



Transfer in der Bioökonomie

Wie biobasierte Innovationen
in die Anwendung kommen



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Vorwort

Deutschland verstärkt seine Anstrengungen, um mit Forschung und Technologie die Wettbewerbsfähigkeit, Wertschöpfung und Souveränität des Landes zu steigern. Entscheidend dafür ist, dass Forschungsergebnisse zügig in marktfähige Anwendungen überführt werden, Unternehmen in neue Ideen investieren und dass Politik, Wissenschaft und Wirtschaft eng zusammenarbeiten. So entstehen neue Wertschöpfungsketten, zukunftsfähige Arbeitsplätze und zugleich wächst die Widerstandsfähigkeit unserer Gesellschaft.

Die Bundesregierung hat einen klaren Kurs eingeschlagen. Mit der Hightech Agenda Deutschland (HTAD) werden gezielt Schlüsseltechnologien gefördert, die die Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit von morgen bilden: von Künstlicher Intelligenz (KI) über klimaneutrale Energielösungen bis hin zur Biotechnologie. Sie eröffnen Zukunftsmärkte und stärken unsere technologische Souveränität in Zeiten globaler Unsicherheiten.

Die moderne, wissensbasierte Bioökonomie zeigt, wie sich dieser Anspruch konkret umsetzen lässt. Sie verbindet Hightech mit Nachhaltigkeit, nutzt und entwickelt biotechnologische Verfahren und wettbewerbsfähige, umweltfreundliche Produkte. Auf diese Weise leistet sie einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung, während sie zugleich neue wirtschaftliche Chancen eröffnet. Die Nationale Bioökonomiestrategie setzt hierfür den politischen Rahmen.

Das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) unterstützt die biobasierte

Wertschöpfung gezielt, etwa mit der Fördermaßnahme „KMU-innovativ: Bioökonomie“, bei der kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Mittelpunkt stehen. KMU tragen entscheidend dazu bei, dass Forschung in Wertschöpfung übersetzt und Innovation am Markt wirksam wird. Zugleich zeigen sie, dass Pioniergeist und Praxisnähe ein zentraler Motor für technologische Innovationen und gesellschaftliche Veränderungen sind.

Diese Broschüre veranschaulicht anhand ausgewählter Projektbeispiele, wie Transfer gelingen kann und wie gezielte Förderung sowie interdisziplinäre Kooperation zum Erfolg führen. Sie macht sichtbar, wie konkrete Unterstützungsangebote, unternehmerisches Engagement und wissenschaftliche Kompetenz gemeinsam zur Lösung drängender Zukunftsfragen beitragen. Dabei wird deutlich, dass die Bioökonomie kein fernes Zukunftsversprechen ist, sondern bereits heute zu Wertschöpfung und Wohlstand beiträgt.

Es gilt, diesen Wandel aktiv zu begleiten: technologieoffen, evidenzbasiert, mit Mut und Leidenschaft. So entsteht Schritt für Schritt ein innovationsorientiertes, nachhaltiges Wirtschaftssystem, das Deutschland langfristig stärkt und die internationale Wettbewerbsfähigkeit unseres Landes sichert.

Ihr Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Inhaltsverzeichnis

Bioökonomie umsetzen: Von der Forschung in die Anwendung	2
Innovationen aus Land- und Forstwirtschaft sowie Aquakultur	4
FishAI – Intelligente Lösungen für nachhaltige Fischzucht	6
HanAkku-M – Biobasierte Speichermaterialien aus Hanf	8
RNAferm – Kostengünstige und stabile RNA-basierte Biopestizide	10
Die Innovationsräume Bioökonomie: Impulse für den Transfer	12
Bioökonomie auf Marinen Standorten (BaMS)	14
Bioökonomie im Ballungsraum (BioBall)	15
NewFoodSystems	16
BIOTEXFUTURE	17
Innovation in der Industrie: Nachhaltige Chemie, Werkstoffe und Produktion	18
PtG-MEC – Biologische Energiespeicher für die Energiewende	20
Sens-o-Spheres – Ortsungebundene Aufnahme von Prozessmesssignalen in neuartigen Bioreaktoren	22
ROBIKU – Von Agrarresten zu innovativen Materiallösungen	24
FUMBIO – Biotechnologische CO ₂ -Verwertung in der Fumarat-Wertschöpfungskette	26
Ressourcenschonende Produkte für den Alltag: Biobasierte Lebensmittel und Konsumgüter	28
WETEXsea – Texturierte Proteinprodukte als Alternative zu Fisch	30
ZUKUNFT – Zellträger für kultiviertes Fleisch	32
Bowl2Bowl – Kreislauffähige Mehrwegschalen für eine nachhaltige Take-away-Kultur	34
Ausblick: Transfer gestalten – Bioökonomie weiterdenken	36
Impressum	37



Bioökonomie umsetzen: Von der Forschung in die Anwendung

Die Bioökonomie bietet wegweisende Ansätze, um Wirtschaftswachstum, Klima- und Umweltschutz in Einklang zu bringen. Bioökonomische Produkte und Verfahren zeigen, wie Innovationen aus der Forschung in die Praxis gelangen und dort neue Lösungen ermöglichen.

Unternehmen stehen heute vor der Herausforderung, sich in einem intensiven globalen Technologiewettbewerb zu behaupten. Sie müssen Produktionsprozesse effizienter gestalten, Ressourcen schonen und zugleich Technologien entwickeln, die den Übergang zur Klimaneutralität unterstützen. Die Bioökonomie eröffnet hierfür vielfältige Handlungsoptionen, aber um diese Wege zu beschreiten, braucht es den starken Schulterschluss von Wirtschaft und Wissenschaft.

