



HESSEN



TECHNOLOGIELAND
HESSEN

VERNETZT.
ZUKUNFT.
GESTALTEN.

technologieland-hessen.de



Das Abc der Bioökonomie

Auf dem Weg zur biobasierten Wirtschaft von morgen -
mit vielen Praxisbeispielen aus Hessen

Inhalt

<p>04 Bio trifft Ökonomie Zur Vision einer biobasierten Weltwirtschaft</p> 	<p>08 Am Wachsen und Blühen Die hessische Bioökonomie</p> 
<p>10 Zum Blättern und Entdecken Über dieses Abc</p>	<p>A B C</p>  <p>12 Von A(lgen) bis Z(ukunft) Schlüsselbegriffe der Bioökonomie</p>
<p>60</p>  <p>Technogieland Hessen Das Innovationsfeld Life Sciences & Bioökonomie stellt sich vor</p>	<p>62 Impressum</p>



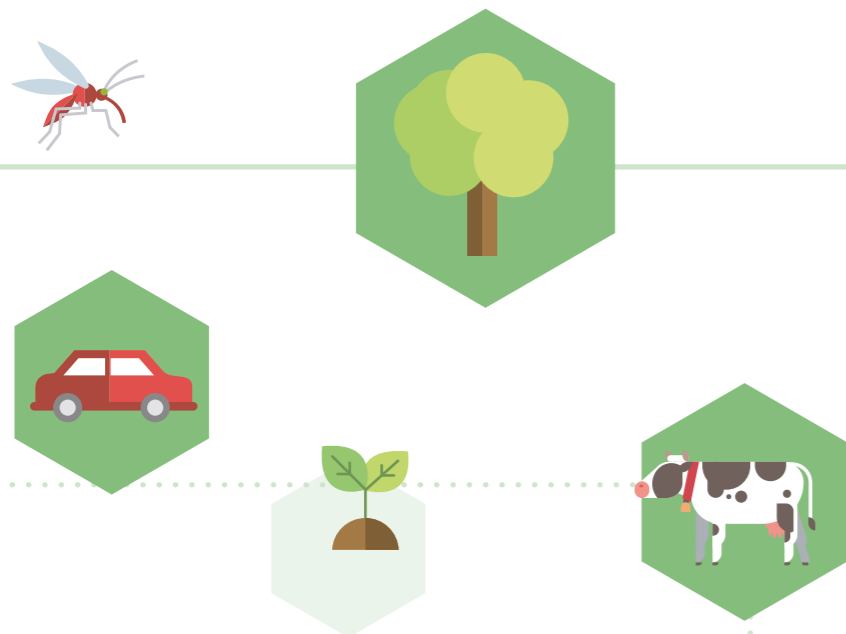
„Die Transformation unserer auf fossilen Energien basierenden, rohstoffintensiven und naturverbrauchenden Wirtschaft hin zu einer klimaneutralen, sozialen, krisenfesten und damit zukunftssicheren Wirtschaft hat begonnen. Biobasierte Ressourcen und biotechnologische Verfahren tragen dazu bei. Ich freue mich, dass immer mehr Unternehmen sie nutzen.“

Tarek Al-Wazir
Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

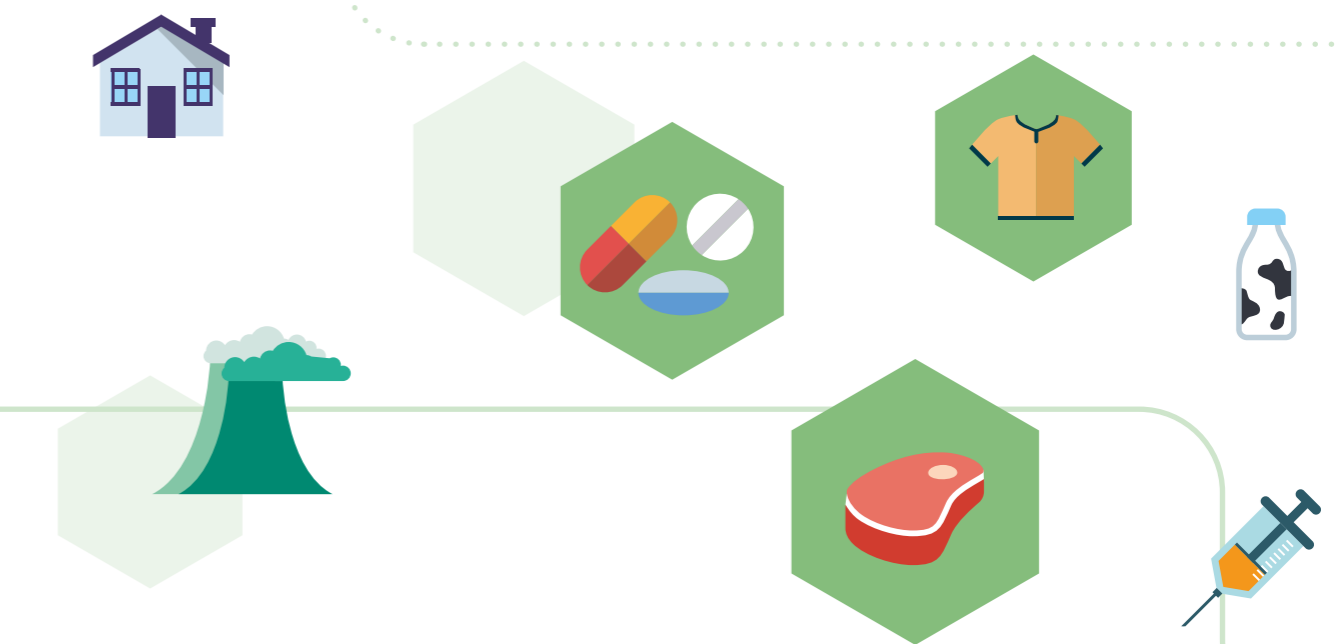
Bio trifft

Zur Vision einer biobasierten Weltwirtschaft

Biologie und Ökonomie sind „artverwandt“: Beide lassen sich als dynamische Systeme begreifen, die nach Wachstum und stabilem Gleichgewicht streben. Beide Sphären sind von komplexen Verarbeitungsprozessen, Materialströmen und Kreisläufen geprägt. Vor allem müssen beide mit denselben begrenzten Ressourcen eines Planeten haushalten. Im Angesicht knapper fossiler Rohstoffe wird das zu einer Aufgabe, die sich nur gemeinsam bewältigen lässt.



Ökonomie



Globales Umdenken

Noch heute basiert die Weltwirtschaft überwiegend auf der Nutzung und Verarbeitung fossiler Energieträger anstelle nachhaltig eingesetzter Biomasse und anderer regenerativer Quellen. Zugleich zeichnet sich seit einigen Jahren ein globales Umdenken ab, getrieben von der Erkenntnis, dass Klimaschutz und Ressourceneffizienz eine dauerhafte Abkehr von fossilen Rohstoffen erfordern. Damit ist die Biologie wieder in den Vordergrund wirtschaftlichen Handelns gerückt.

In der Klimaschutz- und Wirtschaftspolitik ist Bioökonomie kein Modebegriff, sondern ein ausgereiftes Konzept. Es umfasst laut einer Definition der Bundesregierung die „Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen“. Dabei ist die biobasierte Ökonomie weit mehr als ein Komplex aus Forschung und Technologie, Rohstoffen und Verwertung. Als vernetztes System erfordert sie gänzlich neue Wertschöpfungsketten und damit den Wandel kompletter Industriebranchen.



Neue Horizonte in der Politik

Ein Meilenstein für die globale Bioökonomieentwicklung war die UN-Klimakonferenz in Paris 2015. Dort wurde erstmals in aller Klarheit die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft gefordert: der möglichst vollständige Verzicht auf fossile Rohstoffe bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Wie das gelingen kann, ist bis heute ein politisches Kernthema. Im Jahr 2018 veröffentlichte die Europäische Union (EU) eine erweiterte Bioökonomiestrategie für Europa. Kurz darauf initiierte sie mit „Horizont Europa“ das gegenwärtige EU-Forschungsrahmenprogramm, das sich unter anderem auf Lebensmittel, Bioökonomie, natürliche Ressourcen, Landwirtschaft und Umwelt konzentriert. Seit Anfang 2022 ist mit der EU-Taxonomie außerdem ein Regelwerk in Kraft, das die ökologische Nachhaltigkeit von Unternehmen definiert. Über allem steht der „European Green Deal“ der Europäischen Kommission mit dem ambitionierten Ziel, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen.

Deutschland engagiert sich seit 15 Jahren intensiv für die Bioökonomie – angefangen mit der sogenannten Kölner Erklärung von 2007, in der ein Leitbild für eine biobasierte, nachhaltige Wirtschaftsweise ausgearbeitet wurde. Seitdem berät bereits der dritte Bioökonomierat die Bundesregierung bei ihrer Politikstrategie. Deren Ziele und Maßnahmen sind in der 2020 beschlossenen „Nationalen Bioökonomiestrategie“ verankert.

Ziele der Nationalen Bioökonomiestrategie

- Bioökonomische Lösungen für die Nachhaltigkeitsagenda entwickeln
- Potenziale der Bioökonomie innerhalb ökologischer Grenzen erkennen und erschließen
- Biologisches Wissen erweitern und anwenden
- Ressourcenbasis der Wirtschaft nachhaltig ausrichten
- Deutschland zum führenden Innovationsstandort der Bioökonomie ausbauen
- Gesellschaft einbinden, nationale und internationale Kooperationen intensivieren

Mit Vielfalt in die Zukunft

Bei aller Notwendigkeit und Entschlossenheit bleibt das Konzept einer biobasierten Wirtschaft komplex. Das liegt an seiner dreifachen Vielfalt: Erstens lassen sich unterschiedlichste Rohstoffquellen von Land- und Forstwirtschaft über Fischerei bis Abfallwirtschaft erschließen. Zweitens gehören zur Bioökonomie hochmoderne biotechnologische Verarbeitungsprozesse, die oft noch Gegenstand der Forschung und Entwicklung sind. Drittens ist die Zahl biobasierter Zwischen- und Endprodukte nahezu unbegrenzt. Es entstehen Baustoffe, Bioschmierstoffe, Funktionspolymere, Naturfasern, Pharmazeutika, Tenside und vieles mehr.

Um dieser Bandbreite wirtschaftlich gerecht zu werden, sind gute Ideen erforderlich, ob sie von Start-ups oder etablierten Unternehmen kommen. Parallel müssen Forschung, Politik und Wirtschaftsförderung den Blick aufs Ganze wahren, um Stoffkreisläufe in ihrer Komplexität zu verstehen und dabei die gerechte Verteilung natürlicher Ressourcen sicherzustellen. Letztlich sind alle Akteurinnen und Akteure aufgerufen, weiter zu denken als bis zu einem „grünen Anstrich“ des bisherigen Wirtschaftens. Die bioökonomische Vision meint es mit ihrem „Bio“ ernst: Sie kreiert mit naturnahen Produkten und Prozessen ein neues Ökosystem, das auf hochspezifischem Wissen und frischem Unternehmensgeist aufbaut.



Am Wachsen und Blühen

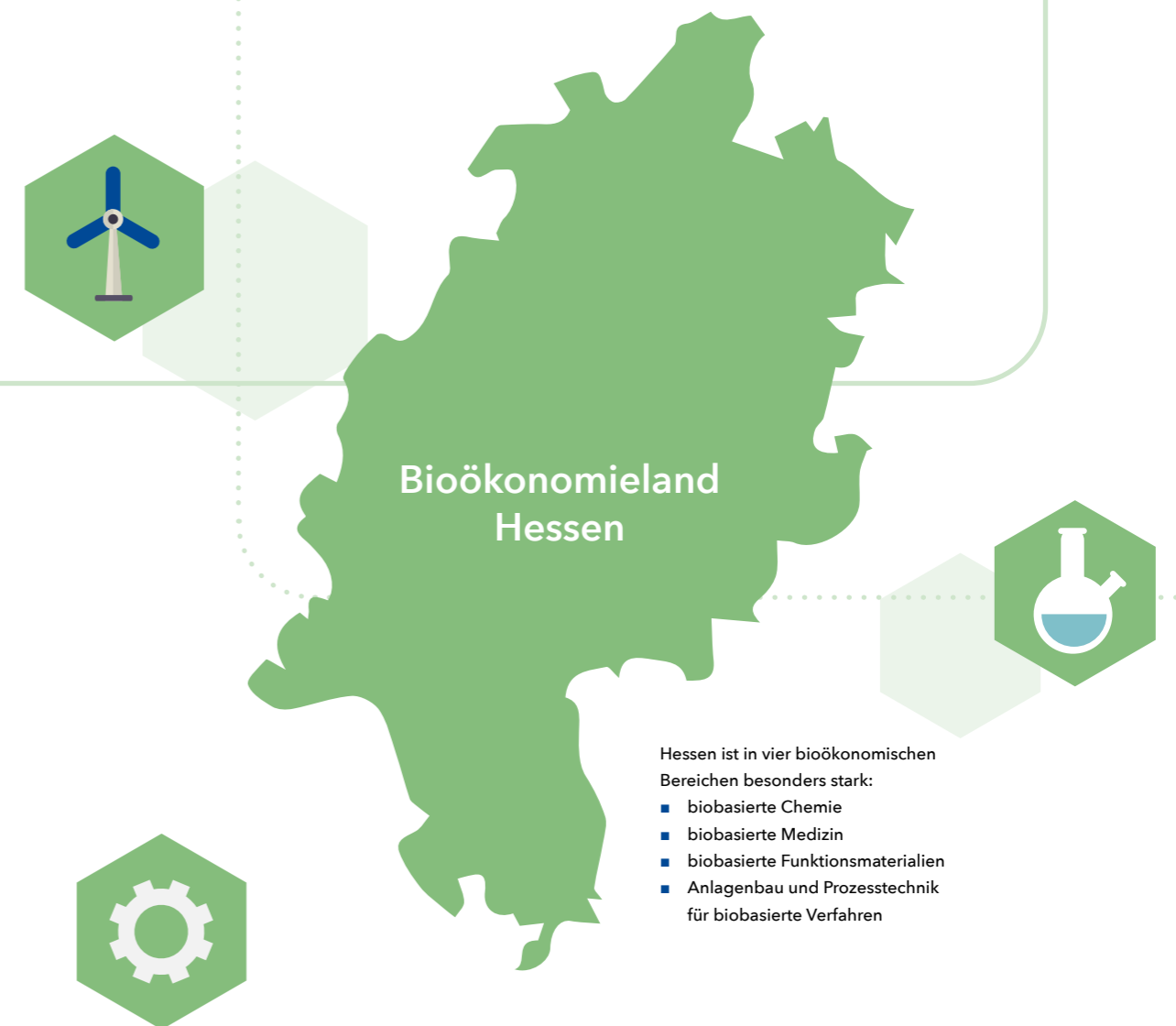
Die hessische Bioökonomie

Als traditioneller Chemie- und Pharmastandort ist Hessen bestens für den bioökonomischen Wandel gerüstet. Die industrielle Biotechnologie, die als Schlüsseltechnologie der biobasierten Wirtschaft gilt, ist hier etabliert. Darüber hinaus zeigen hessische Unternehmen ein großes Engagement im Anlagenbau, in der Prozesstechnik und bei Funktionsmaterialien.

Vom Biotechpionier zur wissensbasierten Bioökonomie

Mehrere hessische Firmen sind Pionierinnen und Pioniere der Biotechnologie. Sie betrachten es als große Chance, ihre Erfolgsgeschichte weiterzuschreiben und dadurch die Bioökonomie im weltweiten Wettbewerb zu profilieren.

Darauf aufbauend hat sich Hessen zu einem Standort wissensbasierter Bioökonomie entwickelt und hierzu bereits 2016 ein Positionspapier veröffentlicht. Darin wird deutlich, über welche vorteilhafte Wettbewerbsposition biobasierte Firmen in Hessen verfügen. Sie gründet auf der Verknüpfung einander ergänzender Akteurinnen und Akteure sowie einer breiten Infrastruktur. Deren Grundpfeiler sind die exzellente Anbindung an die internationale Verkehrsinfrastruktur und das starke Netzwerk zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Ein besonderer Standortfaktor sind die Industrieparks, die bioökonomische Ansätze für ihre Unternehmen und Regionen realisieren.



Gesamte Wertschöpfung abgedeckt

Die hessischen Unternehmen sind in allen Schlüsselbereichen der bioökonomischen Wertschöpfungskette aktiv: von der Forschung und Entwicklung über die Herstellung von Plattformchemikalien und Zwischen- bis zu Endprodukten. Der Mittelstand ist insbesondere in der Auftragsforschung und Vermarktung von Verfahren und Biokatalysatoren tätig. So ergänzt er die Forschung und Entwicklung der Großunternehmen als Innovationsmotor. Auch Start-ups treiben die Bioökonomie voran und blühen in der hessischen Wirtschaftslandschaft mit neuen Ideen für biobasierte Produkte und Verfahren auf.

Neues Wissen, neue Wege

Die wissensbasierte Bioökonomie hängt wesentlich davon ab, welche innovativen und wirtschaftlich verwertbaren Erkenntnisse entstehen. Hessen kann sich in dieser Hinsicht auf Spitzenforschung und hervorragende Ausbildung stützen. So tragen mehr als 30 Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen durch fundierte Forschung und Lehre zur hessischen Bioökonomie bei. Insbesondere die Biologie und Ingenieurwissenschaften zeichnen sich durch ihre internationale Spitzenstellungen aus.

Insgesamt ist Hessen als Bioökonomiestandort gut aufgestellt: einerseits mit festen Wurzeln in seinen Traditionsbranchen, andererseits mit Wachstum in der Forschung und bei Start-ups. Gemeinsam können die Beteiligten viele Wege erschließen, um die Potenziale der Bioökonomie weiter zu heben.

























Zum Blättern und Entdecken

Über dieses Abc

Ein Wirtschaftsfeld, das so interdisziplinär und visionär wie die Bioökonomie ist, braucht auch eine vielfältige Darstellung. In dieser Broschüre finden sich daher Schlüsselbegriffe der Bioökonomie als Abc zusammengefügt. Jeder Buchstabe bildet eine Wissensstation zu einem Kernthema, sei es ein Rohstoff, ein Technologiefeld oder ein übergeordneter Begriff. Jedes Thema begleiten kurze Erklärungen, Infografiken, Anwendungsfelder, Praxisbeispiele und Querverweise. Damit bietet sich die Broschüre als Wissensquelle an, die zum Stöbern und Entdecken, aber auch zum Nachschlagen einlädt.

Bioökonomie von A(lgen) bis Z(ukunft)

Das nachfolgende Abc erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, betrachtet aber das Spektrum biobasierter Wirtschaftens aus verschiedenen Perspektiven. Dabei wird deutlich, wie stark die einzelnen Bereiche miteinander verbunden sind und letztlich ein großes Ganzes bilden.

 12 Algen	 28 Insekten	 44 Qualifikation
 14 Biofabrik	 30 Junge Unternehmen	 46 Regenerative Energien
 16 Chemie	 32 Kunststoffe	 48 Stoffströme
 18 Dekarbonisierung	 34 Lebensmittel	 50 Textilien
 20 Enzyme	 36 Medizin	 52 Umwelttechnologien
 22 Fleischalternativen	 38 Naturmaterialien	 54 Verpackungen
 24 Gras	 40 Organismen	 56 Wiederverwendung
 26 Holz	 42 Papier	 58 Zukunft



Beispiele aus dem Bioökonomieland Hessen

Unter den meisten Buchstaben finden sich hessische Praxisbeispiele. Sie vermitteln einen Eindruck von der wirtschaftlichen Bedeutung und dem wissensbasierten Charakter der hessischen Bioökonomie. Die QR-Codes in der Broschüre führen zur Website vom Technologieland Hessen und bieten die Möglichkeit, sich näher über die genannten Firmen zu informieren. Darüber hinaus gibt es auch Beispiele aus der Forschung, die mit den Webadressen der jeweiligen Institute versehen sind.

