung von Terpenoiden (Aromastoffen) im Produktionsmaßstab in den USA; Entwicklung eines industriellen Produktionsverfahrens für BioAnilin
- Inwertsetzung von biogenen Reststoffströmen: Gewinnung von Rohstoffen aus Bioabfällen durch Kompostierung und Vergärung; z. B. Fasergewinnung aus Bioabfällen, Gewinnung von organischen Säuren, Cellulase und Biogas; Projekt „Insektenbioraffinerie (InBiRa)“
- Rural Urban Nutrient Partnership (RUN)-Projekt: Aufbereitung und Nutzung der anthropogenen Ressourcenströme „Schwarzwasser“ und „Küchenabfälle“, damit sie im landwirtschaftlichen Umland wiedereingesetzt werden können (biobasierte Kunststoffe, Dünger).

Anlage 1

Universität Tübingen

- Entwicklung von Alternativen zu chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen auf der Basis von mikrobiellen Gemeinschaften
- Entwicklung von nachhaltigen Pestiziden, wie beispielsweise einem cyanobakterieller Zucker mit herbizidaler Wirkung
- SAGE-Projekt (Sustainable Adaptation to Global Change in the Middle East): Erforschung nachhaltiger Landnutzungssysteme im Nahen Osten

Außerdem werden am Zentrum für Ethik in den Wissenschaften bzw. am Institut für Evolution und Ökologie ethische und ökologische Aspekte einer Bioökonomie untersucht.

Hochschule Aalen

- Verwendung und Verarbeitung von biogenen thermoplastischen und duroplastischen Werkstoffen und deren Verbundwerkstoffen mit Fokus auf der Substitution von fossilen Werkstoffen sowie Grundlagenuntersuchungen zur biologischen Abbaubarkeit von Kunststoffen
- Entwicklung und Erprobung biologisch abbaubarer Schmierstoffe für elektromechanische Antriebssysteme
- Weiterentwicklung von Holzaufschlussverfahren für Laubholz in Kooperation mit dem Technikum Laubholz ausgehend vom bereits patentierten LICIL-Verfahren und langjähriger Expertise zum Thema Holzaufschluss

Hochschule für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften Albstadt-Sigmaringen

- Entwicklung nachhaltiger Verpackungslösungen im SPI Sustainable Packaging Institute
- Etablierung einer nachhaltigen und kreislauffähigen Textilwirtschaft, die biobasierte Materialien, Textilprozessierungen oder biobasierte und technische Recyclingprozesse verbindet (Projekte „veganes Leder“, „kreislauffähige Textilwirtschaft“)
- Upgrade von Nebenströmen aus der Lebensmittelproduktion
- Insektenbasierte Lebensmittel - Produktentwicklung und Lebensmittelsicherheit
- Regionale Wertschöpfungsmodelle im Bereich Lebensmittel (Regionalität, Nachhaltigkeit, Versorgungssicherheit)
- Verbraucherforschung Lebensmittel, Nachhaltigkeit & Regionalität

Hochschule Biberach

Schwerpunkt im Bereich Bau-Bioökonomie

- Untersuchung nachhaltiger Bewehrungen aus Naturfasern für Textilbetonbauteile
- Holz-Beton-Verbunddecken im negativen Momentenbereich
- Stoffliche Verwertung von Holz- und Pflanzen-Reststoffen
- Wasserkreislaufsystem für Mikroalgen-Produktionsanlagen
- Digitalisierung von Bioraffineriekonzepten für die kaskadische Nutzung von biogenen Nebenströmen der Bierindustrie
- Entwicklung eines Bioraffineriekonzepts zur vollständigen Nutzung von Hülsenfrüchten zur Herstellung hochwertiger Proteinfractionen für die Lebensmittelindustrie

Hochschule Esslingen

- Automatisierung von Algenkulturen und deren Einsatz in der Hochschullehre

Anlage 1

- Entwurf und Implementierung von Prozessführungs- und Automatisierungskonzepten bei mikrobiellen Bioprozessen zur Herstellung von biologischen Produkten; Nährmedienentwicklung

Hochschule Furtwangen

Forschungsarbeiten zu

- Biogas- und Bioethanolproduktion
 - Biokatalysen und biopharmazeutische Prozesse
- in Kombination mit deren Nachhaltigkeitsbewertung, mathematischen Methoden, der Prozessautomation und der modellassistierten Versuchsplanung.