Nachhaltigkeit und wirtschaftliche Chancen durch Innovation

Die Bioökonomie erhöht die wirtschaftliche Resilienz, indem sie neue Wertschöpfungspfade erschließt und Unternehmen den Zugang zu wachsenden Zukunftsmärkten erleichtert. Biobasierte Materialien, biotechnologische Verfahren und zirkuläre Prozesse bieten Alternativen zu fossilen Rohstoffen und

mindern globale Abhängigkeiten. Für Unternehmen ergeben sich daraus strategische Vorteile, die von geringeren Produktionsrisiken bis hin zu technologiegetriebenen Wettbewerbsvorsprüngen reichen.

Um diese Entwicklungen weiter voranzubringen, setzt die Bundesregierung mit der Hightech Agenda Deutschland (2025) gezielte Impulse und etabliert beispielsweise durch Public-Private-Partnerships ein Umfeld, in dem wissenschaftliche Erkenntnisse schneller in marktfähige Anwendungen übergehen und die technologische Souveränität Deutschlands bei zentralen Schlüsseltechnologien wie der Biotechnologie gestärkt wird. Besonders sichtbar wird das Potenzial der Bioökonomie in der Land- und Forstwirtschaft einschließlich Aquakultur (s. Seite 4), in der Industrie mit ressourcenschonenden biotechnologischen Verfahren (s. Seite 18) sowie in nachhaltigen Alltagsprodukten, die neue Markt- und Konsumstrukturen prägen (s. Seite 28).

Erfolgreicher Transfer: KMU im Fokus

Unternehmen sind für einen effizienten Forschungstransfer von großer Bedeutung. Die industrielle Forschung und Entwicklung (FuE) ist hierfür ein wesentlicher Treiber: Im Jahr 2023 wurden in Deutschland rund 130 Mrd. Euro für FuE aufgewendet, mit steigender Tendenz. Etwa 70% der gesamten FuE-Ausgaben entfielen auf Unternehmen.

Besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) prägen in vielen Wertschöpfungsbereichen der Bioökonomie die Innovationsdynamik. Sie tragen maßgeblich dazu bei, neue Technologien in die Anwendung zu bringen, und geben entscheidende Impulse für die Weiterentwicklung biobasierter Technologien. Unter ihnen finden sich einige sogenannte "Hidden Champions" – mittelständische

Weltmarkt- oder Technologieführer, die in ihren Nischenmärkten besonders erfolgreich sind. Aber auch darüber hinaus zeichnen sich viele KMU durch hohe Innovationskraft aus, die die Wettbewerbsfähigkeit und Vielfalt der deutschen Bioökonomie entscheidend stärkt. Diese Innovations- und Wertschöpfungspotenziale gilt es besonders in den Blick zu nehmen. Mit Programmen wie „KMU-innovativ: Bioökonomie“ und dem Ideenwettbewerb „Neue Produkte für die Bioökonomie“ unterstützt das BMFTR gezielt KMU und Start-ups, indem es den Zugang zu Forschungspartnern und den damit verbundenen Kompetenzen in Forschung und Entwicklung erleichtert sowie die Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft vorantreibt. Die folgenden Praxisbeispiele zeigen, wie Unternehmen dabei erfolgreich mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten.



Innovationen aus Land- und Forstwirtschaft sowie Aquakultur

Land- und Forstwirtschaft sowie Aquakultur spielen als Biomasselieferanten eine Schlüsselrolle in der Bioökonomie. Durch innovative Forschung und den Einsatz moderner Technologien entstehen ressourcenschonende Produkte und Prozesse, die dazu beitragen, die Belastungen für Klima und Umwelt zu mindern. Gleichzeitig gewinnen neue Anbaumethoden zunehmend an Bedeutung ebenso wie die Züchtung von Nutzpflanzen mit verbesserten Eigenschaften. Diese Entwicklungen stärken die Bioökonomie und eröffnen neue Perspektiven für eine resiliente Zukunft.

Land- und Forstwirtschaft

Im Jahr 2024 bewirtschafteten in Deutschland rund 255.000 landwirtschaftliche Betriebe etwa die Hälfte der Landesfläche, boten rund 876.000 Menschen Arbeit und erzielten einen Produktionswert von rund 75 Mrd. Euro (Statistisches Bundesamt, Landwirtschaftliche Gesamtrechnung 2024 / Agrarstrukturhebung 2023). Die Branche prägt die Wertschöpfung im ländlichen Raum: Nach dem Zweiten Weltkrieg ernährte ein Landwirt zehn Menschen, heute sind es 147. Mit neuesten Forschungsansätzen und Technologien wird diese Entwicklung stetig vorangetrieben.

Viele Landwirte produzieren nicht nur biobasierte Rohstoffe wie Raps, Mais, Gülle oder Stroh, sondern bewirtschaften auch Waldflächen – rund die Hälfte besitzt eigene Wälder. Sauerstoffproduzierende Wälder stellen mit ihrem Holzbestand eine vielseitige Ressource bereit, die als Bau- und Werkstoff für Papier, Pappe oder Bioenergie nutzbar ist. Darüber hinaus sind sie essenziell für die CO₂-Speicherung, die Wasserfiltration und die Artenvielfalt.