Unternehmen in dieser Broschüre

Algoliner Bioreaktoren für Mikroalgen, Seite 13	Compostella Küchenpapier für den Kompost, Seite 55	koziol Ideas for friends Kunststoffe aus Pflanzenölen, Seite 33
Baum Fensterbau Rückkehr zum Holzfenster, Seite 27	Danico Leistungsstarke Bioschmierstoffe, Seite 17	NOWASTE Abbaubare Becher im Kreislauf, Seite 57
BIOVOX Biokunststoffe für Medizin und Labor, Seite 33	Food & Energy Campus Vertical Farming fürs Klima, Seite 35	Revoltech Leder aus Hanfresten, Seite 51
Biowert Industrie Kreislaufwirtschaft mit Wiesengras, Seite 25	Formo Bio Käse aus Mikroorganismen, Seite 35	Sanofi-Aventis in Deutschland Biobasierte Medikamente, Seite 37
BRAIN Biotech Enzym-Engineering für die Biotechnologie, Seite 21	Green Elephant Biotech Nachhaltiges Laborequipment, Seite 39	VAN HEES Pilze für Wurstalternativen, Seite 23
CO2BioClean Biopolymere aus CO ₂ -Emissionen, Seite 53	Infraserv Höchst Klärschlamm als Phosphorquelle, Seite 53	Viessmann Group Wärme aus lokalem Pappelholz, Seite 47

Starke Partnerschaften für eine starke Bioökonomie

Zur Förderung der biobasierten Wirtschaft trägt in Hessen auch ein breites Netzwerk an Clustern und Kommunikationsplattformen bei. Eine Auswahl davon findet sich in diesem Abc.

BioBall Seite 59	Green Food Cluster Seite 35	Science4Life und Hessischer Gründerpreis Seite 31
DECHEMA Seite 59	Hessisches Biogas- Forschungszentrum (HBFZ) Seite 47	Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM) Seite 41
Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie (DIB) Seite 17	Holzbau Cluster Hessen Seite 27	



Aalgen

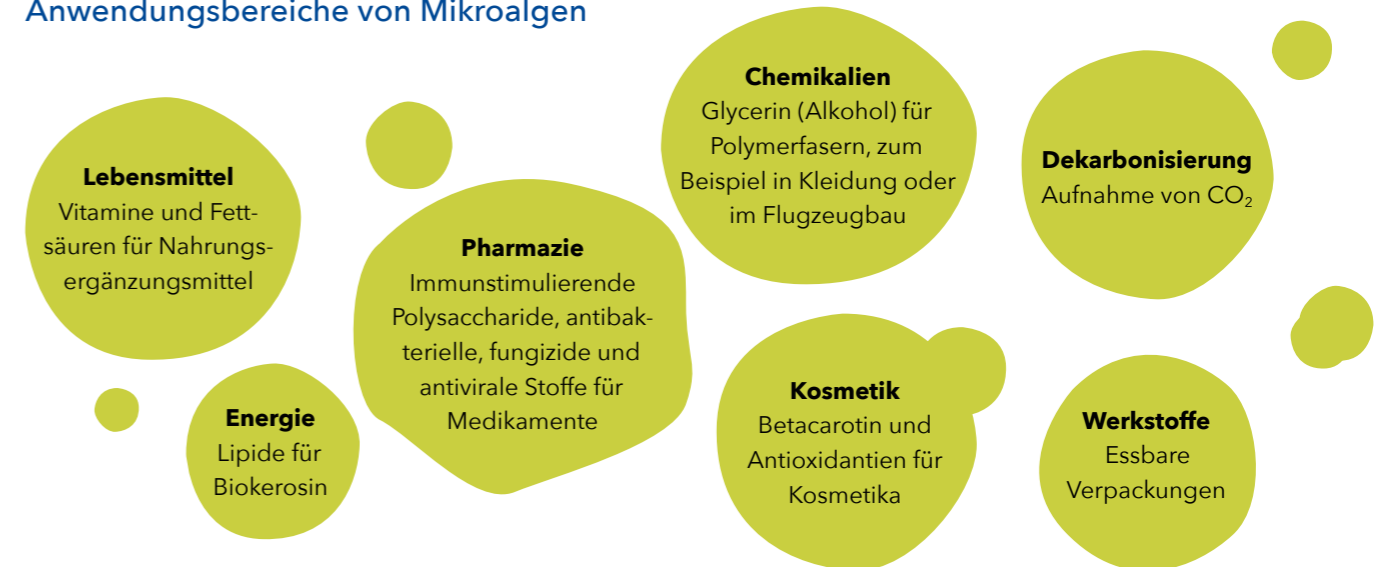
Grüne Umweltretter

Sie führen ein verborgenes Leben in Gewässern und stehen nur selten auf unserem Speiseplan: Mikroalgen. Doch die unscheinbaren Organismen bieten reichlich Potenzial als Treibstoff, Tierfutter und Lebensmittel, essbare Verpackung, in der Abwasserreinigung oder zur CO₂-Aufnahme. Während ihre Nutzungsmöglichkeiten noch relativ unbekannt sind, beschäftigen sich bereits zahlreiche Forschungsprojekte und auch einzelne Firmen mit den grünen Mikroben. Sie möchten zum Beispiel Carbonfasern aus Algen für den Flugzeugbau verwenden und in Kombination mit Biokerosin aus Mikroalgen die Luftfahrt nachhaltiger gestalten.

Steckbrief: die Mikroalge

- Mikroalgen sind oft Einzeller und nur zwischen einem und 400 Mikrometern groß.
- Forschende schätzen, dass es rund 400.000 Algenarten auf der Erde gibt, von denen nur circa 44.000 erforscht sind.
- Mikroalgen teilen sich bis zu viermal am Tag und können sich somit rasch vermehren.
- Die Wassermikroben bestehen bis zu 50 Prozent aus Öl und haben somit einen zehnfach höheren Ölgehalt als Raps.
- Mikroalgen benötigen nur CO₂, Licht, Wasser und wenige Nährstoffe, um zu wachsen.
- Sie vermehren sich in beheizten Becken unabhängig von den Jahreszeiten und können auch dort angebaut werden, wo keine reguläre Landwirtschaft möglich ist. Dadurch entsteht kein Platzkonflikt mit Agrarflächen.

Anwendungsbereiche von Mikroalgen



Mikroalgen zeichnen sich durch ihre vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten aus.

Bioreaktoren aus der mobilen Fabrik

Algoliner aus Messel hat eine innovative Technologie zur Kultivierung von Mikroalgen entwickelt: Mithilfe einer mobilen Fabrik fertigt das Unternehmen Rohre in jeder gewünschten Länge und an jedem Ort. So lassen sich die Kosten und der ökologische Fußabdruck von Bioreaktoren deutlich senken. Als Formmasse dient das von Röhm aus Darmstadt stammende Plexiglas. „Das Material überzeugt durch seine Transparenz, die für das Algenwachstum entscheidend ist“, betont Hans Väth, Geschäftsführer von Algoliner. „Außerdem ist es ein langlebiger Werkstoff, der sich vollständig recyceln lässt.“ Algoliner erforscht auch die Anschlussverwertung von Rauchgas aus Biogasanlagen, um das CO₂ für den Mikroalgenanbau zu nutzen. Dieses vielversprechende Konzept einer Kreislaufwirtschaft wird vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert.



Algenbiotechnologie für Abwasser



Kläranlagen tragen häufig zu viele Nährstoffe in die Gewässer ein. Deshalb erfüllen viele von ihnen nicht die Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Im Rahmen des Projekts AlgA testen daher Forschende des Kompetenzzentrums für nachhaltiges Engineering und Umweltsysteme (ZEuUS) der Technischen Hochschule Mittelhessen, wie Mikroalgen Nährstoffemissionen aus Kläranlagen reduzieren können. Sie sollen dabei helfen, Fällungchemikalien und den Energiebedarf der Kläranlagen zu senken und den zurückgewonnenen Phosphor in einen Kreislauf zu führen. Anschließend soll die Algenbiomasse zur Energiegewinnung in Biogasanlagen oder als Dünger dienen. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. thm.de/kompetenzzentren/zeuus



Biofabrik

Die Vision einer neuen Industrie

Aus Gras mach Plastik, aus Baumrinde Kosmetika, aus Holz Chemikalien. Die Biofabrik der Zukunft nutzt alle Komponenten nachwachsender Rohstoffe, um daraus vielfältige Produkte zu fertigen – das Wort Abfall gehört der Vergangenheit an. Nebenströme, beispielsweise aus der Lebensmittelindustrie, werden zu Rohstoffquellen. Alles, was nicht weiterverarbeitet werden kann, dient der Energiegewinnung. So malt sich das Idealbild eines geschlossenen Stoffkreislaufs, der sich selbst mit Kraftstoff und Strom versorgt.

Für die Idee der Biofabrik sind zwei Technologien entscheidend. Zum einen die Bioraffinerie, die nachwachsende Rohstoffe in industriell verwertbare Grundbausteine und Basischemikalien zerlegt. Zum anderen die Biotransformation, bei der Enzyme und Mikroorganismen einfache pflanzliche Ausgangsstoffe zu komplexen Chemiebausteinen verknüpfen. Die Zukunftsvision einer vollständigen Biofabrik führt beide Prozessstufen zu einer Einheit zusammen.

Bioraffinerie

Den Baukasten der Natur öffnen

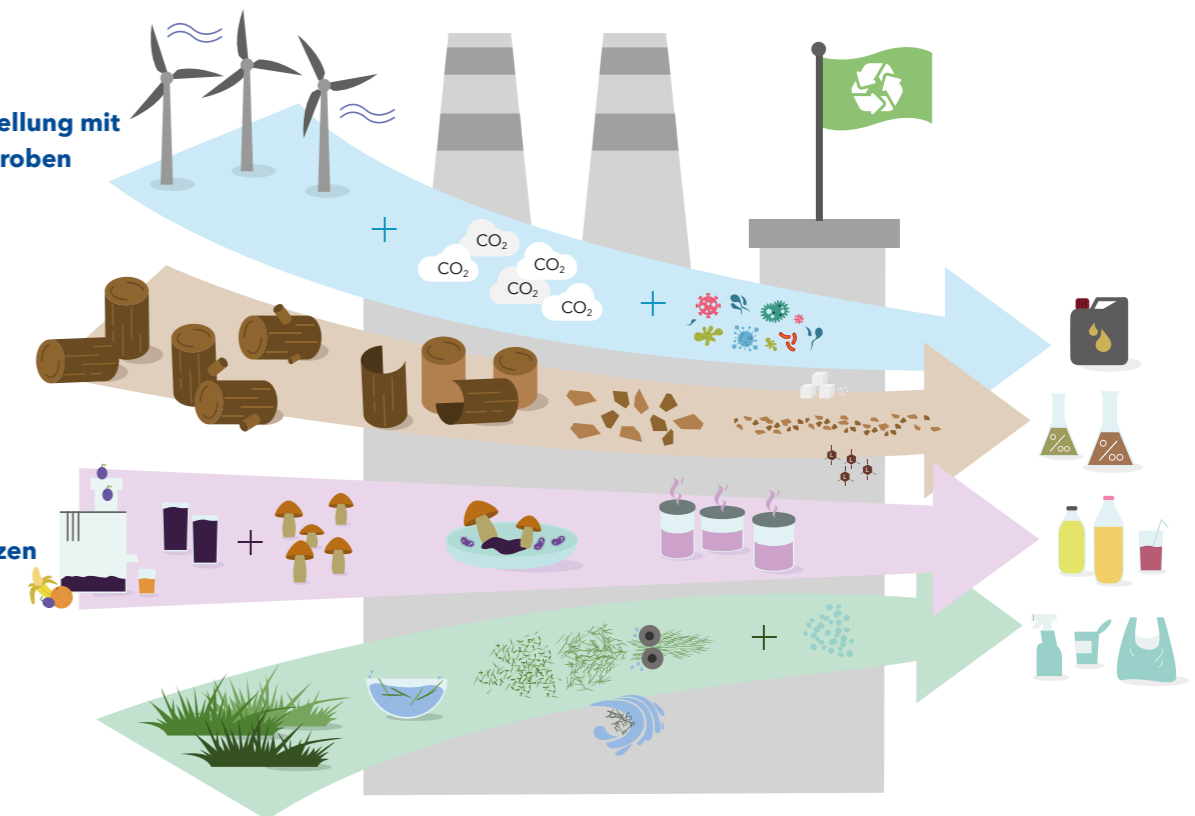
Natürliche Rohstoffe werden in der Bioraffinerie in ihre Grundbausteine zerlegt und zu vielfältigen Produkten weiterverarbeitet. In Hessen gibt es bereits zahlreiche Unternehmen und Forschungsprojekte, die nachwachsende Rohstoffe ganzheitlich verwenden und daraus nachhaltige Produkte kreieren.

Biotransformation

Komplexe Chemie

Die Biotransformation nutzt zum Beispiel das Enzym-Engineering, um Enzyme so zu optimieren, dass sie organisches Material auf gewünschte Weise verändern. So entstehen nachhaltige Nahrungsergänzungsmittel, neue Medikamente und vieles mehr. Vor allem die Verfahren der industriellen Biotechnologie spielen hier eine tragende Rolle.

Kraftstoffherstellung mit Strom und Mikroben



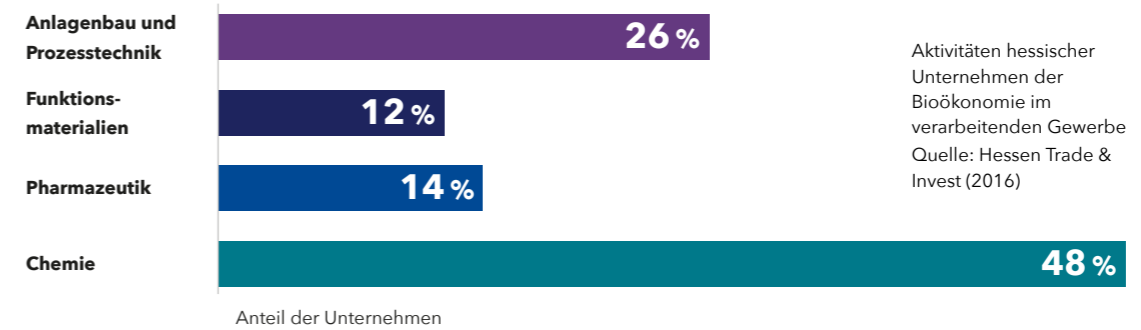
Die Vision: In der Biofabrik werden biobasierte Rohstoffe in ihre Bestandteile zerlegt, umgewandelt und veredelt. Mit der Energie aus Wind- und Solaranlagen lassen sich zum Beispiel elektrosensible Mikroorganismen in einer Brennstoffzelle unter Strom setzen, um Kraftstoff und Chemikalien aus CO₂ herzustellen. Aus entrindetem und zerkleinertem Holz werden Lignin und Zucker gewonnen, die zu Füllstoffen oder Chemikalien weiterverarbeitet werden. Durch die Fermentation von Trester mit bestimmten Pilzen entwickeln sich interessante Aromen, aus denen sich Limonaden ohne Zusatz künstlicher Aromen brauen lassen. Aus herausgelösten Zellulosefasern und Kunststoffzyklus entsteht hochwertiges Granulat für die Produktion verschiedener Kunststoffprodukte.

Wie Chemikalien „grün“ werden

Die Palette der Chemieindustrie ist riesig: Über 30.000 verschiedene Produkte verzeichnet der Verband der Chemischen Industrie (VCI). Als Rohstoffe für Chemikalien überwiegen noch immer Erdöl, Erdgas und Kohle. Dabei eignet sich Biomasse hervorragend zur Herstellung von Farb- und Klebstoffen, Plastiken, Waschmitteln, Kosmetika und mehr. Für eine biobasierte Chemie gibt es vielversprechende Ansätze: von Biokunststoffen, die aus Abfallprodukten der Lebensmittelindustrie stammen, über biobasierte Plattformchemikalien bis hin zu neuen Verfahrenstechniken mit Biokatalysatoren.



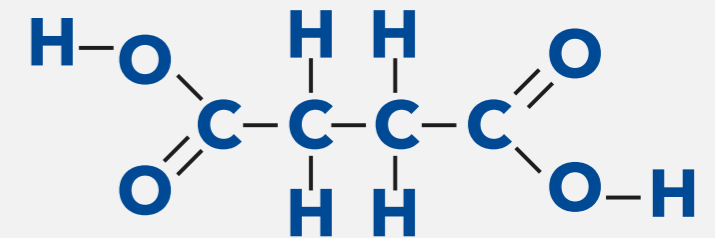
Biobasierte Chemie an erster Stelle



Die biobasierte Chemie ist das von hessischen Industrieunternehmen am häufigsten genannte bioökonomische Anwendungsgebiet. Firmen produzieren alternative Chemikalien für die Landwirtschaft, den Automobilbau, Farben und Lacke, Schmiermittel, Textilien, Verpackungen, Papier und vieles mehr. Zur „grünen“ Chemie zählen auch Enzyme, die die Basis für bioökonomische Herstellungsverfahren bilden. Die hessische Wirtschaft erzeugt damit immer häufiger biobasierte Produkte für Industrie und Menschen, die Waren im Einzelhandel kaufen.

Bernsteinsäure auf dem Weg zur Chemikalie für Bioplattformen

Bernsteinsäure ist die Ausgangssubstanz vieler Feinchemikalien. Sie kann in vergleichbarer Qualität und Rentabilität sowohl aus Erdöl als auch biotechnologisch aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, zum Beispiel durch Fermentationsprozesse aus Getreide und Zellulose. Das Energieministerium der USA zählt sie deshalb zu den fünf Plattformchemikalien, die beste Aussichten darauf haben, ohne Rückgriffe auf fossile Quellen produziert zu werden. Die Abbildung zeigt die Strukturformel für Bernsteinsäure.



Danico
Biotech

Bioschmierstoffe für Höchstleistungen

Danico aus Südhessen produziert Hochleistungsschmierstoffe ganz ohne Mineralöl. Die Erfolgsgeschichte begann vor rund zehn Jahren mit dem weltweit ersten zertifizierten Bioschmierstoff für Fahrräder, der auf Sonnenblumenöl basiert. Seitdem sind zahlreiche Anwendungen hinzugekommen, unter anderem klimafreundliche Hydrauliköle für die Lebensmittel- und Pharmaproduktion, Medizintechnik und Logistik. Dabei bieten die Schmierstoffe gleichermaßen ökologische wie ökonomische Vorteile: Sie sind nicht giftig und biologisch leicht abbaubar, weisen ein hohes Schmiervermögen auf, lassen sich vielseitig einsetzen und wirken sich positiv auf die Energieeffizienz aus.