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Entwicklung von Konzepten und Verfahren zum Erhalt der biologischen Vielfalt, zur bodenschonenden Bearbeitung, zur Biodiversitätsbewertung, zu Energieerzeugung und Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen. Beispiele sind Arbeiten zu:

- Erhaltung historischer Kulturpflanzen
- Möglichkeiten und Grenzen von freiwilliger CO₂- Kompensation in Mooren Baden-Württembergs
- Sortenscreening als Basis für die Erhaltung und Inwertsetzung einer alten Gemüsesorte (Filderkraut)
- Erarbeitung von Instrumenten zur Bewertung und Prognose der Biodiversitätsleistung von landwirtschaftlichen Betrieben
- Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau
- Reduktion der Grünpflegekosten an Straßen bei gleichzeitiger Erhöhung der biologischen Vielfalt im Straßenbegleitgrün
- Alternative Biomasse-Anbausysteme zur Ökonomisierung und Ökologisierung des Anbaus von Biogassubstraten im konventionellen und ökologischen Landbau
- Energiewirtschaftliche Biomassekonzepte im ländlichen Raum
- Gärprodukte ökologisch optimiert und wertorientiert aufbereiten und vermarkten
- Wärmenutzung von Biogasanlagen in Deutschland
- Ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung von aquatischen Makrophyten
- Ganzheitliche Bewertung der Integration von Power-to-Gas-Konzepten in Biogas- und Biomethananlagen
- Leistungsprüfung bei Stangenbohnen für den Mischanbau mit Energiemais
- Innovative Dünger- und Erdenprodukte auf Basis von Biogas-Gärprodukten und Entwicklung einer innovativen Biogasanlagentechnik
- Hobby-Gartenbau mit torf reduzierten und torffreien Substraten auf Basis nachwachsender Rohstoffe
- Gegenstrategien für Schaumereignisse in Biogasanlagen
- Bodenschonende Bearbeitungsverfahren Reduktion der Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträge in Grund- und Oberflächengewässer durch Konservierenden Ackerbau

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien Offenburg

- Biotechnologische Verwertung von Weizenstroh und der Duchwachsenen Silphie zur Herstellung von Kultivierungsmedien zur Cellulaseherstellung. Die Cellulose wird verzuckert und als Substrat für die Cellulaseherstellung und die Aufzucht des gelben Mehlwurms eingesetzt
- Biotechnologische Verwertung von Abfällen der Biotonne zur Herstellung von Kultivierungsmedien zur Cellulaseherstellung. Die Cellulasen werden zur

Anlage 1

- Verzuckerung der im Bioabfall enthaltenen Cellulose genutzt und projektintern hergestellt und eingesetzt. Die Zucker können dann bei den Projektpartnern zur Herstellung von Bioenergie oder Biopolymeren weiterverwendet werden
- Biotechnologische Verwertung von Abfallsubstraten und Prozessoptimierung mittels KI
 - Entwicklung/Optimierung neuartiger Reaktoren für die energieeffiziente biologische Herstellung von Biomethan aus CO₂ (z. B. aus Biogasanlagen) und H₂; Patentanmeldungen für zwei der entwickelten Reaktor- bzw. Begasungskonzepte

Hochschule Pforzheim

- Industriellen Herstellung von Insektenprotein im Pilotmaßstab – Nutzung von Reststoffen aus der Lebensmittel für die Insektenzucht, Herstellung von Proteinen aus Larven des Mehlkäfers

Hochschule Reutlingen

Forschung an Biotechnologien, an biobasierten Verfahren, biogenen Werkstoffe und biobasierten Ressourcen als Grundlage für Produktionsprozesse:

- Entwicklung neuartiger Materialien und Beschichtungen, die gezielt biologische Systeme in vivo (im lebenden Organismus) und in vitro (in künstlicher Umgebung) beeinflussen
- Untersuchung der komplexen Wechselwirkungen zwischen den biologischen Systemen und den Materialien
- Tissue Engineering
- Cultured Meat
- Recycling-Verfahren von textilen Naturmaterialien und biobasierter Werkstoffen
- Herstellungsverfahren von textilen Produkten aus Naturmaterialien
- Herstellung neuartiger, biobasierter Werkstoffe als Ersatzprodukte für Erdöl- oder Mineralien-basierte Werkstoffe
- Untersuchung von Biogas-Blockheizkraftwerken als dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Valorisierung von Kondensatströmen aus der Torrefizierung von Biomasse in Bioraffinerien
- Untersuchung regionaler Wertschöpfungsketten des Ökolandbaus zur Identifizierung von zentralen Barrieren, die den Ausbau der ökologischen Landwirtschaft hemmen
- Untersuchung und Entwicklung von Echtzeitvernetzung von Systemen und Prozessen des Smart Farming mittels 5G, um einen optimalen und nachhaltigen Ressourceneinsatz in der Landwirtschaft zu ermöglichen

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

- (holz-basierte) Biomasse-Rohstoffe (Rohstoffaufbereitung und-logistik, Konversionen, Emissionen, Upcycling)
 - o Aufwertung lokaler Märkte durch Nutzung biogener Reststoffe
 - o Evaluierung von Schnellmesstechnik zur Brennstoffanalytik in Holz-(Heiz-)Kraftwerken
 - o Kurzstudie: Holz-basierte Bioökonomie in Baden-Württemberg - Analyse der Datenlage zu Holz-Stoffströmen
- Stoffliche Nutzung biogener Rohstoffe (Holzbau, alternative Holzwerkstoffe, Ökobilanzen, Plastikvermeidung)
 - o Laub als Dämmstoff

Anlage 1

- Ökobilanzieller Vergleich von Gebäuden der öffentlichen Hand aus Holz und aus mineralischen Baustoffen sowie Aufbereitung für kommunale Entscheider
- Baukosten-Studie zu großen Holzbausiedlungen und -quartieren in Europa
- Entwicklung einer innovativen, biozidfreien Behandlung von heimischen Holzarten mit Polyethylenglycol (PEG) für die Nutzung im Außenbereich
- Brettsperrholz aus modifiziertem Buchenholz
- TheForestCleanup: Entwicklung innovativer Wuchshüllen aus NaWaRo & Konzepte zur Vermeidung von Plastikakkumulation im Wald
- Ökologischer Landbau im Kontext gesellschaftlicher, ökonomischer und ökologischer Transformationsprozesse“, welches Treiber, Hemmnisse und Chancen der Umstellung auf Ökolandbau auf betrieblicher Ebene untersucht.

Hochschule der Medien Stuttgart

Forschungscampus Lenningen

- Faseraufbereitung und Erzeugung komplexer Faserstoffmaterialien aus Ein- und Mehrjahrespflanzen sowie aus Reststoffen aus der Land- und Abfallwirtschaft

Fraunhofer-Institute

s. LT-Drs 17 / 4372

Bsp. Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik

Durch die Kombination biologischer und verfahrenstechnischer Kompetenzen, soll beim FhG IGB mit dem Systemansatz der Bioökonomie über bioinspirierte, biointegrierte und biointelligente Lösungen ein Beitrag zur nachhaltigen Wirtschaft mit dem Ziel des Wohlergehens des Menschen und einer intakten Umwelt geleistet werden. Im Themenfeld Nachhaltige Chemie begleitet das Fraunhofer IGB den Rohstoffwandel der Prozessindustrie, gerade im Industriezweig Chemie, und liefert Beiträge zu allen vier Bereichen der Bioökonomie: Lebensmittel, Futtermittel, nachhaltige chemische Produkte (auch CO₂-basiert) und Bioenergie. Das Fraunhofer IGB ist hier z.B. aktiv in der Entwicklung von