Angesichts schrumpfender Ackerflächen in Teilen der Welt wird eine effiziente Landwirtschaft immer wichtiger. Um dem Klimawandel und der steigenden Nahrungsmittelknappheit zu begegnen, wird intensiv an der Entwicklung ertragreicher und resistenter Sorten gearbeitet. Genomanalysen helfen dabei, wichtige Erbgutmerkmale zu identifizieren. In Kombination mit modernen biotechnologischen Verfahren können so zügig Pflanzen entwickelt werden, die widerstandsfähiger gegen Trockenheit, Nährstoffmangel, Schädlinge oder Salz sind.

Ergänzend existieren neue Ansätze, die auf ökologische Prinzipien setzen: Landwirte arbeiten in geschlossenen Kreisläufen, verzichten auf chemische Pflanzenschutzmittel und Mineraldünger, nutzen stattdessen organische Alternativen. Darüber hinaus verbessert der Anbau von Leguminosen wie Bohnen, Erbsen und Lupinen durch ihre Stickstoffbindung die Bodenfruchtbarkeit. Zudem bieten Biologika – also biologische Wirkstoffe wie Biopestizide oder Pflanzenstimulanzien – umweltschonende Alternativen, fördern Insektenschutz und Biodiversität und belasten Umwelt sowie Böden weniger.

Auch die Paludikultur spielt eine immer wichtigere Rolle. Der Anbau auf wiedervernässten Mooren erlaubt die Speicherung großer CO₂-Mengen und liefert wertvolle Rohstoffe für umweltschonende Produkte.

Schließlich ermöglicht in der „Landwirtschaft 4.0“ der Einsatz digitaler Technologien und automatisierter Systeme eine präzise, ressourcenschonende Bewirtschaftung von Ackerflächen sowie eine optimierte Tierhaltung.

Aquakultur und Fischerei

Aquakultur bezeichnet die kontrollierte Zucht aquatischer Organismen wie Fische, Muscheln und Algen. Sie zählt zu den schnell wachsenden Bereichen der globalen Lebensmittelproduktion. In Deutschland umfasst Aquakultur naturnahe Teichanlagen bis hin zu modernen Kreislaufsystemen. Laut dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) wurden 2023 rund 37.000 Tonnen Speisefisch produziert, davon etwa 45 Prozent in Aquakulturbetrieben. Weitere 18.400 Tonnen entfallen auf Muscheln, Krebstiere sowie Algen, die ebenfalls eine bedeutende Rolle spielen.

Algen finden vielseitige Anwendung – als Nahrungs- und Futtermittel, Bioenergiequelle sowie Rohstoff für Kosmetik und Pharma. Ihre Kultivierung ist besonders nachhaltig, da sie CO₂ binden, Wasser reinigen und oftmals ohne Dünger auskommen. Mehrere Forschungseinrichtungen arbeiten an ihrer wirtschaftlichen und ökologischen Optimierung. Innovative Ansätze wie die Integration von Kreislaufsystemen und die Kaskadennutzung von Ressourcen oder von Abwärme aus Biogasanlagen steigern die Nachhaltigkeit. Auch Aquaponik – die Kombination aus Aquakultur und Pflanzenanbau im weitgehend geschlossenen System – verwertet Nährstoffe, Stoffwechselprodukte und nutzt Wasser ressourcenschonend. Solche Systeme sind zunehmend Teil von Urban-Farming-Konzepten, die lokale Produktion und geschlossene Stoffkreisläufe in Städten fördern.



FishAI – Intelligente Lösungen für nachhaltige Fischzucht

Eine zukunftsfähige Aquakultur profitiert von intelligenten, ressourcenschonenden und datenbasierten Lösungen. Im Projekt FishAI wurde eine KI-gestützte Plattform zur Automatisierung geschlossener Kreislaufsysteme entwickelt. Sie erhöht sowohl Effizienz als auch Tierwohl.

Ziel und Weg

Rezirkulierende Aquakulturanlagen (RAS) gelten als vielversprechende Lösung für eine umweltschonende Fischproduktion. In der Praxis sind sie jedoch oft mit hohem Personal- und Energieaufwand verbunden. Insbesondere die Fütterung als zentraler Kosten- und Erfolgsfaktor erfolgt vielfach manuell oder nur teilautomatisiert.

Das Projekt **FishAI – Intelligentes, datenbasiertes Fütterungssystem für landbasierte Aquakulturanlagen auf Basis von KI-basierter Bilderkennung und dynamischen, multivariaten Wachstumsmodellen** setzte genau hier an: Es hatte die Entwicklung einer KI-gestützten Lösung zur automatisierten Fütterung und Wachstumsoptimierung in RAS zum Ziel. Basierend auf Echtzeitdaten aus Sensorik und Bildanalyse sollte ein lernfähiges System entstehen, das Fütterungsprozesse dynamisch anpasst, das

Fischwachstum überwacht und insgesamt zur Betriebsoptimierung beiträgt. Das Vorhaben sollte somit einen Beitrag zur Skalierbarkeit und Wirtschaftlichkeit umweltverträglicher Aquakulturtechnologien leisten.

Gefördert wurde das Projekt im Rahmen der BMFTR-Maßnahme „KMU-innovativ: Bioökonomie“ mit etwa 730.000 Euro. Zwei starke Partner, ansässig in Saarbrücken, bündelten dafür ihre Kompetenzen: Die SEAWATER Cubes GmbH brachte ihre langjährige Erfahrung im Aufbau modularer, landbasierter Fischzuchtanlagen ein, die eine nachhaltige Produktion unabhängig vom Standort ermöglichen. Ergänzt wurde dieses Know-how durch das August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH (AWSI), das mit seiner Expertise in Künstlicher Intelligenz und datengetriebener Prozessoptimierung die digitale Entwicklung von FishAI unterstützte.