Vereint in die Zukunft der Biotechnologie

Der Verband der Chemischen Industrie (VCI) mit Hauptsitz in Frankfurt am Main engagiert sich für bioökonomische Alternativen in der Chemie-, Pharma- und Lebensmittelindustrie. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie (DIB) im VCI. Sie vertritt die Interessen von Unternehmen, die mit biotechnologischen Verfahren arbeiten und auf ein nachhaltiges Wachstum setzen.

vci.de/themen/biotechnologie





Dekarbonisierung

Bioökonomie und Klimaschutz Hand in Hand

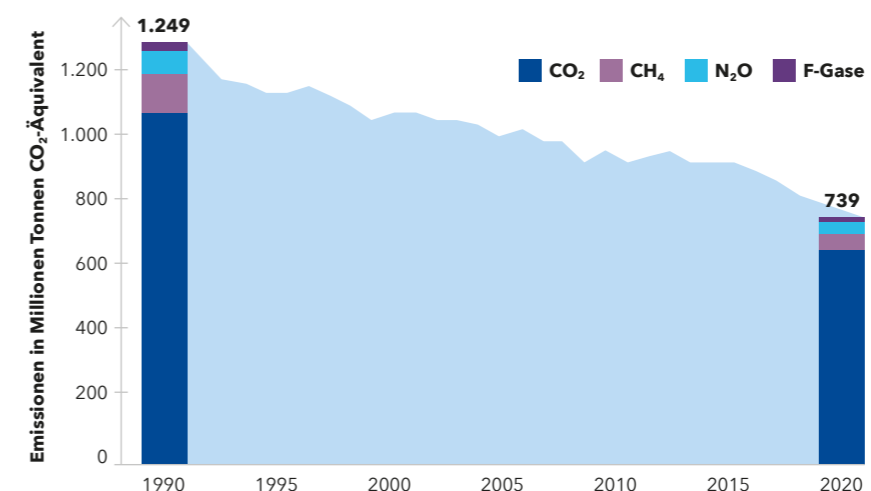
Auf dem Weg zur klimaneutralen Wirtschaft spielt Dekarbonisierung eine wichtige Rolle: die Senkung des Kohlenstoffumsatzes in allen Sektoren, besonders der Energiewirtschaft. Technologische Prozesse, bei denen CO₂ freigesetzt wird, sollen durch emissionsfreie Verfahren abgelöst oder vollständig kompensiert werden. Die Bioökonomie schafft dafür geeignete Voraussetzungen, da sie mit dem Umstieg von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien entscheidend zu einer CO₂-neutralen Wirtschaftsweise beiträgt.

Bis 2050 klimaneutral!

Die EU hat ein ambitioniertes Ziel: Bis 2050 soll Europa der erste klimaneutrale Kontinent werden. Das entsprechende Konzept der Europäischen Kommission heißt European Green Deal (Europäischer Grüner Deal). Es sieht unter anderem vor, die Nettotreibhausgasemissionen auf null zu reduzieren. Den größten Anteil unter den Treibhausgasen hat Kohlenstoffdioxid, dessen Konzentration in der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen ist. Folglich muss die Dekarbonisierung zu einem zentralen Baustein der europäischen Klimapolitik werden, um die Ziele des Green Deals zu erreichen.



Treibhausgasemissionen in Deutschland

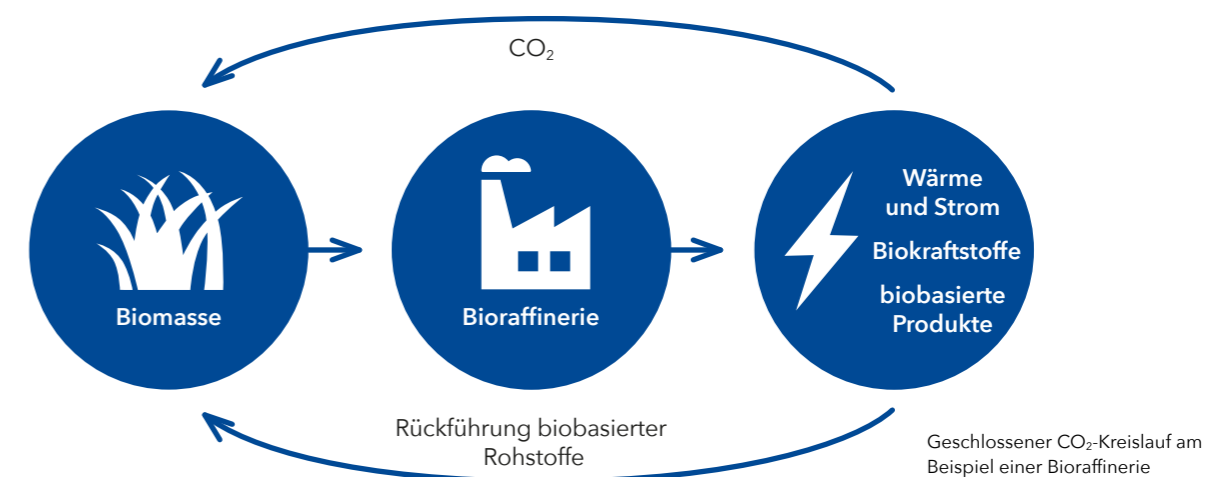


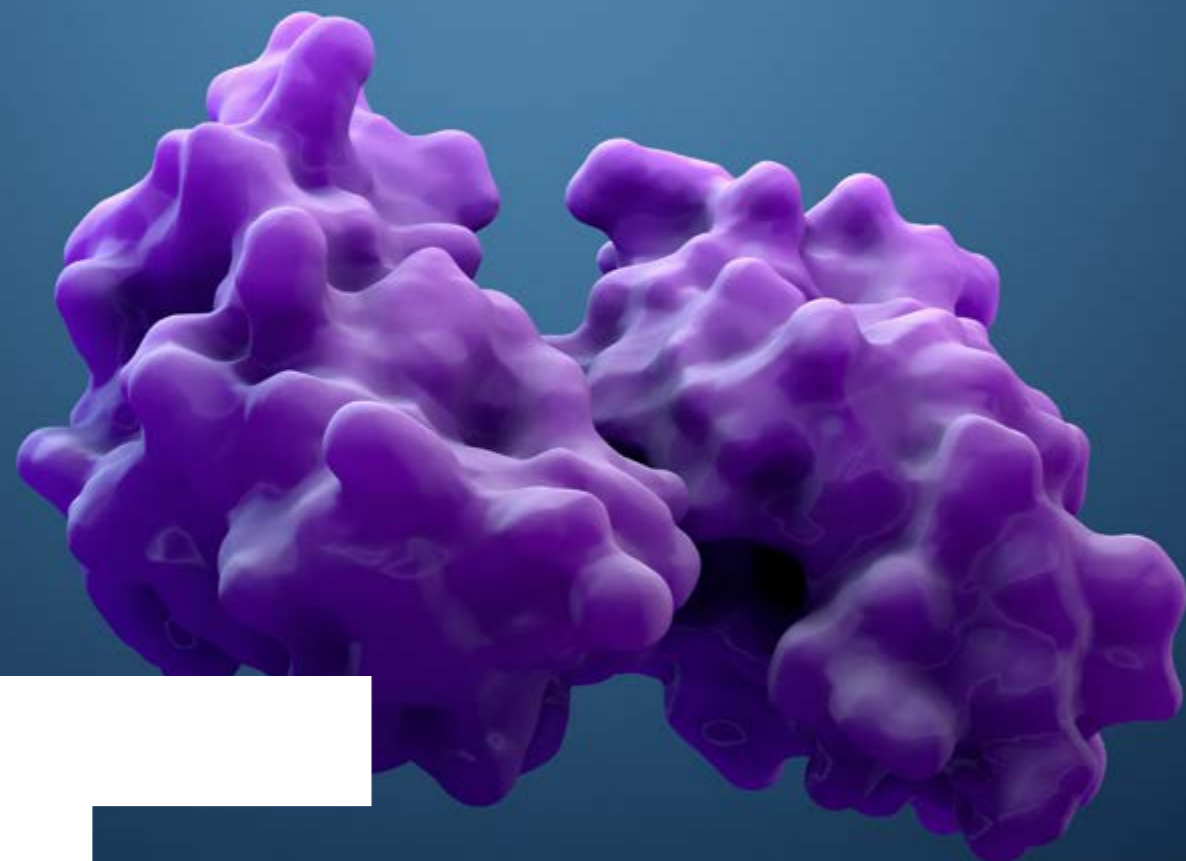
Die Tendenz stimmt, doch der Weg ist noch weit: Die Grafik zeigt den Rückgang der seit 1990 von Deutschland emittierten Treibhausgasen Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und der fluorierten Gase (F-Gase), jeweils ohne Einbeziehung von Landnutzung und natürlichen Senken.

Quelle: Umweltbundesamt (2022)

CO₂-neutral mit Biokohlenstoff

Bioökonomische Verfahren und Produkte können dabei helfen, das vorherrschende Treibhausgas CO₂ effizient zu reduzieren. Priorität hat der Ausbau erneuerbarer, emissionsfreier Energien. Gleichzeitig entstehen Produktionsprozesse, die atmosphärisches Kohlendioxid binden und in einen nachhaltigen Kreislauf bringen. Ein Beispiel sind Bioraffinerien, die Reststoffe als Biomasse nutzen, um aus deren Kohlenstoff innovative Produkte zu gewinnen, etwa Biokunststoffe. Das CO₂ lässt sich über die Nutzungsdauer hinweg binden – per stofflichem Recycling sogar noch länger. Nebenbei können Bioraffinerien auch Methan- und Lachgas-Emissionen verringern, die im Vergleich zu CO₂ deutlich klimaschädlicher sind und ansonsten durch verrottende Biomasse entstünden.





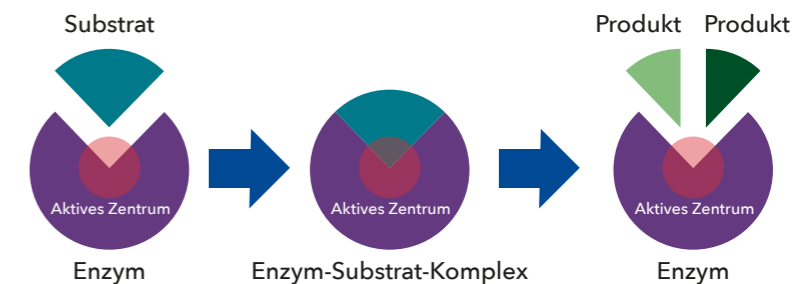
Enzyme

Unsichtbar und unverzichtbar

Enzyme sind hochgradig effiziente und vielseitige Spezialwerkzeuge der Bioökonomie. Die winzigen Eiweißmoleküle bilden eine Grundlage für das Leben als solches und für unzählige biobasierte Verarbeitungsprozesse. Wegen ihrer beschleunigenden Wirkung werden sie auch als Biokatalysatoren bezeichnet. Bislang sind laut der Enzymdatenbank BRENDA an die 80.000 Enzyme aus mehr als 30.000 Organismen bekannt. Zudem lassen sich Enzyme mithilfe molekularbiologischer Verfahren für spezielle Anwendungen maßschneidern.

Enzyme nach Maß

Enzyme sind von Natur aus effizient, aber nicht unmittelbar für industrielle Prozesse geeignet. Dank Enzym-Engineering lassen sich ihre Eigenschaften jedoch so verändern, dass sie die optimale Stabilität und Aktivität für die gewünschten Anwendungsbereiche aufweisen. Forschende nutzen dafür in der Regel die Methode der „gerichteten Evolution“: die Veränderung von Enzymen durch Nachahmung natürlicher Selektionsvorgänge.



Nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip ist ein Enzym auf eine bestimmte Reaktion spezialisiert. Durch Enzym-Engineering lässt sich zum Beispiel beeinflussen, welches Molekül (Substrat) an ein Enzym andockt und welche Produkte dadurch entstehen.

Anwendungen in der Bioökonomie

Bei einem so vielseitigen Präzisionswerkzeug wie dem Enzym sind den wirtschaftlichen Einsatzgebieten kaum Grenzen gesetzt. Besonders häufig finden sich enzymatisch gesteuerte Prozesse in den folgenden Sektoren:

Anwendungsbereiche	Beispiele
Lebensmittelindustrie	Backwarenherstellung, Milchprodukterzeugung, Stärkeverzuckerung, Fleischverarbeitung, Getränkeherstellung (Säfte und Biere)
Pharmaindustrie	Wirkstoffsynthese für selektiv wirkende Medikamente
Landwirtschaft	Futtermittelaufwertung (bessere Aufnahme von Phosphor aus Pflanzen durch Phytase)
Waschmittelherstellung	Reinigungsmittel, Textilpflegeprodukte, Weichmacher
Textilverarbeitung	Bleichen, Textileffekte („Stone washing“), Ledergerben
Papierherstellung	Holzerfaserung, Bleichverfahren, Papierrecycling
Biokraftstoffproduktion	Kraftstoff aus stärkehaltigen Früchten oder Agrarreststoffen
Molekulare Biotechnologie	Katalysator in Produktionsprozessen, DNA-Schere in der Gentechnik

Nukleasen für die Genomeditierung

BRAIN Biotech entwickelt biotechnologische Produkte und Lösungen auf der Basis von Enzymen, Mikroorganismen, bioaktiven Substanzen und Metagenombibliotheken. Der südhessische Biotech-spezialist verfügt über die Möglichkeit, enzymatische Prozesse bis in den industriellen Maßstab zu skalieren. Als jüngste Innovation hat BRAIN Biotech eigene Varianten der CRISPR/Cas-Schere für die Genomeditierung entwickelt. Damit lassen sich zum Beispiel mikrobielle Produktionsstämme in ihrer Stoffwechselleistung optimieren. Bei diesen speziellen Molekularwerkzeugen handelt es sich um DNA-schneidende Enzyme, die sogenannten Nukleasen. „Die Genomeditierung wird für ein Biotechnologieunternehmen künftig unabdingbar sein“, hebt Adriaan Moelker hervor, Vorstandsvorsitzender von BRAIN Biotech. „Deshalb haben wir eigene Cas-Nukleasen entwickelt und zum Patent angemeldet. Auf diese Weise wollen wir die Technik der Genomeditierung frei nutzen, sowohl für unsere Projekte als auch für die unserer Kunden.“



BRAIN



„Bioökonomie ist die Chance, wirtschaftliches Wachstum in Einklang mit endlichen Ressourcen zu bringen und dadurch Wohlstand für unsere Gesellschaft nachhaltig zu gestalten. Die Biotechnologie ist hierfür ein entscheidender Wegbereiter.“

Adriaan Moelker, Vorstandsvorsitzender von BRAIN Biotech

Fleisch- alternativen

Nachhaltige Proteine

Unethische Massentierhaltung und die negative Klimabilanz ziehen Fleisch immer stärker in die Kritik. Zum Glück gibt es vielfältige und schmackhafte Alternativen, beispielsweise aus Erbsenprotein, Soja oder Pilzen. Zudem widmen sich Forschungsprojekte dem Thema Laborfleisch. Die größten Herausforderungen sind dabei der richtige Geschmack und die aktuell noch sehr hohen Produktionskosten. Es braucht modernste Technik, Know-how und die richtigen Gewürze.

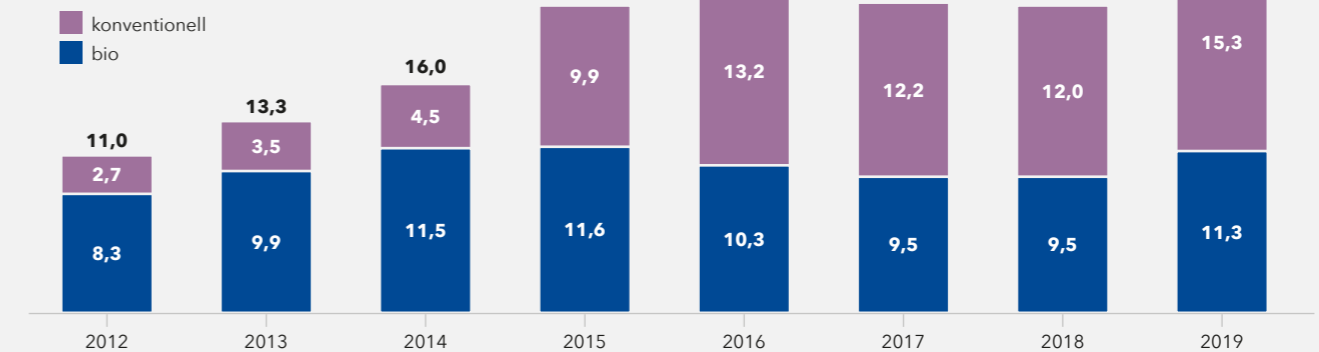


„Bioökonomie ist der wertvollste Beitrag, um Energie und Lebensmittel in nachhaltigen Stoffkreisläufen herzustellen und dadurch auch in Zukunft ein gutes Leben gewährleisten zu können.“

Dr. Alexander Stephan, Forschungsleiter von VAN HEES

Fleisch- und Wurstersatzprodukte in Deutschland

in 1.000 Tonnen



Die Grafik aus dem Fleischatlas 2021 zeigt, wie stark der Markt für Fleisch- und Wurstersatzprodukte in Deutschland gewachsen ist. Zwischen 2012 und 2019 hat sich der private Kauf von Fleisch- und Wurstalternativen mehr als verdoppelt. Quelle: Heinrich-Böll-Stiftung (2021)

Pilze mit Fleischwürze

Der Würzmittel- und Zusatzstoffhersteller VAN HEES aus Walluf bei Wiesbaden produziert Gewürze für viele vegetarische und vegane Fleischersatzprodukte und forscht auch selbst an Wurstalternativen. Die Proteine der veganen Wurst liefert neben pflanzlichen Quellen das Myzel von Seitlingen und Shiitake-Pilzen aus Nebenströmen der Lebensmittelindustrie – ein weltweit einzigartiges Konzept, mit dem das Unternehmen neue bioökonomische Stoffströme nutzbar macht. Hierbei kooperiert VAN HEES eng mit Wissenschaftsinstitutionen und erhält Fördermittel aus dem LOEWE-Programm des Landes Hessen. „Aufgrund der stetig wachsenden Weltbevölkerung können wir es uns schlichtweg nicht mehr leisten, Nebenströme als wertvolle Rohstoffquelle ungenutzt zu lassen“, betont Dr. Alexander Stephan, Forschungsleiter von VAN HEES.



VAN HEES
we know how



Fleisch aus dem Labor

In-vitro- oder Laborfleisch ist keine Science-Fiction mehr, sondern Gegenstand mehrerer Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Das aus gezüchteten Zellkulturen hergestellte Fleisch könnte eine umwelt- und tierfreundliche Alternative zum Fleischkonsum werden. An Lösungen arbeitet zum Beispiel der Darmstädter Chemie- und Pharmakonzern Merck mit der Technischen Universität Darmstadt und der Tufts University in Massachusetts, USA. Dabei geht es unter anderem um Produktionsprozesse, mit denen sich Laborfleisch ressourcenschonend in größerem Maßstab herstellen lässt.



Gras

Rohstoff von der Wiese

Gras ist ein schnell nachwachsender Naturstoff, der noch viel zu häufig ungenutzt bleibt. Allein in Frankfurt am Main fallen im Jahr rund 9.000 Tonnen Grasschnitt durch das Mähen kommunaler Flächen und Parks an. Das Gras wird dann entweder thermisch verwertet oder unter Umständen sogar aufwendig entsorgt. Zeit, den wertvollen Rohstoff zu verwenden und daraus Kunststoffe, Energie, Dünger, Papier und vieles mehr entstehen zu lassen!

Vorteile im Überblick

- G**lobal verfügbar: Gras gedeiht in fast allen Regionen der Welt.
- R**asanten Wachstum: Bei einer Keimdauer von 6 bis 28 Tagen wächst Gras schnell nach.
- A**ndauernde Ressource: Gras kann bis zu vier Mal im Jahr geerntet werden, jedes Jahr aufs Neue.
- S**tofflich gut verwertbar: Der Zellbestandteil Zellulose lässt sich leicht aus den Grasfasern extrahieren und vielseitig einsetzen.