- Verfahren zur Vorbehandlung und Fraktionierung von biogenen Rohstoffen,
- Verfahren der industriellen Biotechnologie zur selektiven Stoffumwandlung mit enzymatischen oder fermentativen Prozessen,
- chemokatalytischen, elektrochemischen und elektrobiokatalytischen Prozessen und deren Kopplung mit biotechnologischen Prozessen,
- Membranen zur effizienten Gastrennung, z. B. zur CO₂-Abscheidung und -speicherung oder für biokatalytische Reaktionsverfahren

Im Themenfeld Umwelt- und Klimaschutz treibt das Fraunhofer IGB mit seinen Entwicklungen aus der Biologie und Bioverfahrenstechnik sowie neuesten Ansätzen der Verbindung von Biologie und der Digitalisierung (Biointelligenz) auch den Wandel zu einer nachhaltigen Bioökonomie in der Umwelttechnik voran. Dabei ist es aktiv in der Entwicklung von

- Technologien zur Rückgewinnung von Nährstoffen und Wertstoffen aus Abwasser, Abfall- und Reststoffen,
- Konzepten und Technologien für urbane und industrielle Bioraffinerien unter Verwendung von Abfall und Abwasser als Ausgangsstoffe,
- Verfahren zur Gewinnung von Biogas und Biowasserstoff aus Abwasser, Abfall- und Reststoffen,

Anlage 1

- Verfahren zur schonenden Trocknung verschiedenster Roh- und Reststoffe,
- Pyrolyse organischer Reststofffraktionen als Bodenverbesserer,
- Aufarbeitungsprozesse kritischer Rohstoffe aus sekundären Quellen auf molekularer bzw. atomarer Ebene (Edelmetalle, Seltene Erden) bspw. mittels Biomining.

Bioökonomieforschung Baden-Württemberg

Beispiele für laufende europäische Kooperationsprojekte

Universität Freiburg

Mehrere europäische Verbundprojekte mit Projektpartnerinstitutionen in unter anderem Schweden, Finnland, Norwegen, Frankreich und Österreich.

- EU collaborative research project CLEVER “Creating Leverage to Enhance Biodiversity Outcomes of Global Biomass Trade” (2022-2025)
- EU collaborative research project BIOCONSENT “Decision-making Support for Forest Biodiversity Conservation and Restoration Policy and Management in Europe: Trade-offs and Synergies at the Forest-Biodiversity-Climate-Water Nexus” (2022-2025)

Universität Hohenheim

- SPRINT – Sustainable plant protection transition: a global health approach (2020 – 2025; 27 Kooperationspartner aus 14 europäischen Ländern)
- BiodivERsA – BIOFAIR: Biodiversität in Böden und innovative Anbaustrategien zur verbesserten Resilienz im Europäischen Weizenanbau (2021- 2024; Projektpartner: Liège University, Belgien; FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau) Europe, Schweiz; Ghent University; University of Clermont; CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Spanien)
- LEX4BIO - Optimising bio-based fertilisers in agriculture (2019 – 2024; 15 Kooperationspartner aus 13 europäischen Ländern)
- CO-FRESH – CO-creating sustainable and competitive Fruits and vEgetableS’ value cHains in Europe (2020 – 2024; 28 Kooperationspartner aus 10 europäischen Ländern)
- GRACE – Growing Industrial Crops on marginal Land for Biorefineries (2017 – 2022; 22 Kooperationspartner aus 8 europäischen Ländern)
- MISCOMAR+ – Miscanthus for contaminated and marginal land (2020 – 2023; 8 Projektpartner aus Deutschland, Polen und Großbritannien)
- MIDAS – Marginal lands and industrial crops for the European Bioeconomy (2022 – 2026; 24 Kooperationspartner aus 14 europäischen Ländern)
- F-CUBED – Future Feedstock Flexible Carbon Upgrading to Bio Energy Dispatchable carriers (2020 – 2023; 14 Kooperationspartner aus 6 europäischen Ländern)
- GEroNIMO – Genome and Epigenome eNabled breedIng in Monogastrics (2021 – 2025; 21 Kooperationspartner aus 11 europäischen Ländern)