Umsetzung

Die grundlegende Idee zum Projekt entstand an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (htw saar), wo in früheren Forschungsarbeiten erste Konzepte zur Digitalisierung von Aquakulturanlagen entwickelt wurden. Auf Basis dieser Erkenntnisse entstand der **SEAWATER Cube – eine kompakte, vollautomatisierte Fischzuchtanlage in modularer Bauweise**.

Inzwischen läuft diese in ersten Pilotbetrieben. In einem einzelnen Container mit rund 70.000 Litern Wasser können auch ohne spezielle Vorerfahrung rund 15.000 Fische in drei Altersgruppen gehalten werden. Das Wasser zirkuliert kontinuierlich und wird nahezu vollständig recycelt. Biologische Filtersysteme entfernen Ammonium effizient aus dem Wasserkreislauf, sodass lediglich rund ein Prozent des Wassers täglich ausgetauscht werden muss. Aufbauend auf diese Technik erfolgte die Weiterentwicklung der Software in Kooperation mit dem AWSI. Im Rahmen von FishAI entstand ein neues Verständnis für das Verhalten der Tiere. Das System kombinierte intelligente Sensorik mit akustischer und Bilderkennung, dynamischen Wachstumsmodellen und einem Dashboard für das Besatzmanagement. Kameras analysierten Fischdichte und -wachstum, sodass ohne händische Messungen gezielte Biomassen- und Größenbestimmungen möglich waren.

Die Daten flossen in ein lernfähiges KI-Modell ein, das Wachstumsprognosen verbessert und die Anlagensteuerung adaptiv übernimmt. So werden Futterrationen präziser dosiert, was das Wasser sauber halten, das Tierwohl verbessern und Verschwendung reduzieren soll. Gleichzeitig erfassen Prognosen Verkaufsmengen und -größen der Fische und unterstützen die wirtschaftliche Planung. Ziel war es, die Produktionsprozesse in Echtzeit zu überwachen, automatisch zu steuern und langfristig zu optimieren – für eine ökologisch verantwortungsvolle, wirtschaftlich tragfähige Aquakultur der nächsten Generation. Ein Fokus lag dabei auf der Übertragbarkeit auf unterschiedliche Anlagentypen und -größen.

Der Bau des ersten Prototyps sowie die Realisierung der eigenen Betriebssoftware wurden früh durch öffentliche Fördermittel unterstützt: Von 2017 bis 2020

erhielt das Team von SEAWATER Cubes eine EXIST-Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, mit der dieses Ressort forschungsbasierte Gründungsvorhaben begleitet. Damit schaffte man die Basis für die spätere Unternehmensgründung und technische Umsetzung. Bereits 2021 konnte SEAWATER Cubes mit einer erfolgreichen Serie-A-Finanzierungsrunde insgesamt 2,4 Mio. Euro einwerben. Die Mittel dienten der Weiterentwicklung der Technologie und dem Aufbau der Serienproduktion.

Das Start-up wurde mehrfach ausgezeichnet, zuletzt 2024 mit dem BlueInvest Award der Europäischen Kommission für Innovationen in der nachhaltigen Meereswirtschaft.

Ausblick

Trotz aller bisherigen Erfolge steht FishAI noch am Anfang seiner Entwicklung. Der Fokus liegt nun auf der Überführung in die Serienreife: Es soll eine skalierbare, marktfähige Technologie entstehen, die breit eingeführt werden kann. Parallel wird das KI-Modell weiter trainiert und um zusätzliche Datenquellen ergänzt, um noch gezielter auf Umgebungsbedingungen, Tierverhalten und Ressourcennutzung zu reagieren. Perspektivisch könnte das System auch in anderen Bereichen, wie beispielsweise der Schweinehaltung eingesetzt werden. Eine Fortführung ist bereits geplant: In dem vom BMFTR bis 2028 geförderten Projekt AkuMonit werden akustische Sensoren integriert, die Bewegungsmuster und Fressgeräusche erfassen.

SEAWATER Cubes plant langfristig den Aufbau eines dezentralen Netzwerks landbasierter Aquakulturanlagen in Deutschland und darüber hinaus. Mittelfristig sind über 100 Anlagen vorgesehen, um einen Teil des Bedarfs an Arten wie Wolfsbarsch und Dorade regional zu decken. Parallel dazu wird das Franchise-konzept ausgebaut. Damit soll es auch technisch weniger versierten Betreibern ermöglicht werden, eine eigene Fischzuchtanlage zu betreiben, unterstützt durch digitale Assistenzsysteme, Schulungsangebote und eine intuitive Bedienung der Nutzeroberfläche.



HanAkku-M – Biobasierte Speichermaterialien aus Hanf

Erneuerbare Rohstoffe bieten großes Potenzial für nachhaltige Technologien. Im Projekt HanAkku-M werden aus Hanfschäben – einem Nebenprodukt der Hanffasergewinnung – innovative, biologisch abbaubare Speichermaterialien für vielfältige ökologische und technische Anwendungen entwickelt.