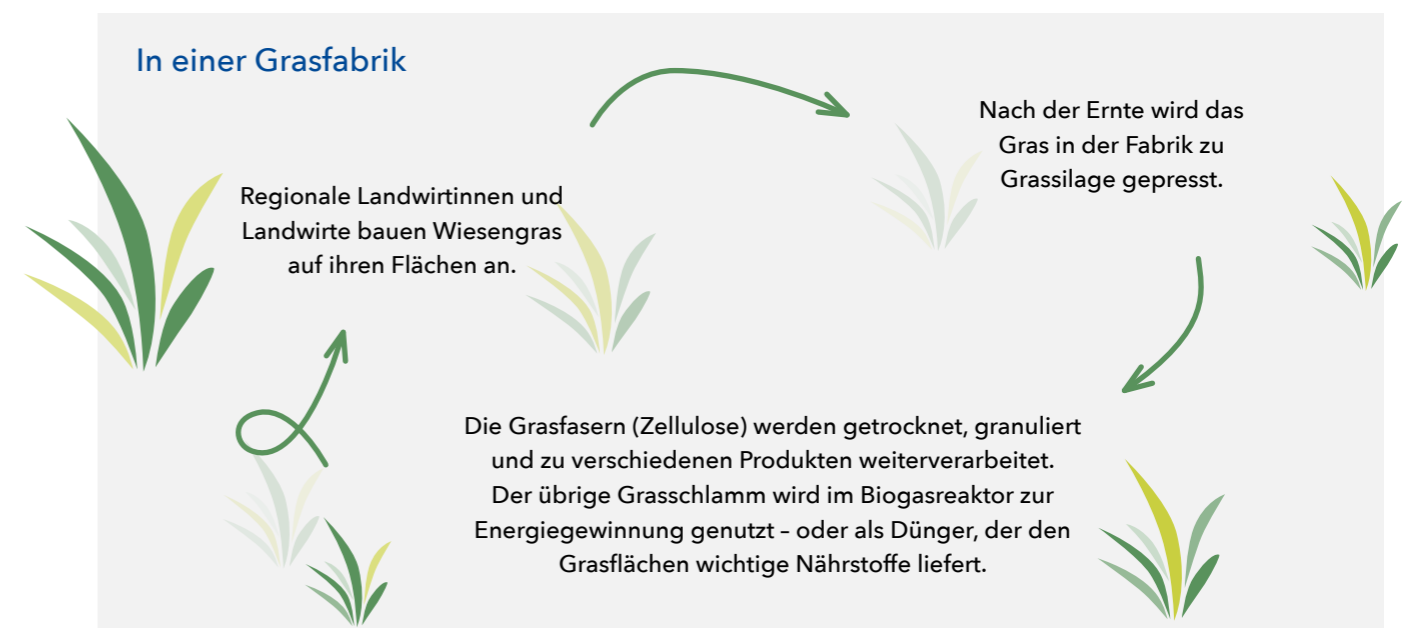
Der Kreislauf des Grasses

Was hat ein Kleiderbügel mit Gras zu tun? Ziel der Gründung von Biowert Industrie war eine vollständige Kreislaufwirtschaft auf Basis eines schnell nachwachsenden und überall auf der Welt verfügbaren Rohstoffs - ohne weitere Ressourcen zu verbrauchen oder Abfall zu produzieren. So widmete sich das Unternehmen aus dem Odenwald dem Rohstoff Gras. In der Fabrik werden alle Bestandteile des Naturstoffs von der Wiese zu verschiedensten Produkten verarbeitet wie Dämmstoff, Dünger, Biogas und Kunststoff. Der Wertstoffkreislauf ist zudem autark: Das Unternehmen versorgt sich selbst mit Energie und benötigt kein Wasser aus dem öffentlichen Netz. Das macht das Biowert-Konzept weltweit einzigartig. „Wir wollen Prozesse entwickeln, die unendlich genutzt werden können, ohne die Lebensgrundlage zu schädigen“, sagt Jens Meyer zu Drewer, Geschäftsführer von Biowert Industrie. Das Kunststoffprodukt mit Zelluloseanteil ist dafür ein gutes Beispiel, denn es spart im Gegensatz zu herkömmlichem Plastik nicht nur bis zu 75 Prozent Erdöl ein, sondern auch CO₂.



„Endliche fossile Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen ist ein großer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit, sofern Ressourcen effizient genutzt und ökologische Kreisläufe geschlossen werden.“

Jens Meyer zu Drewer, Geschäftsführer von Biowert Industrie



Holz

Zurück zu den Wurzeln

Als nachwachsender Rohstoff gehört Holz zu den ältesten Erfolgsbeispielen biobasierter Wirtschaftens. Ein zentrales Anwendungsgebiet ist das Bauwesen, für das Holz seit Jahrtausenden genutzt und zum Teil wieder neu entdeckt wird. Holz ist Grundlage für Möbel, Papier, Textilien und unzählige weitere Produkte, ebenso beliebter Energielieferant und vielseitiges Konstruktionsmaterial im Verbund mit anderen Werkstoffen. Entscheidend ist seine verantwortungsvolle Nutzung im Sinne einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft.

Charta für Holz 2.0

Die nachhaltige und effiziente Forst- und Holzwirtschaft bildet den Kern der Charta für Holz 2.0, einem Dialogprozess des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Er soll bestmögliche Rahmenbedingungen für die Holzverarbeitung in allen Sektoren schaffen. Darin ist auch die Bioökonomie als Handlungsfeld mit drei Zielen definiert:



Klimaschutz

Die Themen Klimaschutz und Energieeffizienz sind wichtige Innovationstreiber für die Entwicklung von Holzprodukten. Eine Ausweitung der stofflichen Nutzung von Laubholz trägt dazu bei, die Effekte der Substitution und Kohlenstoffspeicherung im Interesse eines besseren Klimaschutzes zu erhöhen.



Wertschöpfung

Mit innovativen Produkten ist es möglich, neue Einsatzgebiete für Holz zu erschließen. Das kann zu einer höheren Wertschöpfung insgesamt führen. Darüber hinaus kann eine größere stoffliche Nutzung von Laubholz die Voraussetzungen für eine höhere Wertschöpfung schaffen.



Ressourceneffizienz

Durch die Entwicklung von neuen und innovativen Produkten kann Holz als nachwachsender Rohstoff auch in den Bereichen etabliert werden, in denen bislang endliche Materialien dominieren. Holz kann hier dazu beitragen, die Entwicklung zur Bioökonomie voranzutreiben. Die verstärkte stoffliche Nutzung von Laubholz steigert zusätzlich die Ressourceneffizienz.

Quelle: BMEL (2021)



BAUM
Fenster



Bioökonomischer Weitblick

Aluminium- und Kunststofffenster sind heute Standard – mit dem Ergebnis, dass allein bei Baum Fensterbau in Oberzent jedes Jahr rund 80 Tonnen Kunststoff und zehn Tonnen Aluminium verarbeitet wurden. Nun ist der Odenwälder Traditionsbetrieb mit der Anschaffung eines CNC-Bearbeitungszentrums zur Fertigung von Holzfenstern und -türen zurückgekehrt. Sie sind qualitativ hochwertiger, energetisch überlegen und auch wieder stark nachgefragt. Zudem entfallen die vielen Reste von Kunststoff und Aluminium, die nicht vor Ort wiederverwendet werden können, sondern aufwendig entsorgt werden müssen.

Hessens Herz für Holz

Für die Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit des hessischen Holzbaus setzen sich etliche Institutionen und Personen ein. So hat sich das Holzbau Cluster Hessen mit Sitz in Kassel ganz dieser Mission verschrieben. Zu seinen Aufgaben gehören die Vertretung der politischen Interessen, Bestandsanalysen von Betrieben in der Wertschöpfungskette, Netzwerktreffen, Ausstellungen, Kongresse und mehr.



In Kooperation mit der Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen wurde eine Holzbauoffensive für Hessen entwickelt, die Maßnahmenpakete gezielt in den Kontext des Klimaplanes Hessen setzt. Weil es viele gute Gründe gibt, mit Holz zu bauen, listet die Offensive den Mehrwert für die Entwicklung des Landes auf.

pro-holzbau-hessen.de



Insekten

Bioressource im Anflug

Die kleine Welt der Insekten bietet große bioökonomische Chancen. Insektenproteine und -fette, die zum Beispiel aus Fliegenlarven gewonnen werden, eignen sich als Tierfutter und Rohstoff für die Industrie. Die Insektenzucht benötigt kaum Fläche und begnügt sich mit Reststoffen – ganz im Sinne einer Kreislaufwirtschaft. Damit wird sie zu einer Alternative für Sojaanbau und Fischzucht. Die junge Disziplin der Insektenbiotechnologie arbeitet an neuen Verfahren, um die Gliederfüßer bald auch ertragreich in der Wirtschaft landen zu lassen.

Multitalent: Schwarze Soldatenfliege

Die Schwarze Soldatenfliege hat sich als vielseitige Verwerterin von Reststoffen bewährt und vermehrt sich in großen Mengen. Ihre Larven lassen sich zu einer Trockenmasse verarbeiten, die fast zu 50 Prozent aus Proteinen und zu 50 Prozent aus Fetten besteht.



Artenreiche Anwendungen

Tierfutter

- Alternative zu Sojaanbau und Fischzucht
- Nischenprodukte wie antiallergenes Hundefutter

Schmierstoffe

- Hochleistungsschmierstoffe, zum Beispiel für den Automobilbau
- Biologisch abbaubare Öle für Fahrräder, Forsttechnik und mehr

Kosmetika

- Alternative zu Erdöl und tierischen Stoffen



Waschmittel

- Biologisch abbaubare Waschpulver und Pflegestoffe

Medizinprodukte

- Wirkstoffe aus Insektengiften

Kreislaufwirtschaft

- Insektenzucht mit Reststoffen, zum Beispiel aus der Lebensmittelindustrie
- Potenzielle Koppelung an Biogasanlagen, um Zuchrückstände als Kosubstrat zu verwenden

„Bioökonomie ist ein von der Natur inspirierter Ansatz für die industrielle Wertschöpfung. Gerade die erstaunlichen Fähigkeiten von Insekten lassen sich zum Wohl der Menschheit einsetzen.“

Prof. Dr. Andreas Vilcinskas, Direktor des Instituts für Insektenbiotechnologie der Justus-Liebig-Universität Gießen und Sprecher des LOEWE-Zentrums für Insektenbiotechnologie & Bioressourcen (ZIB)



ZIB LOEWE Zentrum für Insektenbiotechnologie & Bioressourcen

Die gelbe Biotechnologie in Hessen

Die gelbe Biotechnologie oder Insektenbiotechnologie widmet sich der Entwicklung biotechnologischer Methoden, um Insekten und deren Bestandteile wirtschaftlich nutzbar zu machen. Eine Hochburg der Insektenforschung befindet sich mitten in Hessen: Das LOEWE-Zentrum für Insektenbiotechnologie & Bioressourcen (ZIB) in Gießen erschließt Insekten als Ressource für die Medizin, den Pflanzenschutz und die Lebensmittelindustrie. Auch nach Auslaufen der landesseitigen LOEWE-Förderung Ende 2022 werden die Forschungsprojekte der drei Verbundpartnerinnen und Verbundpartner fortgeführt – der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU), der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) und des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME.

Weltweit einmalig ist der Masterstudiengang „Insect Biotechnology and Bioresources“, den JLU und THM in Kooperation anbieten. „Mit der Verstärkung des Forschungsverbunds unterstützen wir eine nachhaltige Wertschöpfung in der hessischen Bioökonomie“, betont Professor Andreas Vilcinskas, Direktor des Instituts für Insektenbiotechnologie der JLU und Sprecher des ZIB. „Hierfür erforschen wir die Moleküle, die Insekten im Lauf der Evolution einen Wettbewerbsvorteil verschafft haben. Darin steckt ein enormes Potenzial: von Biomaterialien wie Schmetterlingsseide über Enzyme für industrielle Anwendungen bis zu Wirkstoffen, die sich zu neuen Antibiotika weiterentwickeln lassen.“

insekten-biotechnologie.de

Junge Unternehmen



Grüne Ideen gefragt!

Bioökonomie bedeutet Aufbruchstimmung. Neben etablierten Unternehmen, die auf biobasierte Rohstoffquellen und Verarbeitungsprozesse umsteigen, wächst die Zahl grüner Start-ups. Diese „jungen Wilden“ denken Ökonomie von Grund auf neu und rücken Nachhaltigkeit schon im Businessplan in ihren Mittelpunkt. Als Gründerland erfreut sich Hessen eines immer höheren Anteils solcher Start-ups. Die moderne Forschungslandschaft und zahlreiche Förderinstrumente helfen dabei, für sie den besten Nährboden zu schaffen.

Von Anfang an nachhaltig

Laut dem Green Startup Monitor 2021 leisten bereits mehr als 30 Prozent der hessischen Start-ups einen ausgeprägten Beitrag zur Nachhaltigkeit. Damit gilt Hessen als ein ökologisch geprägtes Gründungsland.

Frischer Wind für die hessische Bioökonomie

Zu den Start-ups in Hessen gehören auch erste Unternehmen, die ganz auf bioökonomische Ideen setzen. Vier dieser vielversprechenden Gründungen finden sich in dieser Broschüre verteilt – und nachfolgend in Steckbriefen zusammengefasst.

BIOVOX

Branche: Life Sciences

Bioökonomische Vision: funktionalisierte Biokunststoffe für nachhaltige Medizin- und Laborprodukte

Unternehmerischer Ansporn: neue Perspektiven für medizinische Werkstoffe aus nachwachsenden Quellen

Kurzprofil: siehe [Kunststoffe](#)



Branche: Energiewirtschaft

Bioökonomische Vision: ein Herstellungsprozess, der CO₂-Emissionen und Kunststoffverschmutzung gleichzeitig verringert

Unternehmerischer Ansporn: die Suche nach nachhaltigen Technologien und Kohlenstoffquellen für Biopolymere

Kurzprofil: siehe [Umwelttechnologien](#)

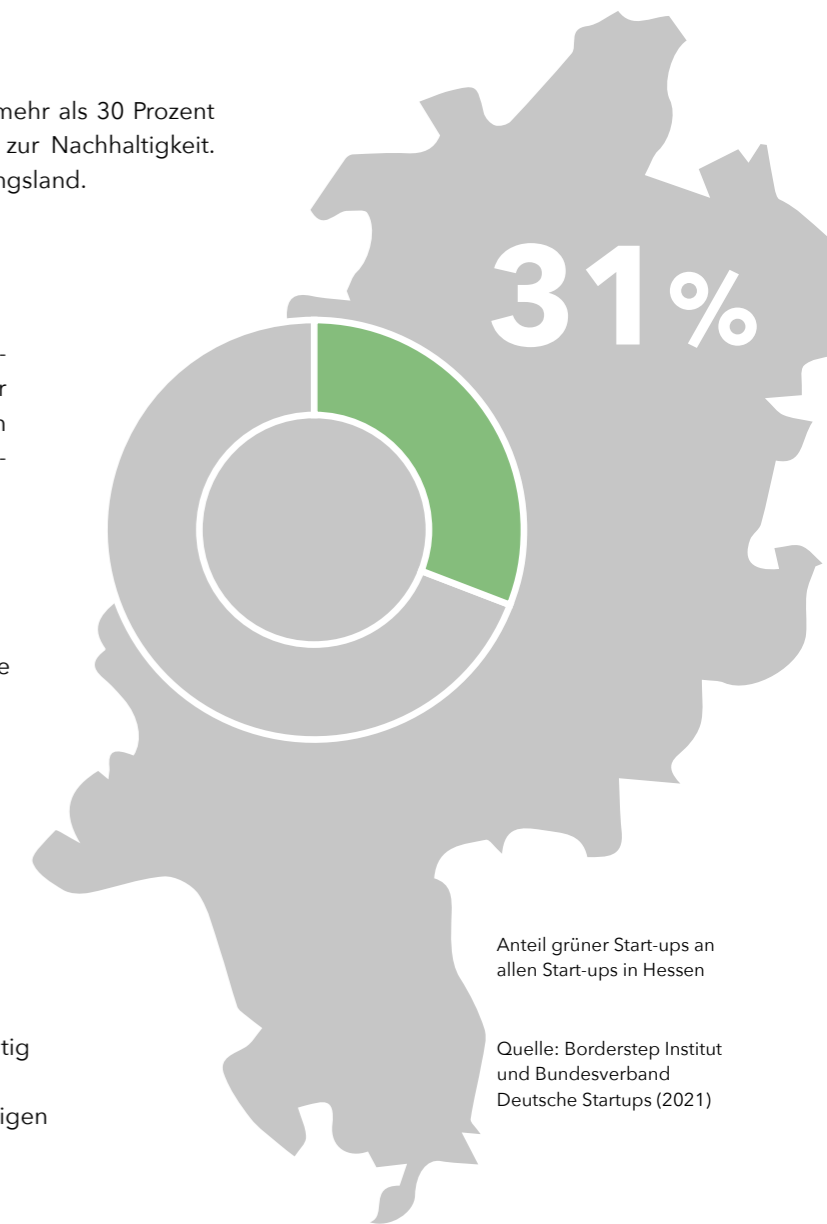


Branche: Medizin

Bioökonomische Vision: pharmazeutische Verbrauchsmittel aus biobasierten Materialien mithilfe additiver Fertigung

Unternehmerischer Ansporn: den CO₂-Fußabdruck bei medizinischen Einwegmaterialien wirksam reduzieren

Kurzprofil: siehe [Naturmaterialien](#)



LOVR

Branche: Materialwirtschaft

Bioökonomische Vision: eine 100-prozentig pflanzliche Alternative zu Leder

Unternehmerischer Ansporn: nachhaltige Mode konsequent umsetzen

Kurzprofil: siehe [Textilien](#)

Preisverdächtig

Ideenreichtum darf gefeiert werden, erst recht, wenn er tragfähige Alternativen zu fossilen Energieträgern und umweltbelastenden Verfahren schafft. Wer eine Geschäftsidee für die Branchen Life Sciences, Chemie oder Energie in der



GRÜNDERINITIATIVE | LIFE SCIENCES
CHEMIE
ENERGIE



Tasche hat, kann sich beim Businessplan-Wettbewerb der Initiative Science4Life bewerben. Sie bietet auch unabhängige Beratung, Betreuung und Weiterbildung von Gründerteams oder jungen Unternehmerinnen und Unternehmern an. Außerdem lohnt sich eine Teilnahme beim Hessischen Gründerpreis. Dort wurden beispielsweise die oben genannten Start-ups Green Elephant Biotech und Revoltech (LOVR) in den Jahren 2020 und 2021 prämiert.

science4life.de, hessischer-gruenderpreis.de



Kunststoffe

Produktvielfalt aus der Natur

Medizinprodukte, Maschinenbauteile, Verpackungen – Kunststoffe sind aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken und bieten zahlreiche Vorteile: Sie sind leicht, stabil und können an verschiedene Anforderungen angepasst werden. Zudem benötigt Kunststoff in der Herstellung bis zu 90 Prozent weniger Energie als Glas, Keramik oder Aluminium. Eine große Chance liegt daher in Kunststoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Vor allem die Nutzung von Neben- und Restströmen, beispielsweise aus der Landwirtschaft, verbessert die Umweltbilanz von Kunststoffen. Sind sie biologisch abbaubar, werden Mikroplastik und potenziell giftige Additive zu Sorgen der Vergangenheit.



Vorteile von biobasiertem Kunststoff

- **Schonung fossiler Ressourcen:** Erdöl, Erdgas und andere fossile Rohstoffe werden für die Herstellung von biobasiertem Plastik nicht länger benötigt.
- **Nutzung lokaler Ressourcen und Nebenprodukte:** Bioplastik kann aus Produkten der lokalen Landwirtschaft hergestellt werden. Die Nutzung von Restströmen macht die Herstellung umso nachhaltiger.
- **Maßgeschneiderte Eigenschaften:** Je nach Anforderung lassen sich Ausgangsmaterial und Produktionsverfahren variieren. Zusatzstoffe wie Additive mit antimikrobiellen Funktionen erfüllen damit geltende Hygienestandards.
- **Mikroplastikfrei:** Biologisch abbaubare Kunststoffe belasten die Umwelt nicht mit potenziell schädlichem Mikroplastik.