Anlage 2

- INVITE – INnovations in plant Variety Testing in Europe to foster the introduction of new varieties better adapted to varying biotic and abiotic conditions and to more sustainable crop management practices (2019 – 2024; 29)
- i2connect – Connecting advisers to boost interactive innovation in agriculture and forestry (2019 – 2024; 21 Kooperationspartner aus 11 europäischen Ländern)
- PATH2DEA – Analyse bestehender und zukünftiger digitaler Tools hinsichtlich ihres Potenzials und der Grenzen ihres Beitrags zur Erhöhung der Agroökologie und somit der Nachhaltigkeit des Ernährungssystems in Europa (2023 – 2025; 21 Kooperationspartner aus 11 europäischen Ländern)

KIT

- Kooperationen in Vorhaben zur Herstellung regenerativer Kraftstoffe (z.B. Flexi-Green Fuel, Next Generation Roadfuels, BL2F (black liquor to fuels), BRISK2)
- Bilaterale Kooperationen z. B. mit der Universität für Bodenkultur (BOKU in Wien, Universität Wageningen und der TU Delft)

Weitere laufende EU-Projekte:

- ForestPaths: Co-designing Holistic Forest-based Policy Pathways for Climate Change Mitigation - Bessere Quantifizierung des Beitrags der europäischen Wälder und des forstbasierten Sektors zur Abschwächung des Klimawandels mit gleichzeitigen Vorteilen für Anpassung, biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen
- wildE: Climate-smart rewilding: ökologische Wiederherstellung zur Abschwächung des Klimawandels, Anpassung und Förderung der biologischen Vielfalt in Europa
- Climforest: CLimate Mitigation and Bioeconomy pathways for sustainable FORESTry - Modellierung politischer Pfade zur Erreichung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung in Europa.
- BIONEXT: The biodiversity nexus: transformative change for sustainability - Modellierung des Zusammenhangs zwischen biologischer Vielfalt, Lebensmitteln, Wasser und Gesundheit
- MOSAIC: Gemeinsame Landnutzungsstrategien zur Bekämpfung des Klimawandels und des Verlusts der biologischen Vielfalt

Universität Stuttgart

- BIOS. The bio-intelligent DBTL cycle, a key enabler catalysing the industrial transformation towards sustainable biomanufacturing (Projektpartner aus Niederlanden, Frankreich, Estland, Finnland und anderen).
- Herstellung von Lignocellulose-basierten Monomeren für Polyester (Projektpartner aus Spanien, Frankreich und anderen)

- Herstellung von Terpenoiden (Projektpartner aus Niederlanden, Frankreich und anderen)

Hochschule für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften Albstadt-Sigmaringen

- BioSupPack - Biobasierte Herstellung von Polyhydroxyalkanoaten für Verpackungen aus Brauerei-Nebenströmen und Recyclingmaterial (2021-2024; 16 Partner aus 9 europäischen Ländern)
- PRESERVE - Biobasierte Packmaterialien mit optimalen Eigenschaften in Verpackungsanwendungen und hoher Recycling- und Upcycling-Fähigkeit für eine biobasierte Kreislaufwirtschaft (2021-2024; 26 Partner aus 9 europäischen Ländern)
- biontop - Biobasierte, recyclingfähige Verpackungsmaterialien zum Schutz hochwertiger Lebensmittel (2019 -2023; 21 Partner aus 8 europäischen Ländern)
- RECOVER - Entwicklung biobasierter Prozesse für das Recycling und den Abbau von Kunststoffabfällen und Mikroplastik (2020-2024; 17 Partner aus 7 europäischen Ländern)
- AlpBioEco - Untersuchungen zum bioökonomischen Potential von landwirtschaftlichen Produkten aus dem Alpenraum am Beispiel von Äpfeln, Walnüssen und Alpenkräutern (2018-2021; 12 Partner aus 5 europäischen Ländern)