Ziel und Weg

Innovative Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen gewinnen zunehmend an Bedeutung für eine nachhaltige Transformation der Wirtschaft. Dabei sind vor allem Produkte der Bioökonomie gefragt, die nicht nur funktional, sondern auch vollständig abbaubar und ressourcenschonend herstellbar sind. Das Projekt **HanAkku-M – Maßgeschneidertes hanfbasiertes reversibles Speichermaterial für die moderne Agrarwirtschaft** verfolgt einen neuartigen Ansatz: Hanfschäben, ein Nebenprodukt der Hanffasergewinnung, werden als biobasierte und biologisch abbaubare Speichermaterialien von Stoffen wie Wasser oder Nährlösungen aufbereitet.

Hanfschäben sind das holzartige Innere des Hanfstängels, das nach der Faserabtrennung in großen Mengen anfällt. Aufgrund ihrer hochporösen Struktur können sie ein Vielfaches ihres Eigengewichts an Wasser und

anderen Flüssigkeiten sowie darin gelösten Stoffen aufnehmen. Ziel des Projekts ist es, diese natürlichen Eigenschaften auszunutzen und die Hanfschäben mit chemischen Stoffen auszustatten. Die hierfür eingesetzten sogenannten tief eutektischen Flüssigmischungen – niedrigschmelzende Kombinationen aus zwei oder mehr Substanzen mit besonderen Lösungs- und Speicherfähigkeiten – können Nährstoffe und Spurenelemente aufnehmen und anschließend gezielt wieder freisetzen.

Das Projekt wird vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB – Institutsteil BioCat gemeinsam mit der Hanffaser Uckermark eG durchgeführt und von April 2023 bis März 2026 im Rahmen der Förderrichtlinie „Neue Produkte für die Bioökonomie“ vom BMFTR mit rund 515.000 Euro gefördert. Im Fokus steht die Entwicklung **vollständig biobasierter, biokompatibler und bioabbaubarer Funktionsmaterialien**, die synthetische, oft auf Poly-

meren basierende Produkte in der Landwirtschaft ersetzen können, beispielsweise als Ummantelung von Langzeitdünger oder Wirkstoffträger. Die Herstellung erfolgt ressourcenschonend, ohne energieintensive Verfahren oder problematische Chemikalien. So wird das nachhaltige Rohstoffpotenzial des Nutzhanfs innovativ für technische Anwendungen erschlossen.

Umsetzung

Das Projekt basiert auf der engen Zusammenarbeit zweier Partner mit sich ergänzender Expertise. Die Abteilung Bioinspirierte Chemie des Fraunhofer IGB in Straubing entwickelt neue Verfahren zur Nutzung biologischer Moleküle als Ausgangspunkt für nachhaltige chemische Synthesen. Ziel ist es, biobasierte Feinchemikalien, Polymere und Funktionsmaterialien herzustellen, die fossile Rohstoffe ersetzen können.

Die Hanffaser Uckermark eG aus Prenzlau hingegen nutzt ihre Erfahrung in der industriellen Hanfverarbeitung. Mit spezieller Infrastruktur bereitet sie die Schäben auf und sorgt für deren effiziente Einbindung in landwirtschaftliche Praxis und Logistik. Im Vorhaben wird ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt, der materialwissenschaftliche, chemische und agrarwirtschaftliche Perspektiven vereint. Ziel ist es, biobasierte Speichermaterialien zu schaffen, die technisch leistungsfähig, wirtschaftlich herstellbar und ökologisch nachhaltig sind. Die Herstellung der Materialien erfolgt unter Niedrigtemperaturbedingungen und ist leicht skalierbar. Die Verfahren orientieren sich an bestehenden landwirtschaftlichen Prozessen, was eine hohe Praxismähe und einfache Überführung in die Anwendung gewährleistet.

Die Funktionalität wird anhand verschiedener Anwendungsszenarien geprüft: als Düngerträger mit kontrollierter Nährstoffabgabe, als Träger pflanzenstärkender oder schädlingsabwehrender Wirkstoffe sowie zur Speicherung und gezielten Abgabe von Wasser, etwa zur Unterstützung von Pflanzen in Trockenperioden. Die Erprobung erfolgt unter einer realen Agrarumgebung und mit verschiedenen Kulturpflanzen, um Wirkung, Abbauverhalten, Wirkdauer und Ökobilanz zu evaluieren. Besonderes Augenmerk liegt auf modularen Systemen, die flexibel mit unterschiedlichen Wirkstoffen kombiniert werden können.

Ausblick

HanAkku-M adressiert zentrale Anforderungen einer nachhaltigen Bioökonomie: Ressourceneffizienz, Kreislaufwirtschaft, Umweltverträglichkeit und Skalierbarkeit. Durch die Verwendung eines bisher wenig genutzten Nebenprodukts aus der Hanferzeugung entsteht ein neuer Wertstoffstrom. Die entwickelten Biodepot-Materialien können synthetische Produkte mit umweltschädlichen Inhaltsstoffen ersetzen und so die Ökobilanz verbessern.

Bis zum Projektende 2026 ist geplant, die Materialien weiter zu optimieren, zusätzliche Anwendungen zu erforschen und industrielle Produktions- sowie Markteinführungsstrategien zu entwickeln.

Das Projekt verdeutlicht beispielhaft, wie erfolgreiche Transferprozesse im Sinne der Bioökonomie gelingen können. Die Forschung ist eng am praktischen Bedarf ausgerichtet und nutzt bewährte landwirtschaftliche Rohstoffe sowie etablierte Verarbeitungstechnologien. In der Kooperation zwischen einem renommierten Forschungsinstitut und einem spezialisierten Unternehmenspartnerpartner zeigt sich der Mehrwert interdisziplinärer Kooperationen. Unterstützt wird das Vorhaben durch ein gezielt zugeschnittenes Förderprogramm, das den Entwicklungspfad von der Idee zur Anwendung systematisch begleitet.