BIOVOX



Hygienisch, organisch, abbaubar

Kunststoffe im Medizin-, Labor- und Lebensmittelbereich nachhaltiger machen: Diese Aufgabe geht das Darmstädter Start-up BIOVOX an. Das Unternehmen stellt Kunststoffe her, die sich komplett biologisch abbauen lassen und aus organischen Abfällen der Lebensmittelindustrie bestehen. „Mit biobasierten Kunststoffen könnten wir allein im Medizinsektor EU-weit 13 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr sparen“, stellt Dr.-Ing. Julian Lotz, Co-Gründer und Geschäftsführer von BIOVOX, in Aussicht. Das Besondere an den Kunststoffen: Sie sind auf Wunsch mit ebenfalls biologisch abbaubaren Additiven ausgestattet, die unter anderem antimikrobielle Eigenschaften aufweisen und so besondere Hygieneanforderungen erfüllen. Ein echtes Alleinstellungsmerkmal, denn BIOVOX ist aktuell das einzige Unternehmen, das Biokunststoffe in reinen Medical Grades anbietet. Um die Müllberge in Laboren weiter zu reduzieren, kooperiert die Firma zudem mit dem hessischen Start-up Green Elephant, das nachhaltiges Laborequipment herstellt.



„Bioökonomie ist die größte wirtschaftliche Chance der nächsten zehn Jahre und unverzichtbar im Kampf gegen den Klimawandel. Theoretisch könnte man aus nur zehn Prozent der ohnehin verschwendeten Lebensmittel alle Kunststoffe herstellen.“

Dr.-Ing. Julian Lotz, Co-Gründer und Geschäftsführer von BIOVOX

Pflanzenöl + Holzfasern = Kunststoff

Aus altem Pflanzenöl wird Kunststoff? Was zunächst ungewöhnlich klingt, wird bei koziol Realität. Seit 1927 produziert das Unternehmen im hessischen Erbach, seit 2021 klimaneutral. koziol stellt hochwertige Designprodukte aus Kunststoff her, die sich durch ihre Langlebigkeit auszeichnen – selbstverständlich ohne Schadstoffe und Weichmacher. Alle Produkte der Organic Kollektion bestehen aus entsorgten Pflanzenölen und zertifiziertem Holz und werden ressourcenschonend hergestellt. Bei der Produktentwicklung achtet koziol auf Nachhaltigkeit im gesamten Lebenszyklus.

koziol

Made in Germany





Lebensmittel

Hochwertig und nachhaltig

Backtriebmittel aus Mikroben, kalorienfreie Süße, Aromen aus Aminosäuren: Hinter der Lebensmittelindustrie von heute steckt mehr als die reine Verarbeitung von Rohstoffen zu Nahrungsmitteln. Die Foodtech-Branche boomt und arbeitet daran, Enzyme und Inhaltsstoffe zu optimieren, um unsere Lebensmittel nachhaltiger, ertragreicher und gesünder zu gestalten. Doch auch die zunehmende Nutzung von Rest- und Nebenströmen der Lebensmittelproduktion wird immer weiter optimiert. Sie macht die Ernährungsindustrie damit selbst zum Rohstofflieferanten.

Beispiele für biotechnologisch optimierte Lebensmittel

- **Käse:** Früher aus Kälbermägen gewonnen, wird das Labenzym heute enzymatisch hergestellt und für die Käseproduktion verwendet.
- **Backwaren:** Enzyme sorgen für eine stabile Kruste oder verleihen dem Teig Volumen und Farbe.
- **Saft:** Sogenannte Pektinasen bauen die Zellwand von Obst ab und erhöhen den Saftertrag.
- **Alternativen bei Nahrungsmittelunverträglichkeiten:** Lactase spaltet Milchzucker und steht Menschen mit Lactoseintoleranz zur Verfügung.
- **Säuglingsnahrung:** Milchzuckermoleküle werden für Säuglingsnahrung biotechnologisch hergestellt.
- **Aromen:** Aus Hefen, Pilzen und Aminosäuren werden verschiedenste Aromen gewonnen. Meistverbreitet: Zitronensäure aus dem Schimmelpilz *Aspergillus niger*.
- **Süßungsmittel:** Auch Fructose und Glucose können enzymatisch hergestellt werden.

Naturidentischer Käse ohne Tier

Sieht aus wie Käse, schmeckt wie Käse, ist auch Käse – aber ohne Kuh. Das Foodtech-Start-up Formo Bio kultiviert Mikroorganismen, um daraus Käse entstehen zu lassen. Das Verfahren „Precision Fermentation“ stützt unter anderem Hefen mit den notwendigen Informationen aus, um Milchproteine zu synthetisieren. Der Käse wird dann in traditionellen Herstellungsverfahren produziert. „Bioökonomie ist die einzigartige Chance, unser Ernährungssystem neu auszurichten: nachhaltig, fair und zugleich ohne Genussverzicht“, betont CEO und Co-Gründer Raffael Wohlgensinger. Synthetischer Käse beendet unethische Tierhaltung und schützt Klima und Ressourcen. In seiner Herstellung benötigt er 96 Prozent weniger Wasser und verursacht bis zu 97 Prozent weniger Treibhausgasemissionen als konventioneller Käse. Aktuell arbeitet Formo Bio mit BRAIN Biotech daran, seine Produktion zu skalieren.



Formo



Lokales Indoor-Farming

Kräuter, Salate und Microgreens ganzjährig und ohne Chemikalien: Das ermöglicht der Food & Energy Campus in Groß-Gerau. In speziell entwickelten Wachstumscontainern betreibt das Unternehmen vertikales Indoor-Farming. Die einzelnen Kulturmodule sind in sich geschlossen und benötigen daher kein Pflanzenschutzmittel. „Wir entwickeln Systeme, die in klimatisch schwierigeren Lagen hochwertige Lebensmittel produzieren können“, erläutert Geschäftsführer Stefan Ruckelshaußen. So können Lebensmittel direkt dort angebaut werden, wo sie benötigt werden. Das verkürzt Transportwege und schafft Unabhängigkeit von globalen Lieferketten.



Vitamine und Aromen aus Restströmen

Wie lassen sich pflanzliche Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie nutzen? Das LOEWE-geförderte Forschungsprojekt AROMAplus der Hochschule Geisenheim, der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) und des DECHEMA-Forschungsinstituts betreibt Upcycling von Restprodukten aus der Wein- und Safterstellung. Dank Mikroorganismen wie Hefepilzen und gezielter Fermentation gewinnen die Forschenden neue Aromen, funktionale Inhaltsstoffe und Vitamine ohne künstliche Zusätze.

proloewe.de/de/loewe-vorhaben/nach-themen/aromaplus



Zusammenschluss für nachhaltige Lebensmittel

Das Green Food Cluster verbindet hessische Unternehmen, Kommunen, Verbände und die Hochschule Fulda, die sich gegenseitig bei der Entwicklung einer nachhaltigen Landwirtschaft und Lebensmittelwirtschaft weiterhelfen. Synthetische Zusatzstoffe sowie riskante und vulnerable Produktionstechnologien sollen reduziert oder vermieden werden. Fast alle Mitglieder führen Bioprodukte und bringen regelmäßig zertifizierte Innovationen aus Hanf, Streuobst oder regionalem Getreide auf den Markt. Die Hochschule Fulda unterstützt das mit Abschluss- und Projektarbeiten. Ein besonderes Augenmerk des Clusters liegt auf der Förderung grüner Food-Start-ups. greenfoodcluster.de



M edizin

Heilen mit Hightech

Das Wissen um die heilsame Wirkung bestimmter Naturstoffe ist ural. Vergleichsweise jung sind biotechnologische Verfahren, die hochwirksame Medikamente oder ganze Gewebetransplantate hervorbringen. So finden in der Biomedizin Tradition und Innovation auf vielfältige Weise zusammen. Pharmaprodukte, die biobasiert und biotechnologisch verfügbar sind, entstehen häufig in kleineren Volumina, aber mit einer enormen Wertschöpfung. In der hessischen Bioökonomie spielen sie eine Schlüsselrolle.

Die rote Biotechnologie

Nach biotechnologischer Farbenlehre ist die medizinische Biotechnologie rot. Dieser Bereich entwickelt neue diagnostische und therapeutische Verfahren und ist Bindeglied zur Gesundheitsindustrie – einem Haupttreiber für Biotechninnovationen. Vier wesentliche Anwendungsgebiete lassen sich unterscheiden:



Biobasierte Arzneimittelproduktion

Von zentraler Bedeutung für die Bioökonomie sind die sogenannten Biopharmazeutika: Medikamente, die anstelle einer chemischen Synthese biotechnologisch erzeugt werden. Hierzu gehören beispielsweise Insulin, Gerinnungshemmer und zahlreiche Impfstoffe.



Regenerative Medizin

Im Labor gezüchtete Transplantate aus körpereigenen Zellen ersetzen defekte Knorpel, Haut und anderes Gewebe, perspektivisch bis hin zu vollständigen Organen.



Medizinische Diagnostik

Moderne biotechnologische Verfahren spüren Krankheiten und Gendefekte auf.



Gentherapeutische Verfahren

Bei der Gentherapie werden körpereigene Gene oder Zellen entnommen und in veränderter Form wieder zugeführt, um regenerative Effekte zu erzielen.



sanofi



Molekulare Therapie, die mehrfach wirkt

Sanofi in Deutschland arbeitet am Standort Industriepark Frankfurt-Höchst kontinuierlich an neuen Impfstoffen und biobasierten Medikamenten. So ermöglichen es spezielle Moleküle, Angriffspunkte im menschlichen Körper zu erreichen, die für herkömmliche Antikörper unzugänglich sind. Diese Moleküle können zu multivalenten Komponenten aneinandergereiht werden. Jeder Baustein bindet sich dabei an ein bestimmtes Protein, etwa an die Oberfläche eines Tumors oder einer Immunzelle. Auf diese Weise eröffnen die Moleküle Chancen für neue Ansätze bei der Behandlung komplexer Erkrankungen.

Bioinspirierte Nanosensoren für die Diagnostik

Das Centre for Synthetic Biology der Technischen Universität Darmstadt entwickelt Biosensoren im Nanomaßstab, die Krankheiten und Umweltgifte im menschlichen Körper erkennen. Eine neue Generation solcher Sensoren hat sich als besonders leistungstark erwiesen. Sie liefert eine verlässliche und kostengünstige Grundlage für die Diagnostik. Beispielsweise ist ein auf Nanoporen basierender Sensor in der Lage, Marker für Prostata Tumoren zu erkennen. Ein anderer Sensor weist SARS-CoV-2 mit der gleichen Empfindlichkeit wie ein PCR-Test mit Speichel nach und unterscheidet dabei sogar infektiöse von nicht infektiösen Coronaviren.

tu-darmstadt.de/synbio



Gewebe aus dem Biodrucker

Das Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Universität Darmstadt bildet eine Schnittstelle zwischen Ingenieurwissenschaften, Biologie und Medizin. Es befasst sich unter anderem mit biogedruckten In-vitro-Modellen für die Wirkstoffentwicklung, Gewebe für die regenerative Medizin und Laborfleisch als Ernährungsalternative. Die Forschenden nutzen den 3-D-Biodruck, bei dem Zellen – eingebettet in eine Polymermatrix – verdruckt werden, um lebende Gewebestrukturen aufzubauen. idd.tu-darmstadt.de/idd

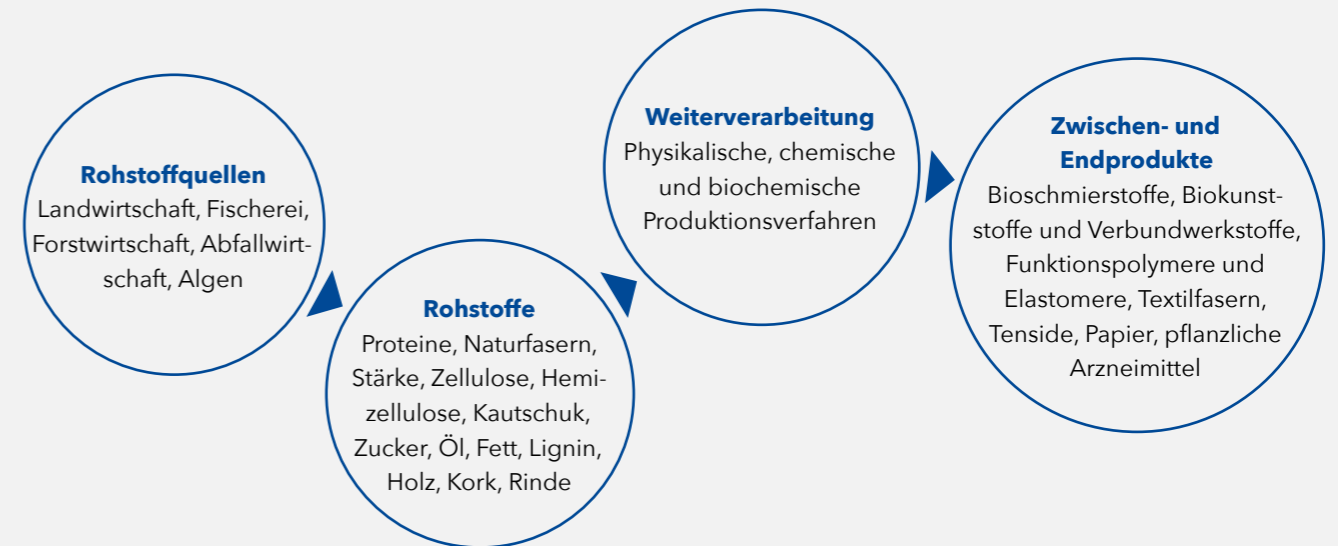
Naturmaterialien

Biodiversität als Materialressource

Lebensmittelreste, Grünschnitt, Spinnenseide, Toxine: Das Mosaik der Naturmaterialien ist bunt und vielfältig. In seiner Gänze ergibt es vor allem eines: eine Menge an Möglichkeiten. Denn jeder Rohstoff hat eigene Stärken und Vorteile, egal ob er direkt genutzt oder in seine Bausteine zerlegt wird. Spezialisierte Unternehmen wissen genau, wie sie die Potenziale der Naturmaterialien ausschöpfen. Dabei entstehen hochwertige und nachhaltige Produkte, die auf ihre Anwendungszwecke zugeschnitten sind. Darüber hinaus arbeiten Forschende daran, Naturstoffe noch besser zu verstehen und neue Einsatzbereiche zu erschließen.



Vom Naturmaterial zum Bioprodukt



Naturstoffe sind die Basis für alle bioökonomischen Prozesse und genauso vielfältig wie die Produkte, zu denen sie verarbeitet werden. Ihre entscheidenden Vorteile: Organische Materialien wachsen nach und sind biologisch abbaubar. Hessische Unternehmen nutzen dafür innovative Verfahren – zum Beispiel setzt Kozioil alte Pflanzenöle für die Kunststoffproduktion ein. Compostella hingegen verwendet Zellulose für Papier ohne chemische Zusatzstoffe und Maisstärke für Biokunststoffe. Kalle aus Wiesbaden ist im Bereich zellulosebasierter Schwammtücher sogar weltweit führend.



Einwegmaterialien auf pflanzlicher Basis

Das Start-up Green Elephant Biotech aus Gießen ersetzt Einweg-Kunststoff-Laborartikel durch Produkte aus Biokunststoffen. Anwendende können dadurch ihre CO₂-Emissionen um bis zu 90 Prozent reduzieren. Das Team hat ein Zellkultursystem entwickelt und verwendet nachhaltige Stoffe im 3-D-Druck-Verfahren. Mit ihrer Technologie namens „CellScrew“ sollen Biotech- und Pharmaunternehmen große Mengen an Therapeutika und Impfstoffen günstiger und nachhaltiger produzieren können. Das Spin-off der Technischen Hochschule Mittelhessen war unter den Gewinnerinnen und Gewinnern des Science4Life Venture Cups und wird vom Land Hessen umfangreich gefördert.

Die Natur noch besser verstehen

Welche neuen Anwendungen eröffnen Naturstoffe? Dieser Frage geht das LOEWE-Zentrum Translationale Biodiversitätsgenomik (TBG) im Projektbereich Naturstoffgenomik nach. „Wir untersuchen genomische Variationen, um den Ursprung und die funktionellen Anpassungen von Lebewesen und Ökosystemen zu verstehen“, erklärt Professor Axel Janke, Koordinator und Sprecher des Zentrums. Die Daten stellen die Forschenden für bioökonomische Zwecke zur Verfügung, unter anderem, um für die Medizin oder Ernährung geeignete Naturstoffe schneller zu identifizieren. „Ohne die Genomik wäre Bioökonomie in der Zukunft undenkbar“, so Janke. Unter anderem untersuchen die Forschenden Toxine von Gifttieren oder Naturstoffe parasitärer und mutualistischer Systeme. Seit Beginn der LOEWE-Förderung 2018 konnte das Team bereits 400 Lebewesen sequenzieren. tbg.senckenberg.de





Organismen

Der Mikrokosmos der Bioökonomie

Die Vielfalt der Bioökonomie offenbart sich vor allem beim Blick durchs Mikroskop: Bakterien, Hefepilze und andere mikrobiologische Organismen erweisen sich dank ihrer effizienten Stoffwechselprozesse, ihres Variantenreichtums und ihrer Anpassungsfähigkeit als echte Technologietreiber. Sie bilden die Basis für eine nachhaltigere Produktion von biotechnologischen Wertstoffen, medizinischen Wirkstoffen und Produkten des alltäglichen Lebens, darunter Backwaren, Milchprodukte, Waschmittel, Kosmetika und vieles mehr.

Mikroorganismen als vielseitige ökonomische Helfer



Bakterien und Archaeen ...

- stellen nachhaltige Materialien wie Spinnenseide her.
- unterstützen biotechnologische Verarbeitungsprozesse.
- erzeugen Energie in Biogasanlagen.



Mikroalgen ...

- liefern hochwertige Substanzen für Nahrungsmittel.
- eignen sich für die Herstellung von Kraftstoffen wie Kerosin.
- können noch mehr, siehe [Algen](#).



Hefen und andere Pilze ...

- sind bewährte Backtrieb- und Gärmittel in der Ernährungsindustrie.
- kommen in einer Vielzahl biotechnologischer Prozesse zum Einsatz.
- dienen als Modellorganismen zur Aufklärung grundsätzlicher Zellmechanismen.

Biologische Systeme im Reagenzglas

In der synthetischen Biologie arbeiten Forschende der Biologie, Chemie, Physik und Mathematik sowie des Ingenieurwesens daran, biologische Systeme im Reagenzglas nachzubauen und neu zu entwerfen. Molekulare Werkzeuge bieten dabei große Wachstumschancen, etwa bei der Entwicklung von Wirkstoffen in der Medizin, im Chemie- und im Energiebereich. Hessen hat sich auf dem Gebiet früh positioniert: Das bis 2018 aus LOEWE-Mitteln geförderte und seit 2019 verstetigte Zentrum für Synthetische Mikrobiologie an der Philipps-Universität Marburg ist das erste Zentrum dieser Art in Deutschland. Dort arbeiten mehr als 250 Fachleute daran, die Prinzipien des mikrobiellen Lebens besser zu verstehen und Werkzeuge bereitzustellen, um das Potenzial von Mikroorganismen in der Biotechnologie zu nutzen. synmikro.com



Stoffe unter Strom

Im Fachbereich Life Science Engineering der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) befasst sich Professor Dirk Holtmann mit der Intensivierung von Bioprozessen. Seine wissenschaftlichen Schwerpunkte sind die stoffliche CO₂-Nutzung und die Elektrobiotechnologie. Dabei geht es um Verfahren, die mikrobielle und enzymatische Vorgänge mit elektrochemischen Stoffumwandlungen kombinieren. Gestützt werden die Forschungsarbeiten durch Computersimulationen und Praxisevaluierungen. Potenzielle Anwendungsgebiete sind zum Beispiel die Abwasserreinigung und Synthese von Chemikalien. thm.de/lse



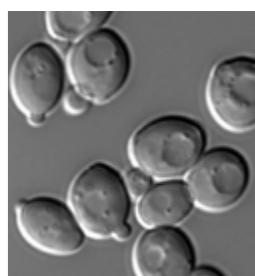
Terrestrische Mikrobiologie

Wie reagieren Mikroorganismen auf Umweltveränderungen – und wie verändern sie selbst die Umwelt? Wie bewegen sie sich und wie suchen sie Nahrung? Wie wandeln sie chemische Verbindungen in andere um und welche Naturstoffe bilden sie? An der Aufklärung dieser und anderer Fragen forscht das Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie mit modernsten Technologien, Computermodellierung und Ansätzen der synthetischen Biologie. Die Themenfelder reichen von Proteinstrukturbestimmung, Physiologie, Metabolismus, molekularer und zellulärer Mikrobiologie bis zu Interaktionen zwischen Wirt und Mikroben sowie innerhalb mikrobieller Gemeinschaften. Die Ergebnisse können die Basis für neue biobasierte Materialien sein. mpi-marburg.mpg.de



Mikrobe des Jahres

Die in Frankfurt am Main ansässige Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM) verbindet rund 3.500 mikrobiologisch orientierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Zudem verschafft sie Mikroorganismen mit der Prämierung „Mikrobe des Jahres“ besondere Aufmerksamkeit. Den Preis gewann 2022 die Hefe *Saccharomyces cerevisiae*. Sie dient als Backtriebmittel und ist an der Gärung von Bier, Wein, Cider und Essig beteiligt. Außerdem wird diese gut erforschte „Zellfabrik“ als Modellorganismus für die Medikamentenentwicklung und Herstellung nachhaltiger Rohstoffe genutzt. vaam.de



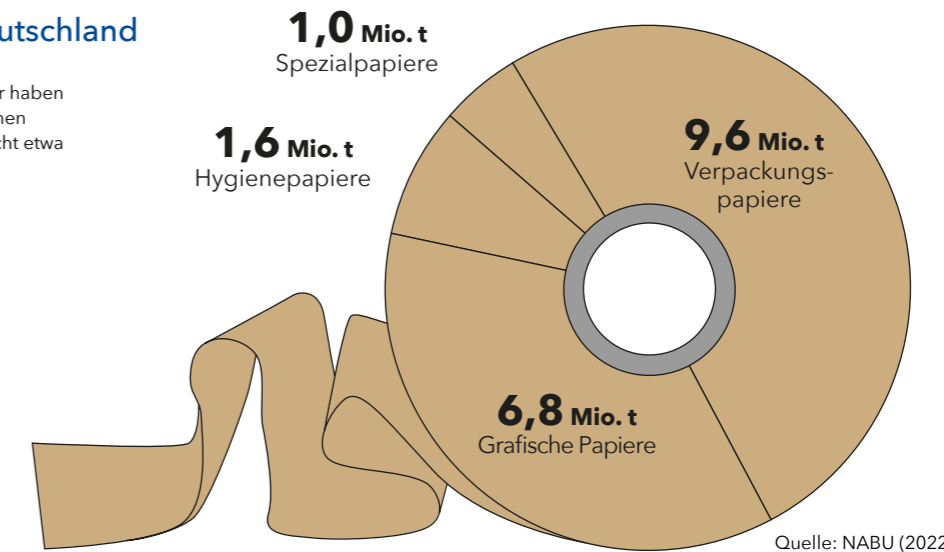
Papier

Vielschichtige Anwendungen

Papier besteht nahezu vollständig aus natürlichen Rohstoffen und ist bereits deswegen ein wichtiger Baustein der Bioökonomie. Bei seiner Herstellung, die sehr energieintensiv sein kann, setzt die Industrie zunehmend auf effiziente Verfahren und erneuerbare Energien. Gleichzeitig erschließt die Forschung alternative Rohstoffe wie etwa Wiesengras, um Emissionen zusätzlich zu senken. Außerdem eignet sich Papier hervorragend als Materialsubstitut für synthetische Werkstoffe, beispielsweise im Bauwesen. Mit einem geschlossenen Stoffkreislauf über das Altpapierrecycling wird daraus eine runde Sache.

Papierverbrauch in Deutschland

Die deutschen Bürgerinnen und Bürger haben im Jahr 2019 insgesamt rund 19 Millionen Tonnen Papier verbraucht. Das entspricht etwa 230 Kilogramm pro Person.



Rohstoffquellen für Papier



Holz: Die bewährte Papierherstellung aus Holzzellulosefasern kann Teil einer ressourcenschonenden Ökonomie sein. Ihre Grundpfeiler sind eine nachhaltige Holzwirtschaft und moderne, energieeffiziente Bearbeitungstechniken.



Wiesengras: Gras wächst schnell, ist regional verfügbar und preiswert. Für seine Verarbeitung müssen keine speziellen Chemikalien eingesetzt werden. Schon heute ist es möglich, Papier anteilig aus Gras zu fertigen, wie erste Pilotprojekte zeigen.



Bambus: Bambus ist eine stabile und schnell nachwachsende Ressource, die ein Drittel mehr Sauerstoff als andere Pflanzen bildet und damit mehr CO₂ bindet. Bei seiner Verarbeitung bleiben fast keine unerwünschten Nebenprodukte zurück. Zukünftig könnte Bambus ein Rohstoff für bestimmte Papieranwendungen sein, womit das Süßgras ins Interesse der Forschung und Entwicklung rückt.



Altpapier: Mit Papier ist ein geschlossener Stoffkreislauf möglich, sofern das Altpapier per Recycling ein „zweites Leben“ erhält: als Zeitung, Büromaterial, Hygienepapier und mehr. Die nicht weiter verwertbaren Fasern setzen als Abfall CO₂ frei, das über eine nachhaltige Forstwirtschaft gebunden werden kann.

Bauen mit Papier

Papier besitzt ein hohes Potenzial für biobasierte Anwendungen im Baubereich. Es ist vergleichsweise kostengünstig herstellbar und hat in Bezug auf das Eigengewicht sehr gute Festigkeitseigenschaften. Das Fachgebiet Papierfabrikation der Technischen Universität Darmstadt forscht im Rahmen seines Schwerpunkts „Bauen mit Papier“ daran, Holz, Beton und mineralische Stoffe durch Papier zu ersetzen. Das Projekt wurde von 2017 bis 2021 mit Mitteln aus dem hessischen LOEWE-Programm gefördert und hat sich seitdem als Forschungsbereich verstetigt. Dafür arbeitet ein interdisziplinäres Team auf mehreren Ebenen zusammen: bei den Materialeigenschaften und -modellen, Halbzeugen und Bauteilen sowie der Architektur. Zu möglichen Anwendungen gehören neben Gebäudebauteilen auch temporäre Bauwerke, beispielsweise für Notunterkünfte, Schulen und Messen.

tu-darmstadt.de/bauenmitpapier



„Schaut man sich die immer feineren Materialschichten im Holzbau an, liegt der Gedanke nahe, dafür Papier zu nehmen. So ist man nicht mehr auf Fasern aus einer Pflanze angewiesen, sondern kann prinzipiell an jeder Stelle eines Bauteils die dafür optimale Faser einsetzen.“

Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel, Leiter des Fachgebiets Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik der Technischen Universität Darmstadt

Kluge Köpfe für die biobasierte Zukunft

Die Zukunft der Bioökonomie hängt in erster Linie von exzellenten Fachkräften mit einer unternehmerischen Einstellung ab. Sie benötigen fundiertes Wissen darüber, wie sich biobasierte Rohstoffe bereitstellen, handhaben und transformieren lassen und welche Anwendungen die entstehenden Produkte ermöglichen. Ferner brauchen sie ein tiefes Verständnis für die Integration der Bioökonomie in das wirtschaftliche, ökologische und soziale Gesamtsystem. Hessen kann sich dabei auf ein vielseitiges und renommiertes Ausbildungswesen stützen.



Qualifikation

Wege in die Bioökonomie

Das Abc dieser Broschüre zeigt, wie breit gefächert das Spektrum bioökonomischen Wirtschaftens und Forschens ist. Dementsprechend führen viele Wege zur Bioexpertise. Einige davon sind nachfolgend aufgelistet.

Studium der Bioökonomie: In Deutschland gibt es erste Studiengänge, die sich ganz auf bioökonomische Prozesse und Technologien spezialisiert haben. Sie heißen entweder „Bioökonomie“ oder tragen verwandte Bezeichnungen wie „Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie“.

Studium der industriellen Biotechnologie: Im Rahmen industriell-biotechnologischer Studiengänge spielt die Bioökonomie eine Schlüsselrolle. Hessen bietet zum Beispiel die Fächer „Bioverfahrenstechnik“ und „Bio- und Umwelttechnik“ an der Frankfurt University of Applied Sciences und das Spezialstudium „Insect Biotechnology and Bioresources“ an der Justus-Liebig-Universität Gießen an.

Studium von Nachhaltigkeit und Ressourcenmanagement: Wer seinen Schwerpunkt weniger auf Technik und Materialkunde, dafür mehr auf Umweltaspekte und Kreislaufwirtschaft legen will, findet deutschlandweit zahlreiche Angebote. In Hessen gibt es die Studiengänge „Nachhaltiges Wirtschaften“ an der Universität Kassel sowie „Agrar- und Ressourcenökonomie“ und „Global Change: Ecosystems and Policy“ in Gießen.

Klassische Studiengänge: Eine Spezialisierung auf biobasiertes Wirtschaften und biotechnologische Prozesse ist auch über zahlreiche andere Fachgebiete möglich, beispielsweise Agrarwissenschaften, Betriebswirtschaftslehre, Biologie, Chemie, Ingenieurwissenschaften, Medizin und Physik. Gerade der interdisziplinäre Charakter verleiht der Bioökonomie ihre Weitsichtigkeit und Originalität.

Geballtes Wissen in Hessen

Bioökonomischen Bezug haben in Hessen:



Über ganz Hessen verteilen sich Wissenszentren mit Relevanz für die Bioökonomie. So hat die Philipps-Universität Marburg in der Mikrobiologie europäischen Rang und kooperiert in der Pilzforschung eng mit der Goethe-Universität Frankfurt. Mit der Insektenbiotechnologie wurde an der Justus-Liebig-Universität Gießen eine einzigartige Forschungsrichtung eingeschlagen. Die Universität Kassel forscht umweltbezogen in den Agrar-, Ingenieur- und Materialwissenschaften. Im Anlagenbau ist wiederum die Technische Universität Darmstadt führend. Weitere Hochschulen komplementieren die Wissensbasis durch fundierte Ausbildung und Forschung.

LOEWE fördert Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft

Das themenoffene Forschungsförderprogramm der Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz (LOEWE) zielt auf eine langfristige Stärkung der Forschungs- und Innovationskraft Hessens ab. In fünf wettbewerblichen Förderlinien - Zentren, Schwerpunkte, Professuren, Exploration und KMU-Verbundvorhaben - unterstützt LOEWE die Vernetzung von Wissenschaft, außeruniversitärer Forschung und Wirtschaft. Zudem können exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nach Hessen geholt und im Land gehalten sowie neuartige Forschungsideen an Hochschulen umgesetzt werden. In der Förderlinie KMU-Verbundprojekte betreut die Hessen Agentur im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst interessierte Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit Sitz in Hessen, die gemeinsam marktfähige Innovationen entwickeln, zum Beispiel in den Bereichen Biotechnologie, Ressourceneffizienz und Klimaschutz.

wissenschaft.hessen.de/forschen/landesprogramm-loewe



LOEWE
Exzellente Forschung für
Hessens Zukunft

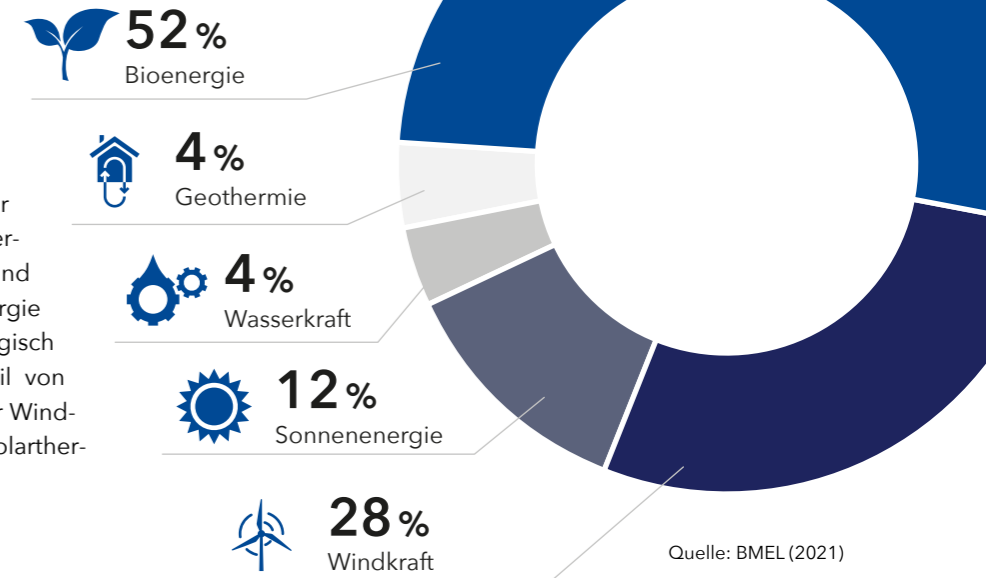
Regenerative Energien

Die Kraft der Biomasse

Im Mix der regenerativen Energien leistet Biomasse einen essenziellen Beitrag zum Klimaschutz. Sie bildet den weltweit größten Anteil erneuerbarer Primärenergien. Dabei ist die Herkunft der Bioenergie so vielseitig wie ihre Anwendungen: von Holzpellets für die Wärmeversorgung über Energiepflanzen für Biokraftstoffe bis zu Biogas für die Verstromung. Um den Flächenbedarf nachwachsender Rohstoffe zu reduzieren, erschließt der Energiesektor zunehmend auch das Potenzial biogener Rest- und Abfallstoffe.

Bioenergie an erster Stelle

Primärenergie bezeichnet die Energie, die mit ihrem ursprünglichen Energieträger zur Verfügung steht und nicht in andere Energieformen wie etwa Strom umgewandelt wird. Im Jahr 2021 lag der bundesweite Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch bei rund 16 Prozent. Darunter leistete Bioenergie (Energie aus Biomasse, Biogas und biologisch abbaubaren Abfällen) mit einem Anteil von 52 Prozent den größten Beitrag, weit vor Windkraft, Sonnenenergie (Fotovoltaik und Solarthermie), Wasserkraft und Geothermie.



VISSMANN



Pappeln für lokale Wärme

Die Viessmann Group hat 2022 bekannt gegeben, dass sie innerhalb der kommenden drei Jahre eine Milliarde Euro in nachhaltige Klimalösungen investieren wird. Dabei spielen unter anderem grüne Nahwärmenetze eine bedeutende Rolle. Ein Beispielprojekt findet sich am Standort Allendorf (Eder): Dort hat Viessmann auf 170 Hektar Pappeln angepflanzt, die jeweils drei Jahre lang mit der Kraft der Sonne wachsen. Anschließend werden sie zu Hackschnitzeln verarbeitet, mit denen das Unternehmen in großen Biomassekesseln mehr als zwei Drittel der lokal benötigten Wärme erzeugt. Der Clou ist, dass die Pappeln auf Grenzertragsflächen wachsen, die sich kaum für die Landwirtschaft eignen. Darüber hinaus profitiert das Klima, denn bei der energetischen Verwertung der Hackschnitzel wird nur so viel CO₂ frei, wie die Pappeln zuvor beim Wachsen aufgenommen haben.



„Bioökonomie ist nicht nur gut für das Klima, sondern trägt dazu bei, dass wir die Lebensräume künftiger Generationen mitgestalten können.“

Prof. Dr. Markus Pfuhl, Generalbevollmächtigter Viessmann Group

Gebündelte Kompetenz für Biogas

Das Hessische Biogas-Forschungszentrum (HBFZ) untersucht die Energieerzeugung aus Biogas in ihrer gesamten Bandbreite: vom Anbau der Energiepflanzen über die adäquate Bereitstellung von Substraten bis zur eigentlichen Gasgewinnung in der Biogasanlage und über den Gärrest zurück in den Boden. Bei dem Zentrum handelt es sich um eine Kooperation des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) und dem Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL). Die Forschung findet auf dem Landwirtschaftszentrum Eichhof in Bad Hersfeld statt. iee.fraunhofer.de





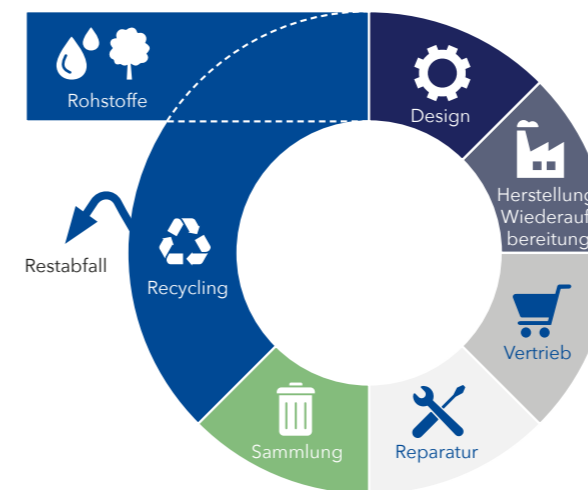
S toffströme

Alles im natürlichen Fluss

Die Bioökonomie orientiert sich auch in ihrer Gesamtheit als Wirtschaftsform an der Natur: Sie führt biogene Rohstoffe sowie Zwischen- und Endprodukte in einen Stoffkreislauf, der Rest- und Abfallstoffe sowie entstehende Emissionen einbezieht. Damit bildet sie ein „ökonomisches Ökosystem“ aus Stoffströmen, in denen Ressourcen effizient und schonend genutzt werden. Dieses ganzheitliche Konzept lässt sich auf komplexe Strukturen wie Industrieparks und ganze Städte anwenden, weshalb die Bioökonomie zunehmend in den Fokus der urbanen Wirtschaft rückt.

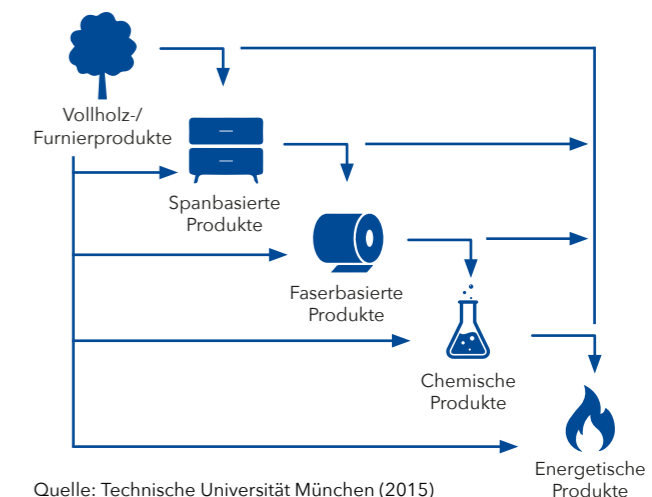
Kreisläufe und Kaskaden

Die Stoffströme der Bioökonomie folgen den Prinzipien einer Kreislaufwirtschaft und Kaskadennutzung. Sie zielen darauf ab, hohe Wertschöpfungen zu generieren, Rohstoffe nachhaltig zu verwerten und Umweltbelastungen zu reduzieren.



Kreislaufwirtschaft

Im Gegensatz zur Linearwirtschaft gelangen Ressourcen und Emissionen in der „Circular Economy“ in ein Kreislaufsystem, in dem sie immer wieder aufbereitet und verwendet werden. Dafür eignen sich besonders biologische Stoffe, die schon dank ihrer natürlichen Beschaffenheit auf einen Kreislauf ausgelegt sind. Für ein nachhaltiges Wirtschaftssystem ist zudem entscheidend, dass der Stoffkreislauf mit effizienten Bio- und Umwelttechnologien verknüpft wird, zum Beispiel zur Rückgewinnung von Wärme und Wasser.