RNAferm – kostengünstige und stabile RNA-basierte Biopestizide

Das Projekt RNAferm setzt auf innovative biotechnologische Verfahren, um RNA-basierte Insektizide effizient zu produzieren. So soll eine kostengünstige, stabile und zielgerichtete Methode als umweltfreundliche Alternative zu chemischen Pestiziden etabliert werden.

Ziel und Weg

RNA-basierte Wirkstoffe bieten enorme Chancen – ob als Impfstoffe gegen Viren oder als präzise Biopestizide gegen Schadinsekten. Wegen ihrer Sequenzspezifität wirken RNA-Moleküle ausschließlich auf Zielorganismen, wie zum Beispiel den Kartoffelkäfer, und lassen andere Insekten wie Bienen oder Regenwürmer in der Regel unangetastet.

Bisher scheiterte der breite Einsatz an zwei entscheidenden Engpässen: der aufwendigen und teuren Produktion und der unzureichenden Stabilität der RNA. Das bis 2024 im Rahmen von „KMU innovativ: Bioökonomie“ mit etwa 1,35 Mio. Euro geförderte Projekt **RNAferm – Fermentative RNA-Produktion** hat sich zum Ziel gesetzt, genau diese Schwierigkeiten anzugehen.

Die zentrale Herausforderung besteht darin, RNA-Moleküle so herzustellen, dass sie einerseits in indus-

triellen Maßstäben kosteneffizient produziert und andererseits chemisch stabil und funktional zuverlässig sind. Konventionelle Verfahren basieren auf der In-vitro-Produktion mit Enzymen; diese Verfahren sind in der Regel nicht skalierbar und kostenintensiv. Zudem ist die so produzierte RNA ungeschützt und wird in der Umwelt schnell abgebaut.

RNAferm verfolgt einen neuartigen biotechnologischen Ansatz: RNA wird direkt von GRAS-Mikroorganismen (Generally Recognized As Safe) wie *Corynebacterium glutamicum* produziert – einem bewährten Bodenbakterium, das seit fast 70 Jahren in der Lebens- und Futtermittelproduktion sowie in der Industrie eingesetzt wird und 2025 zum „Mikroorganismus des Jahres“ gekürt wurde. Das Team vom Centrum für Biotechnologie (CeBiTec) der Universität Bielefeld und dem Unternehmen SenseUp aus Jülich entwickelt damit zellbasierte Produktionssysteme, in denen RNA effizient und stabil hergestellt wird.

Umsetzung

Im Projekt wurden technologische Hürden mit praxisnahen, innovativen Lösungen überwunden. Einen entscheidenden Fortschritt brachte die von SenseUp entwickelte Methode der biosensorbasierten natürlichen Evolution. Diese nutzt natürliche Mutationen und koppelt sie mit fluoreszenzbasierten Biosensoren, die anzeigen, welche Zellen besonders viel der gewünschten RNA produzieren. Durch millionenfache Selektion per Durchflussszytometrie entstehen so – ohne genetische Eingriffe – Zellstämme, die besonders effizient RNA synthetisieren und derzeit weltweit führend in ihrer Produktivität sind.

Bei der großskaligen Züchtung von Mikroorganismen kann es zu natürlichen Rekombinationen im Erbgut (DNA) kommen, einem Prozess, bei dem ähnliche DNA-Sequenzen neu kombiniert werden. Da die RNA auf Basis dieser DNA-Vorlage gebildet wird, können solche Veränderungen dazu führen, dass die RNA ihre gewünschte Struktur verliert und an Wirkung einbüßt.

Dieses Risiko ist bei der Massenproduktion von Milliarden Zellen besonders hoch. Das Projektteam entwickelte daher ein inzwischen patentiertes Verfahren, das gezielt die Rekombination relevanter Sequenzen unterbindet. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die RNA durchgehend in der benötigten Qualität produziert wird – ein entscheidender Faktor für Zuverlässigkeit und Marktreife.

Außerdem gelang es, die Produktionskosten von RNA um mehr als den Faktor 1.000 zu senken:

Statt 1.000 Euro kostet ein Gramm RNA nur noch 30 Cent. Zusätzlich wird die Stabilität durch die Hülle des verwendeten Bakteriums gewährleistet, die als natürliche Schutzkapsel für die RNA dient. Diese ist temperatur- und pH-stabil sowie unempfindlich gegenüber enzymatischem Abbau und damit ideal für den Feldeinsatz in der Landwirtschaft.

Die Kombination aus akademischer Forschung am CeBiTec und anwendungsnahe Entwicklung bei SenseUp ermöglichte eine schnelle Skalierung und frühe Marktorientierung. Als Spin-off aus dem Forschungszentrum Jülich bringt das Unternehmen nicht nur biotechnologisches Know-how, sondern auch

einen klaren Fokus auf industrielle Umsetzbarkeit mit. Aktuell führt SenseUp Gespräche mit Herstellern von Pflanzenschutzmitteln, erste Tests finden bereits in Gewächshäusern statt. Parallel laufen Zulassungs- und Sicherheitsprüfungen, um die regulatorische Freigabe für den Agrarmarkt zu erreichen.