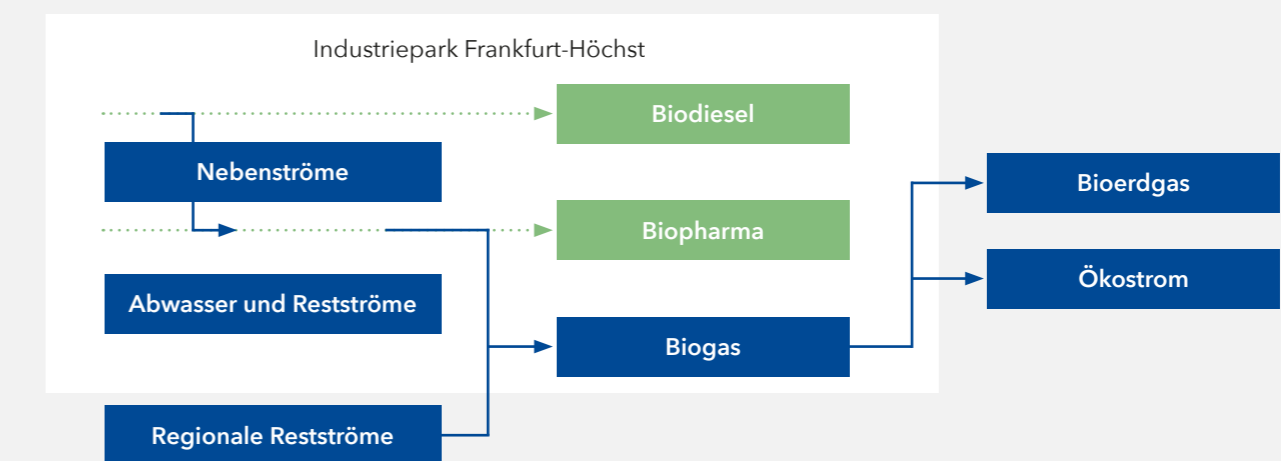


Quelle: Technische Universität München (2015)

Kaskadennutzung

Die mehrstufige Nutzung von Rohstoffen in sogenannten Kaskaden geht eng mit dem Kreislaufkonzept einher. Ein Beispiel ist die Holzkaskade: Frisches Holz wird zu Produkten wie Möbeln verarbeitet, später weiter zu Produkten aus Holzfasern und chemischen Produkten, bis schließlich noch die Verbrennung zur Energiegewinnung bleibt. Dabei gibt es diverse Kaskadenerweiterungen oder -abkürzungen, zum Beispiel auch die direkte energetische Verwertung von Holz.

Region Frankfurt Rhein-Main



Nachhaltige Kaskadennutzung im Industriepark

Der Industriepark Frankfurt-Höchst verknüpft mehrere Stoffströme untereinander und mit der Rhein-Main-Region. Beispielsweise geht das Nebenprodukt Glycerin aus einer Biodieselerstellung weiter in die Synthese von Pharmaprodukten. Nebenströme und Abwasser mehrerer Firmen fließen in standort eigene Klär- und Biogasanlagen. Das Biogas wird sowohl verstromt als auch zu Bioerdgas aufbereitet und ins öffentliche Gasnetz eingespeist. Zudem soll 2022 eine Power-to-Liquid-Pionieranlage damit beginnen, aus grünem Strom und CO₂-Emissionen klimaneutralen Flüssigkraftstoff herzustellen. Die Prozessabwärme kommt wiederum der Industrie und den Wohngebieten in der Nähe zugute. Insgesamt ist das bioökonomisch ausgerichtete Verbundsystem in Höchst ein Zukunftsmodell mit erheblichem Potenzial.



T extilien

Die Rückkehr der Naturfasern

Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe wie Baumwolle oder Leinen ist in der Textilproduktion nichts Neues. Nachdem in den letzten Jahren Polyester und andere chemiebasierte Fasern beliebter waren, erleben Naturfasern jetzt ein Comeback. Die Branche arbeitet an Wegen, sie nachhaltig einzusetzen, und entwickelt innovative Hightechfasern, etwa aus Spinnenseide oder Milcheiweiß. Pflanzenbasierte Textilien sollen tierische Produkte wie Leder perspektivisch ersetzen. Einige Unternehmen realisieren bereits konsequent eine textile Kreislaufwirtschaft. Dabei spielt auch die Nutzung von Rest- und Abfallströmen eine wesentliche Rolle.

Beispiele für biobasierte Textilfasern

Klassische Fasern

- **Baumwolle:** Die Samenfasern der Baumwolle werden zu Textilien weiterverarbeitet, die Samen selbst zu Baumwollöl für die Kosmetikindustrie. Der nach dem Auspressen verbleibende Ölkuchen dient als proteinreiches Viehfutter.
- **Hanf:** Bei der Hanfpflanze werden auch die Pflanzestängel mitverarbeitet. Zudem ist laut dem Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie die durchschnittliche Wasserproduktivität von Industriehanf sechsmal höher als die von Baumwolle.
- **Leinen:** Leinen wird aus Flachs gewonnen. Der Unterschied zu Hanffasern ist gering und lässt sich meist nur mithilfe eines Hochleistungsmikroskops erkennen.
- **Jute:** Jutefasern sind besonders robust, atmungsaktiv und außerdem günstig.
- **Brennnessel:** Bis zum Zweiten Weltkrieg wurde die einheimische Brennnessel als Faserpflanze genutzt - jetzt wird sie wieder neu entdeckt.

Hightechfasern

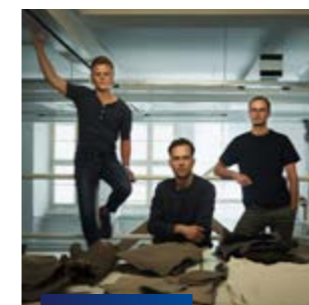
- **Viskose:** Viskose besteht aus Polymerfasern des biobasierten Zellstoffs Zellulose.
- **Spinnenseide:** Der Faden der Spinne ist achtmal dünner als ein menschliches Haar, trotzdem so fest wie Stahl und sehr dehnbar. Deshalb eignet er sich für robuste Textilfasern. Da es kaum möglich ist, Spinnen zu züchten, entwickeln Unternehmen Ansätze, die Seide mithilfe maßgeschneiderter Bakterien biotechnologisch herzustellen.
- **Milcheiweiß:** Auch in der Textilproduktion lassen sich Restströme verwerten, zum Beispiel, indem das Milcheiweiß Kasein aus nicht mehr verkehrsfähiger Rohmilch gewonnen und für die Herstellung von Textilfasern verwendet wird.

Textilien neu denken

In Deutschland landen jährlich rund 400.000 Tonnen Textilien im Müll - das entspricht 4,7 Kilogramm pro Person. Der Großteil wird verbrannt oder landet auf Deponien. Das verschwendet Ressourcen und verursacht außerdem viel CO₂. Mehrere hessische Unternehmen setzen daher neue Standards für nachhaltige Mode. So fertigt zum Beispiel das Wiesbadener Start-up Solostücke seine Kleidung in Deutschland aus upgecyclter Baumwolle. Die Designerin Emilie Burfeind kreierte einen Schuh aus gestricktem Hundehaar, Naturkautschuk und Pilzwurzeln, der komplett biologisch abbaubar ist. Damit gewann sie 2021 den Distributed Design Award, der besonders nachhaltiges Design auszeichnet. Dass Textilien auch eine Inspiration für andere Materialkonstruktionen sein können, zeigt das Forschungsprojekt TERA X der Plattform BAU KUNST ERFINDEN der Universität Kassel und der Hochschule Hof: Sie testen Holz in textilen Strukturen für das Bauwesen.



Leder aus Hanfresten



Gibt es nachhaltiges Leder? Auch hinter angeblich umweltfreundlicher Mode steckt oft Greenwashing. Das will das Start-up Revoltech aus Darmstadt mit seinem Produkt LOVR ändern. Die vegane Lederalternative besteht aus Resten, die beim Hanfanbau in Deutschland anfallen, kommt ganz ohne Chemikalien und Erdöl aus und ist komplett biologisch abbaubar. Gegenüber herkömmlichem Leder spart LOVR 99,7 Prozent CO₂ ein, produziert wird regional und transparent. Für diese innovative Idee erhielten die drei Gründer das EXIST-Gründerstipendium des Bundes, den Hessischen Gründerpreis 2021 und eine Prämierung beim Science4Life Venture Cup 2022. Außerdem werden sie für ihr Projekt „KEPLER - Kontinuierliche Produktion einer plastikfreien Lederalternative auf Basis von Reststoffen“ mit Mitteln aus dem LOEWE-Programm gefördert, zusammen mit der Technischen Universität Darmstadt als Projektpartner. „Dank des



LOVR

positiven Start-up-Ökosystems in Hessen kann unser Unternehmen hervorragend wachsen“, hebt Lucas Fuhrmann, Co-Gründer von Revoltech, hervor.

Umwelt-technologien



Ökonomie und Umwelt zusammendenken

Bioökonomie und Umwelttechnologie ziehen an einem Strang: Sie wollen auf effiziente Weise die Belastung von Klima und Umwelt senken. Dabei umfassen Umwelttechnologien vor allem die Wasser- und Abwasseraufbereitung, die Abfallentsorgung und das Recycling, die Nutzung erneuerbarer Energien, die Ressourceneffizienz in Betrieben und die Reduktion von Emissionen aller Art. Bioökonomische Verfahren und Produkte werden in diesem Umfeld immer wichtiger, wie Beispiele aus Hessen zeigen.

Vom Schadstoff zum Biopolymer

Industrielle CO₂-Emissionen gelten als Hauptursache für den Klimawandel, und Kunststoffabfälle belasten weltweit die Umwelt. CO2BioClean packt beide Probleme gleichzeitig an, indem es Kohlenstoffdioxid für die Herstellung biologisch abbaubarer Kunststoffe im Rahmen einer innovativen Kreislaufwirtschaft nutzt. Dem Start-up aus Kronberg ist es gelungen, CO₂ in biologisch abbaubare Polyhydroxyalkanoate (PHA) umzuwandeln. Diese Biopolymere können unter anderem für die Herstellung von Konsumgütern, Verpackungsartikeln und Textilien verwendet werden. Mit der patentierten Technologie hat CO2BioClean den Europäischen Innovationsrat überzeugt und erhält EU-Förderungen in Millionenhöhe.



Dünger aus Klärschlammasche

Phosphor ist ein lebenswichtiges, aber nur begrenzt verfügbares Element. Eine alltägliche Quelle für Phosphate wird dagegen noch zu selten genutzt: Klärschlamm. Ab 2029 muss sich das ändern, denn dann wird es nach einer bundesweiten Verordnung zur Pflicht, Phosphor aus Klärschlamm zurückzugewinnen. Im Industriepark Frankfurt-Höchst, in dem sich Deutschlands viertgrößte Verbrennungsanlage für Klärschlamm befindet, laufen die Vorbereitungen dafür auf Hochtouren. Das Betreiberunternehmen Infraserv Höchst plant, über ein innovatives Aufbereitungsverfahren jährlich rund 60.000 Tonnen Phosphatdünger aus Klärschlammasche zu gewinnen.



„Wir haben hier alle Kräfte gebündelt, um das Phosphorrecycling für uns und die Region anzugehen. Der Industriepark Höchst bietet die idealen Rahmenbedingungen für eine zentrale Aufbereitung der Klärschlammasche aus dem Rhein-Main-Gebiet.“

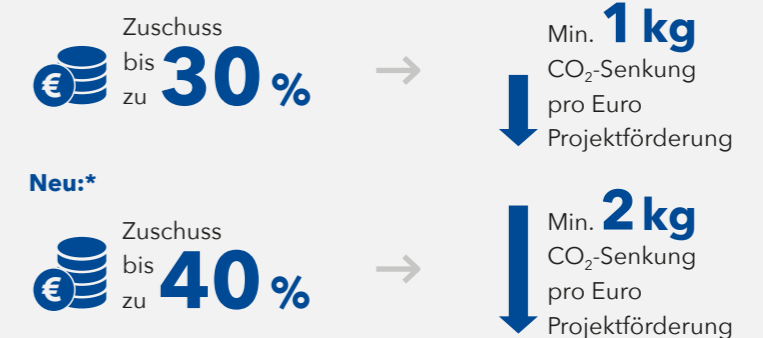
Björn Krix, Leiter Strategisches Produktmanagement Entsorgung von Infraserv Höchst

Geförderte Ressourceneffizienz

PIUS steht für Produktionsintegrierten Umweltschutz. Die PIUS-Invest-Förderung unterstützt kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei Investitionen in Prozessinnovationen, die den CO₂-Ausstoß reduzieren. So gewinnen letztlich alle: Unternehmen können effizienter produzieren, Kosten senken und die Umwelt schützen. Mehr Informationen:

pius-invest.de

Förderung



Maximale Förderung pro Projekt: **500.000 €** Mindestinvestition pro Projekt: **100.000 €**

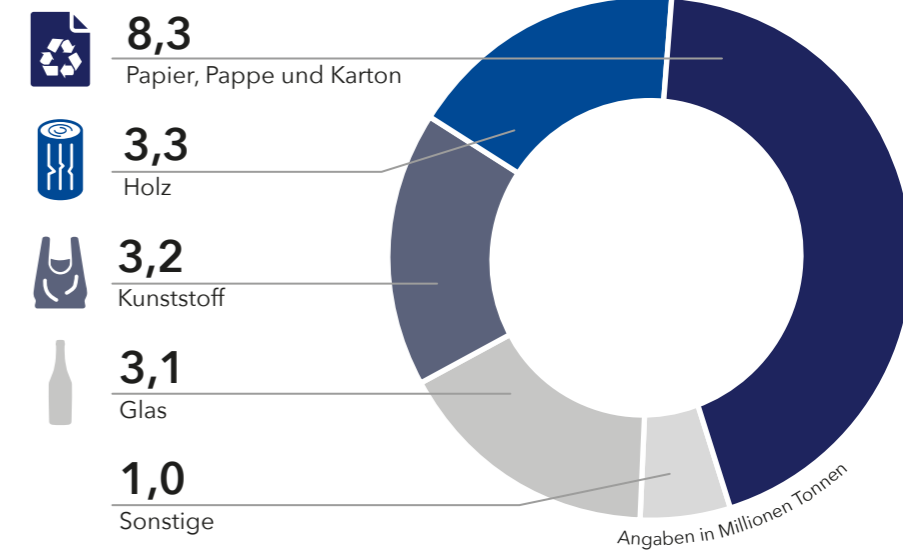
* Verbesserte Rahmenbedingungen für die Förderperiode ab 2022



Verpackungsmüll in Deutschland

Laut Bundesumweltamt entstanden 2019 in Deutschland 18,9 Millionen Tonnen Verpackungsmüll. Verpackungen aus Papier, Pappe und Karton hatten mit etwa 8,3 Millionen Tonnen den größten Anteil daran. Weit dahinter liegen Holz (3,3 Millionen), Kunststoff (3,2 Millionen) und Glas (3,1 Millionen).

Quelle: Umweltbundesamt (2022)



Biobasierte Verpackungen: Kunststoff aus Bananenstängeln, Papier aus Grünschnitt

Rohstoffquellen	Rohstoffbeispiele	Anwendungen
Landwirtschaft	Maisstärke	Biobasierte Kunststoffe
Forstwirtschaft	Holz	Papier und Kartonage
Restströme aus der Landwirtschaft	Bananenstängel, Reis- und Weizenstroh	Biobasierte Kunststoffe
Restströme aus der Lebensmittelproduktion	Alte Pflanzenöle	Biobasierte Kunststoffe
Restströme aus der Forstwirtschaft	Hobelspäne aus Sägewerken	Biobasierte Kunststoffe
Nebenströme	Grünschnitt (zum Beispiel von Parks und kommunalen Flächen)	Papier und biobasierte Kunststoffe
Weitere Quellen	Bienenwachs	Bienenwachstücher

Verpackungen für den Kompost

Ein Küchenpapier ohne Chemikalien und Erdöl? Compostella hat einen Küchenhelfer entwickelt, der Frischhaltefolie, Alufolie, Einschlagfolie und Backpapier ersetzt – und nur aus Zellulose, Zucker und Wasser besteht. Das Küchenpapier wird auf Basis von FSC-zertifiziertem Holz hergestellt, das bei der Waldpflege anfällt. Es kommt ganz ohne Erdöl, Silikon und Chemikalien aus. Trotzdem ist es hitzebeständig und fett dicht. Diese Eigenschaften werden durch das sogenannte Superkalandrieren erreicht, einer mechanischen Bearbeitung des Papiers mit heißen Stahlwalzen. Zudem ist es lebensmittelecht und vollständig biologisch abbaubar, sogar auf dem heimischen Kompost. Neben der mit dem Bundespreis Ecodesign ausgezeichneten Küchenpapieralternative stellt Compostella auch Biokunststoffe aus europäischer Maisstärke, biobasiertes Büromaterial, Geschenkpapier, Geschirr und Einkaufstüten her.



Es geht auch ohne

Da viele Menschen umweltbewusst einkaufen möchten, erfreuen sich Unverpacktläden immer größerer Beliebtheit. In Hessen gibt es bereits in mehr als 15 Städten Möglichkeiten für den verpackungsfreien Einkauf. Die Läden bewahren ihre Lebensmittel in großen Behältern auf, aus denen sich die Einkaufenden ihr Wunschprodukt portionsgenau abfüllen können. Am besten eignen sich selbst mitgebrachte Mehrweggefäße, die im Geschäft abgewogen werden. Die meisten Unverpacktläden bieten zudem Gefäße zum Kauf oder Ausleihen an, sollte der Einkauf doch einmal umfangreicher ausfallen. Ein weiteres Plus dieses Konzepts: Die Auswahl regionaler und saisonaler Lebensmittel ist oft sehr groß.

V

erpackungen

Biobasiert und abbaubar

Verpackungen schützen Güter und machen Lebensmittel länger haltbar. Aber sie verursachen jede Menge Müll. Ein Großteil davon geht auf den Lebensmittelbereich zurück. Auch das verstärkte Onlinegeschäft trägt zur stetig wachsenden Verpackungsflut bei. Um das Problem zu bewältigen, müssen erstens Verpackungen vermieden werden, wo immer sie verzichtbar sind. Zweitens gilt es, Wertstoffe durch ein effizientes Recycling möglichst lange im Kreislauf zu halten. Drittens lassen sich Verpackungen aus fossilen Rohstoffen durch nachhaltige Materialien ersetzen. Dabei spielt die Bioökonomie eine entscheidende Rolle.

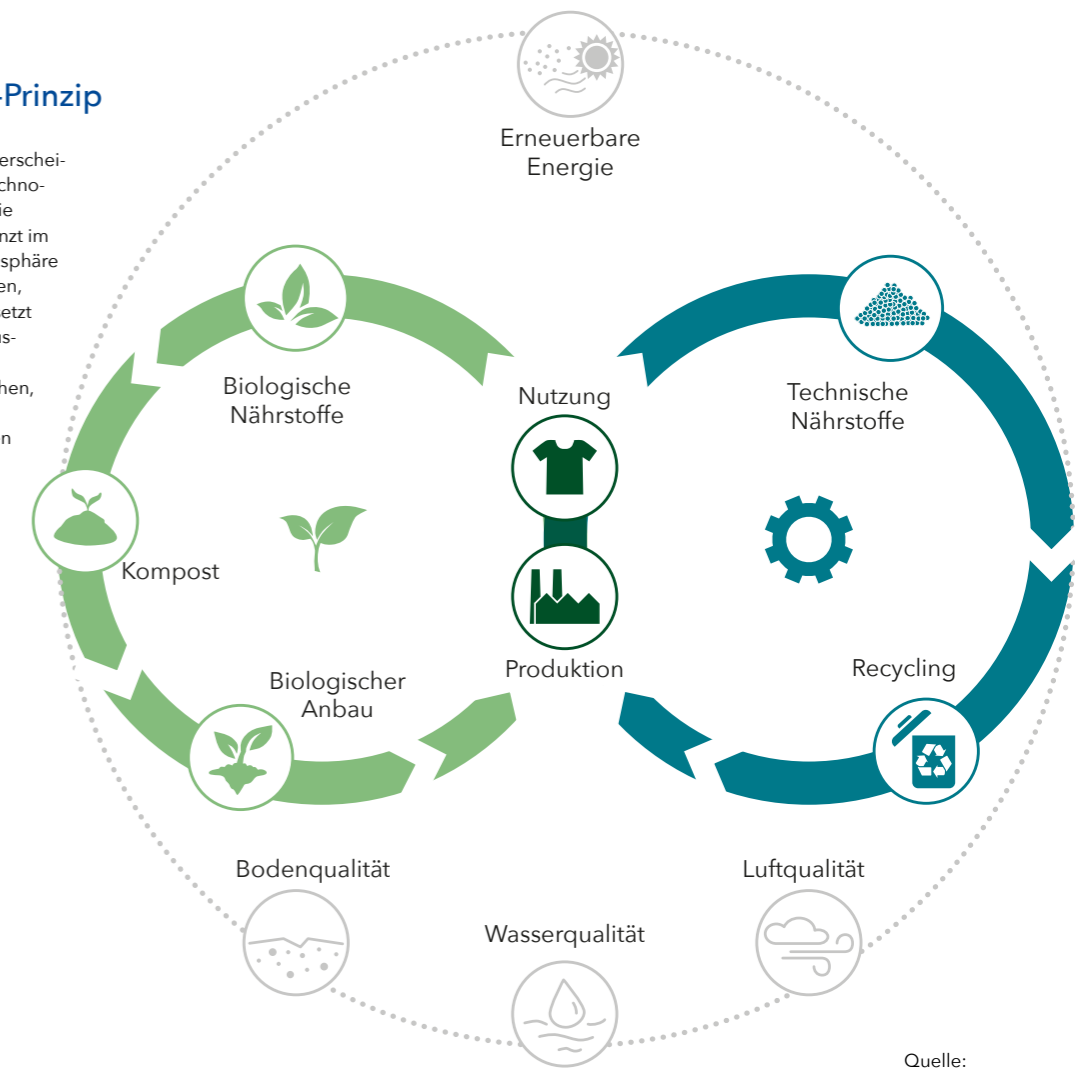
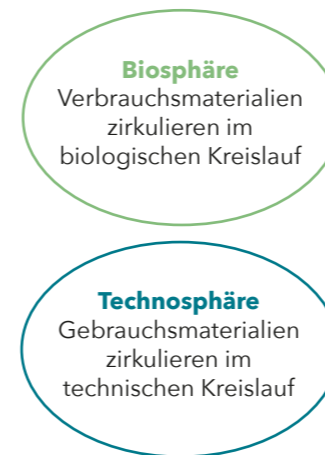
Wirtschaften ohne Abfall

Ressourcenknappheit und Umweltverschmutzung hängen mit der linearen Wirtschaft zusammen. Ziel der Bioökonomie ist, diese Verschwendung zu beenden und Stoffkreisläufe effizient zu schließen. Nachwachsende Rohstoffe werden zu innovativen Produkten, die wieder und wieder verwendet werden können, bis sie sich schließlich vollständig biologisch zersetzen. Im besten Fall nutzen die abgebauten Produkte der Natur, zum Beispiel als Dünger. Diesen Ansatz verfolgt auch das Prinzip Cradle to Cradle (von der Wiege zur Wiege), in dem alle Produkte in Kreisläufen geführt werden – ganz nach dem Vorbild der Natur.

Wieder- verwendung

Das Cradle-to-Cradle-Prinzip

Die Cradle-to-Cradle-Philosophie unterscheidet zwischen zwei Kreisläufen: der Technosphäre für Gebrauchsgegenstände wie Smartphones, die potenziell unbegrenzt im Kreislauf geführt werden, und der Biosphäre für Verbrauchsgegenstände wie Farben, Waschmittel und To-go-Becher. Hier setzt die Bioökonomie an: Produkte, die ausschließlich aus nachwachsenden und biologisch abbaubaren Stoffen bestehen, zerfallen einfach, verursachen keinen Müll und nutzen der Umwelt im besten Fall sogar als neuer Rohstoff.



Quelle:
Cradle to Cradle NGO (2022)



„Wir wünschen uns, dass das Wirtschaftssystem Bioökonomie zunehmend in die gesamte Wertschöpfungskette von Unternehmen einfließt.“

Thomas Fotteler, Geschäftsführer und Gesellschafter von NOWASTE

Müllfreier Kaffeegenuss

Ein voller Müllsack nach einem Kindergeburtstag: Das war der zündende Moment für das Gründerteam von NOWASTE, um einen nachhaltigen, biologisch abbaubaren Mehrwegbecher zu entwerfen. Er besteht hauptsächlich aus Glucose, Lignin und Stärke und baut sich in nur 180 Tagen biologisch ab. Dennoch ist er hitzebeständig, spülmaschinenfest und frei von Schadstoffen. „In Deutschland landen jede Stunde über 320.000 Einwegbecher im Müll. Mit unserer Alternative haben wir schon etwa 40 Millionen dieser Becher eingespart“, sagt Thomas Fotteler, Geschäftsführer und Gesellschafter von NOWASTE. Für die Gestaltung der Becher arbeitet das Unternehmen mit dem Behinderten-Werk Main-Kinzig zusammen. Schon viele Initiativen, Vereine und Unternehmen sind davon überzeugt. Unter anderem stellt NOWASTE die Mainbecher her, die To-go-Becher des Mehrwegsystems von Frankfurt am Main.



treecup





Zukunft

Ein Gemeinschaftsprojekt

Über das Abc hinweg zeigt sich: Die Bioökonomie ist eine Wirtschaftsform mit großer Zukunft. Sie erschließt vielfältige Wege, um fossile Ressourcen durch Biomasse zu ersetzen, clevere Biotechnologien gangbar zu machen und Emissionen einzusparen. Die biobasierte Wirtschaft muss von allen Beteiligten gemeinsam weiter vorangetrieben werden: Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft. In Hessen existieren schon heute solide Wertschöpfungsketten der Bioökonomie, vor allem in den Bereichen Chemie, Pharma, Anlagenbau und Prozesstechnik. Die hessische Wirtschaft kann auf ihre Stärken zählen und die Zukunft anpacken – mit energie- und ressourcen-effizienten Prozessen, neuen Produkten und jeder Menge frischer Ideen.

BioBall: die Bioökonomie ins Rollen bringen

Das Zukunftsprojekt BioBall zeigt, wie unterschiedliche Akteurinnen und Akteure zusammenfinden, um die bioökonomische Vision gemeinsam zu realisieren. Es verfolgt das Ziel, die stoffliche Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen ganzheitlich zu fördern – unter den besonderen Bedingungen der dicht besiedelten und industrialisierten Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main. Dieser vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte und von der ProVadis Hochschule koordinierte Innovationsraum soll auch anderen Ballungsräumen ein Vorbild sein.



Musterbeispiel: Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main

Der Ballungsraum um Frankfurt am Main zählt mit rund 5,8 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern zu den wirtschaftsstärksten Regionen Deutschlands. In seinen verdichteten Gebieten fallen pro Jahr große Mengen an kohlenstoffhaltigen Rest- und Abfallstoffen an. Dazu gehören insbesondere:



900.000
Tonnen Bioabfälle,
davon 200.000 Tonnen
Lebensmittelabfälle

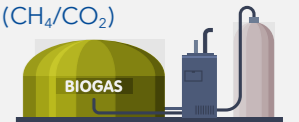


146.000
Tonnen Klärschlamm
(Trockenmasse)

90.000
Tonnen Lignin aus der
Papierherstellung



Gülle und andere
Bioabfälle als Grundlage
für **125.000** Tonnen
Biogas (CH₄/CO₂)



Im Innovationsraum BioBall wird an Technologien geforscht, die diese und weitere Stoffströme effizient verwerten, um Rohstoffkreisläufe zu schließen.

Quelle: BioBall (2022)

Projekte von BioBall

- **INFeed:** maßgeschneiderte Futtermittel für eine nachhaltige Ernährung
- **GlyChem:** Glykane und Koppelprodukte als biogene Wertstoffe
- **GreenToGreen:** kommunaler Grünschnitt als Basis für die grüne Chemie
- **SynBioTech:** synergistische Entwicklung biotechnologischer und chemischer Verfahren zur Förderung dezentraler Stoffströme
- **AbZuMeOH:** Nutzung von Abgas-CO₂ und grünem Wasserstoff zur Synthese von Methanol
- **CtC:** Zucker aus kohlenhydrathaltigen Abfallströmen als Rohstoffbasis für Glykole
- **AMP Food:** antimikrobielle Peptide aus Insekten als Lebens- und Futtermittelzutaten
- **BIOTESS:** biobasierte Phasenwechselmaterialien aus abfallwirtschaftlichen Prozessen



BioBall ist einer von vier vernetzten Innovationsräumen, mit denen das BMBF den Weg in die biobasierte Zukunft fördert. biooekonomie-metropolregion.de



Geballte Biotechkompetenz

Am Innovationsraum BioBall ist einer der größten Förderer der deutschen Bioökonomie beteiligt: Die DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie untersucht die Forschungs- und Industrielandschaft in der Metropolregion. Als Fachgesellschaft stärkt sie generell den technisch-wissenschaftlichen Austausch, wobei die Bioökonomie einen Themenschwerpunkt bildet. Ein besonderes Highlight ist die von der DECHEMA Ausstellungs-GmbH organisierte ACHEMA in Frankfurt am Main, die weltweit als Leitmesse für die Prozessindustrie gilt. dechema.de

Technologieland Hessen: Partner der biobasierten Wirtschaft

Informieren, beraten, vernetzen: Das Technologieland Hessen unterstützt Unternehmen dabei, zukunftsweisende Innovationen zu entwickeln. Wir entfalten wirtschaftliche Potenziale, machen technologische Spitzenleistungen sichtbar und profilieren damit Hessen als Technologie- und Innovationsstandort. Umgesetzt wird das Technologieland Hessen von der Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums.

Unsere Angebote umfassen:

- Vernetzung von Akteurinnen und Akteuren, Kooperationsvermittlung
- Fach- und Informationsveranstaltungen
- Themenspezifische Publikationen
- Newsletter und Magazin „Technologieland Hessen“
- Beratung und Förderung
- Messebeteiligungen und Außenwirtschaftsförderung

Um mit den aktuellen technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen Schritt zu halten, ist es wichtig, sowohl einzelne Technologien im Auge zu behalten als auch Synergien zu erkennen. In fachspezifischen Innovationsfeldern bildet das Technologieland Hessen deshalb unterschiedliche Schwerpunkte ab.

Life Sciences & Bioökonomie

Im Innovationsfeld Life Sciences & Bioökonomie unterstützen wir zum Beispiel Unternehmen aus den Bereichen Biotechnologie, Medizintechnik und chemische Industrie und bieten Informationen zu aktuellen Themen an. Ob Produkte aus biobasierten Rohstoffen, neue biotechnologische Verfahren oder Geschäftsmodelle für geschlossene Stoffkreisläufe - alle sind wichtige Wettbewerbsfaktoren, bei denen es gilt, das bestehende Innovationspotenzial in Hessen auszuschöpfen.

Im jungen und äußerst dynamischen Umfeld der Bioökonomie bieten wir Orientierung. Nutzen Sie die Angebote vom Technologieland Hessen und bringen Sie sich mit Ihren Ideen ein.

Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen!



Ihre Ansprechpersonen



Dr. Janin Sameith

Projektleiterin Life Sciences & Bioökonomie
+49 611 95017-8262
janin.sameith@htai.de



Dr. Hendrik Pollmann

Projektmanager
+49 611 95017-8610
hendrik.pollmann@htai.de



Dr. Stefaniya Gencheva

Projektmanagerin
+49 611 95017-8262
stefaniya.gencheva@htai.de

Hessen Trade & Invest GmbH
Konradinerallee 9
65189 Wiesbaden
htai.de
technologieland-hessen.de



Impressum

Auftraggeber

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
Kaiser-Friedrich-Ring 75, 65185 Wiesbaden
wirtschaft.hessen.de

Herausgeberin

Hessen Trade & Invest GmbH
Technologieland Hessen
Konradinerallee 9, 65189 Wiesbaden
Telefon: +49 611 95017-85
E-Mail: info@htai.de
info@technologieland-hessen.de
htai.de
technologieland-hessen.de

Redaktion

Dr. Hendrik Pollmann, Hessen Trade & Invest GmbH
Dr. Stefaniya Gencheva, Hessen Trade & Invest GmbH
Jens Krüger, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Design & Realisierung

SCRIPT Corporate+Public Communication GmbH
script-com.de

Texte

SCRIPT Corporate+Public Communication GmbH
script-com.de

Druck

Druckerei Lokay e. K.
lokay.de

Auflage: 500



Redaktionsschluss: 30. Juni 2022
Erstveröffentlichung: 15. August 2022

Quellen

Für die inhaltliche Ausarbeitung der Seiten 4 bis 9 wurden folgende Quellen verwendet:

- [1] Bundesministerium für Bildung und Forschung und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg., 2020): Nationale Bioökonomiestrategie – Langfassung
- [2] Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): <https://www.horizont-europa.de>, aufgerufen am 30.06.2022
- [3] Deutscher Bundestag (Hrsg., 2022): Wissenschaftliche Dienste. Aktueller Begriff. Die EU-Taxonomie nachhaltiger Aktivitäten
- [4] Hessisches Wirtschaftsministerium (Hrsg., 2016): Bioökonomie in Hessen – Positionen. Nachhaltiges Wirtschaften mit wissenschaftlicher Bioökonomie
- [5] Hessisches Wirtschaftsministerium und Hessen Trade & Invest GmbH (Hrsg., 2016): Wirtschaftliche Bedeutung der wissenschaftlichen Bioökonomie in Hessen

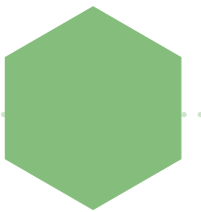
Die vollständigen Quellennachweise zu den einzelnen Statistiken und Infografiken im Abc sind nachfolgend in der Reihenfolge ihres Erscheinens aufgeführt:

- S. 17:** Hessisches Wirtschaftsministerium und Hessen Trade & Invest GmbH (Hrsg., 2016): Wirtschaftliche Bedeutung der wissenschaftlichen Bioökonomie in Hessen;
- S. 19:** Umweltbundesamt (2022): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klimaenergie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgasemissionen/die-treibhausgase>, aufgerufen am 30.06.2022;
- S. 23:** Heinrich-Böll-Stiftung (2021): Der Fleischatlas 2021;
- S. 27:** Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg., 2021): Charta für Holz 2.0 (bei Wertschöpfung leicht gekürzt);
- S. 31:** Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit und Bundesverband Deutsche Startups (Hrsg., 2021): Green Startup Monitor 2021;
- S. 43:** NABU (2022): <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/papier/30377.html>, aufgerufen am 30.06.2022;
- S. 45:** Hessen Trade & Invest GmbH (2022): eigene Recherchen;
- S. 47:** BMEL (2021): <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/biooekonomie-nachwachsende-rohstoffe/bioenergie-nutzen-bedeutung.html>, aufgerufen am 30.06.2022;
- S. 49:** Technische Universität München, Darstellung frei nach Höglmeier et al. (2015);
- S. 55:** Umweltbundesamt (2022): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/verpackungen>, aufgerufen am 30.06.2022;
- S. 57:** Cradle to Cradle NGO (2022): <https://c2c.ngo/umgestalten>, auf-

gerufen am 30.06.2022; **S. 59:** BioBall (2022): https://biooekonomie-metropolregion.de/bioball/de/about_de/innovationspace_de.html, aufgerufen am 30.06.2022

Bildnachweise

- S. 1, 2, 10, 12:** sinhyu – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 14:** metamorworks – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 16:** bogdandimages – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 18:** vladimir-caribb – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 26:** karepa – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 28:** pascale – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 38:** m.lexandrovna – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 46:** Stephan Leyk – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 54:** miket – stock.adobe.com; **S. 1, 2, 10, 58:** adimas – stock.adobe.com; **S. 2, 4:** mast3r – stock.adobe.com; **S. 2-9:** lessnik – stock.adobe.com; **S. 2-9:** eyewave – stock.adobe.com; **S. 2-9:** Stockgiu – stock.adobe.com; **S. 2-9:** blinkblink – stock.adobe.com; **S. 2-9:** Julien Eichinger – stock.adobe.com; **S. 3:** Oliver Rütter/HMWEVW; **S. 7, 59:** topvectors – stock.adobe.com; **S. 10, 20:** Design Cells – stock.adobe.com; **S. 10, 22:** gkrphoto – stock.adobe.com; **S. 10, 24:** Alex – stock.adobe.com; **S. 10, 30:** artrachen – stock.adobe.com; **S. 10, 32:** Lea – stock.adobe.com; **S. 10, 34:** Alexander Raths – stock.adobe.com; **S. 10, 36:** sosiukin – stock.adobe.com; **S. 10, 40:** MP – stock.adobe.com; **S. 10, 42:** sorrapongs – stock.adobe.com; **S. 10, 48:** Kalyakan – stock.adobe.com; **S. 10, 50:** sirirak – stock.adobe.com; **S. 10, 52:** Kletr – stock.adobe.com; **S. 10, 56:** malp – stock.adobe.com; **S. 13:** Algoliner GmbH Co. KG; **S. 13:** Hessen schafft Wissen – Steffen Böttcher; **S. 17:** Andreas Reeg Photography, Danico; **S. 17:** VCI/Thomas Koculak; **S. 19:** Herr Loeffler – stock.adobe.com; **S. 21:** BRAIN Biotech; **S. 23:** VAN HEES; **S. 23:** Horst Goebel; **S. 23:** anaumenko – stock.adobe.com; **S. 25:** Biowert Industrie; **S. 25:** Nentwig Fotografie; **S. 27:** Lekkerwerken/Arne Landwehr; **S. 27:** Andreas Vilcinkas; **S. 27:** mirkimedia – stock.adobe.com; **S. 29:** tarapatta – stock.adobe.com; **S. 29:** Svitlana – stock.adobe.com; **S. 33:** BIOVOX; **S. 33:** koziol; **S. 35:** Formo Bio; **S. 35:** Thomas Bless; **S. 35:** Sascha Mannel; **S. 37:** Sanofi; **S. 37:** Katrin Binner / TU Darmstadt; **S. 37:** IDD 2022; **S. 39:** Green Elephant Biotech; **S. 39:** Sascha Mannel; **S. 41:** Henrik Isenberg; **S. 41:** Dirk Holtmann; **S. 41:** MPI für terrestrische Mikrobiologie/Chris Kenner; **S. 41:** Benedikt Westermann; **S. 43:** Oskar Gerspach; **S. 45:** Hessen Agentur – Jan Michael Hosan; **S. 47:** Viessmann; **S. 47:** Jean Corell; **S. 51:** Popova Olga – stock.adobe.com; **S. 51:** Revoltech | Jan Scholzel; **S. 53:** CO2BioClean GmbH; **S. 53:** Infraser Höchst; **S. 55:** Foto Studio Schad, Wetzlar; **S. 57:** NOWASTE; **S. 59:** Alex – stock.adobe.com; **S. 59:** Gstudio – stock.adobe.com; **S. 59:** Tasha Vector – stock.adobe.com



Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessen Trade & Invest GmbH herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfenden während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlkampfveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl die Druckschrift den Adressaten zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Die Herausgeberin übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung der Herausgeberin übereinstimmen.