Die Ausgründung der SenseUp GmbH aus dem Forschungszentrum Jülich wurde im Rahmen der Gründungsinitiative Biotechnologie „GoBio“ durch das BMFT mit 2,3 Mio. Euro gefördert. Zusätzlich ist SenseUp Teil des Innovationsclusters Bioökonomie-REVIEW und arbeitet dort in einem gleichnamigen Innovationslabor an der Skalierung seiner Produktionsplattform für biologische Wirkstoffe – unterstützt durch Mittel des Forschungsministeriums für den Strukturwandel im Rheinischen Revier. Im Mai 2025 schloss SenseUp eine Seed-Finanzierungsrunde in Höhe von 2,4 Mio. Euro ab, um die Entwicklung und Markteinführung seiner Biopestizide voranzutreiben. Zudem erhielt das Start-up für seine Technologie neben dem Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen (2016) auch den EARTO Innovation Award (2018) sowie den Tech Tour Bio-based Industries Award (2024).

Ausblick

Das Anwendungspotenzial des neuen Prozesses ist vielfältig: In der Landwirtschaft könnten RNA-basierte Biopestizide schon bald chemische Insektizide ersetzen und damit Umwelt, Böden und Biodiversität nachhaltig schützen.

Langfristig könnten sich daraus neue Klassen von Pflanzenschutzmitteln entwickeln: individualisierbar, rückstandsfrei und anpassbar. Auch in der Tiergesundheit oder im Umweltschutz eröffnen sich perspektivisch neue Anwendungsfelder. Die Verfahren bilden somit die Grundlage für eine vielseitige Plattformtechnologie, die weit über den Agrarbereich hinausreicht. So arbeitet SenseUp an RNA-basierten Additiven für Kosmetika, die schädliche Bestandteile des Hautmikrobioms selektiv bekämpfen sollen.



Die Innovationsräume Bioökonomie: Impulse für den Transfer

Von Meeresalgen bis Kunstrasen – die Innovationsräume Bioökonomie machen greifbar, wie aus wissenschaftlichen Erkenntnissen marktfähige und nachhaltige Lösungen entstehen. Ob neue Materialien, biobasierte Produktionsverfahren oder umweltfreundliche Alternativen zu fossilen Rohstoffen – in den Projekten wird an konkreten Anwendungen gearbeitet, die das Potenzial haben, ganze Branchen zu transformieren. Das Förderkonzept des BMFTR vernetzt Wissenschaft und Wirtschaft, fördert praxisnahe Projekte und treibt so die biobasierte Transformation aktiv voran.

Der Wandel zu einer nachhaltigen, biobasierten Wirtschaft ist mit vielen Chancen, Herausforderungen und auch Transformation verbunden. Es braucht mutige Ideen, interdisziplinäre Zusammenarbeit, vernetzte Wertschöpfungsketten und schnellen Forschungstransfer. Um Schnittstellen zwischen Forschung und Anwendung gezielt zu fördern, rief das BMFTR 2016 das Förderkonzept „Innovationsräume Bioökonomie“ ins Leben.

Sein Kurzportrait zeigt an dieser Stelle anschaulich, wie neuartige, ganzheitlich gedachte und vernetzte Förderformate innovative Produkte und Verfahren hervorbringen. Vier Innovationsräume setzten sich in einem mehrstufigen Verfahren durch und befinden sich seit 2019 in der Umsetzungsphase. Jeder Innovationsraum wird mit bis zu 20 Mio. Euro vom BMFTR gefördert, ergänzt durch weitere 10 Mio. Euro aus den kooperierenden Unternehmen.

Nachhaltige aquatische Kreislaufwirtschaft mit Ressourcen wie Fisch, Muscheln und Algen werden im Innovationsraum **Bioökonomie auf Marinen Standorten (BaMS)** erforscht. Intention ist unter anderem, Reststoffströme effizient zu verwerten und als Ressource zu nutzen, Ökosysteme zu entlasten und gleichzeitig neue Prozesse und Produkte zu entwickeln. Dabei reichen die Projekte von Algenkultivierung für Lebensmittel und Biokunststoffe bis zur Entwicklung integrierter Systeme, die Fischzucht, Mikroalgenproduktion und Nährstoffrückgewinnung verbinden.

„Im Innovationsraum BaMS bringen wir Forschung, Industrie und regionale Akteure frühzeitig zusammen. Transfer ist dabei integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses – nur so wird aus einem Meer aus Möglichkeiten wirtschaftliches Potenzial.“
(Julia Lange, BaMS-Koordinatorin)

Ziel des Innovationsraums **Bioökonomie im Ballungsraum (BioBall)** ist es, in der Metropolregion Frankfurt/Rhein/Main Technologien zur nachhaltigen Verwendung biogener Abfall- und Stoffströme zu entwickeln. So sollen Kreisläufe geschlossen und biobasierte Ressourcen für Ernährung, Chemie, Pharma und Energie nutzbar gemacht werden. Die Projekte fokussieren die Umwandlung biogener Abfälle und erneuerbarer Rohstoffe aus Land- und Abfallwirtschaft in Biopolymere und Chemikalien.

„Im Innovationsraum BioBall werden praxisnahe Forschungsprojekte für biobasierte Produkte und Verfahren umgesetzt. Durch die enge Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen, Unternehmen und öffentlichen Institutionen entstehen hier innovative Lösungen, die nicht nur im Labor funktionieren, sondern auch den Weg in die Praxis finden.“
(Dorit Lehr, Geschäftsstelle BioBall)

Im Innovationsraum **NewFoodSystems** werden neuartige Lebensmittel sowie deren Produktionsweisen oder Anbauverfahren erforscht und vorangetrieben, um zu einer nachhaltigeren Lebensmittelversorgung und Ernährung beizutragen. Die Bandbreite der Vorhaben erstreckt sich von der Kultivierung von Mikroalgen und Insekten über die Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe bis hin zur Entwicklung ressourcenschonender, kombinierter Produktionssysteme. Alle Projekte eint der Anspruch, neue Lösungen ganzheitlich zu bewerten.

„Innovationsräume wie NewFoodSystems schaffen Brücken zwischen Forschung und Anwendung, indem sie Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gezielt vernetzen und gemeinsame Lösungen für die Ernährungs- und Lebensmittelsysteme von morgen entwickeln. So wird aus kooperativer Forschung praxisrelevante Innovation.“
(Prof. Dr. Ute Weisz, Co-Koordinatorin NewFoodSystems)

Um die Neugestaltung der Textilindustrie geht es im Innovationsraum **BIOTEXFUTURE**. Der Fokus liegt auf biobasierten Materialien, umweltfreundlichen Verfahren und auf Kreislaufwirtschaft. Gemeinsam mit Forschung und Industrie entstehen Lösungen für eine fossilfreie, nachhaltige textile Wertschöpfung – von biobasierten Fasern bis zu innovativen Färb- und Recyclingtechnologien. Übergeordnete Vision ist eine vollständig kreislauffähige Textilproduktion und -verwertung.

„Der Innovationsraum BIOTEXFUTURE steht unter dem Motto „Create the Change“ und treibt den Wandel zu biobasierten Textil-Technologien voran. Die konsequente Einbindung von Wissenschaftskommunikation und Transferaktivitäten im Forschungsprogramm spiegelt die Wichtigkeit dieser Tätigkeiten wider und leistet einen grundlegenden Beitrag zu einem erfolgreichen Übergang von der Forschung zur Anwendung.“
(BIOTEXFUTURE Project Management Office)



Bioökonomie auf Marinen Standorten (BaMS)

Nachhaltige Nutzung aquatischer Ressourcen

Das Projekt **AlgaFit** reagiert mit seiner Forschung auf den steigenden Bedarf an ressourcenschonenden Nahrungsmittelalternativen. Die Partner INPUT GmbH, algatec GmbH, Hochschule Bremen und das Alfred-Wegener-Institut (AWI) etablieren eine nachhaltige aquatische Wertschöpfungskette mit den Mikroalgen *Spirulina* und *Nannochloropsis*. Mittels einer neuartigen, zweistufigen Kultivierung in strömungsoptimierten Bioreaktoren (algacontainer®) für *Spirulina* sowie turbulent geführten Folien-Photobioreaktoren (algabags®) für *Nannochloropsis* wird eine kostenoptimierte Produktion mit hohen Erträgen erreicht. Solche durch Photovoltaik unterstützten Photobioreaktoren mit LED-Beleuchtung senken Produktionskosten und schonen die Umwelt.

Ziel ist die Entwicklung hochwertiger Algenprodukte, wie zum Beispiel ein „Algenquetschie“ für die vegane Sporternährung mit essenziellen Aminosäuren, Vitamin B12 und Omega-3-Fettsäuren sowie Haustiernahrung mit hochwertigen Proteinen und Omega-3-Fettsäuren. Die simultane Kultivierung wird auf die optimalen Umweltbedingungen beider Algen abgestimmt, um eine effiziente Produktion „aus einer Hand“ zu gewährleisten.

Die algatec GmbH verantwortet die verfahrenstechnische Entwicklung, die INPUT GmbH setzt die Produktionslinie im Pilotmaßstab als Demonstrationsanlage um. Ein Qualitätssicherungskonzept und Vermarktungsstrategien sind ebenfalls

Teil des Projekts. Erste Langzeitmessungen bestätigen die Qualität der Algen.

Eine ähnliche Herangehensweise ist bei dem Projekt **KCVB** der one•five GmbH anzutreffen, bei dem ein biotechnologischer Prozess zur Produktion von Cyanophycin auf Basis eines optimierten Blaualgenstamms bis zum Demonstrationsmaßstab entwickelt wird. Cyanophycin ist ein Biopolymer, das von Bakterien und Blaualgen gebildet, bislang jedoch nicht wirtschaftlich genutzt wird. Aufgrund seiner Ähnlichkeit zu Polyacrylat, einem Kunststoff in Lacken und Klebstoffen, gilt es als nachhaltige Alternative. Zudem wird seine Eignung als antimikrobielles Additiv, Superabsorber, Nahrungsergänzungsmittel und Tierfutter untersucht.

Ausgehend von einem eigens gezüchteten Stamm folgt das Unternehmen einem bewährten Ansatz der Algenprozessentwicklung: Die Blaualge wird zunächst im Funktionsmuster- (10–12 l) und anschließend im Demonstrationsmaßstab (1.000 l) kultiviert. Ziel ist ein ertragreiches, kontaminationssicheres Verfahren zur Kultivierung des cyanophycinreichen Stamms. Parallel entsteht ein kostengünstiges, umweltfreundliches Verfahren zur Ernte und Extraktion des Polymers. Abschließend wird ein Prototyp hergestellt, mit dem Materialeigenschaften wie Wärmewiderstand und Zugfestigkeit untersucht sowie das Potenzial von Cyanophycin als Biomaterial für funktionelle Verpackungen bewertet werden.

Bioökonomie im Ballungsraum (BioBall)

Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen

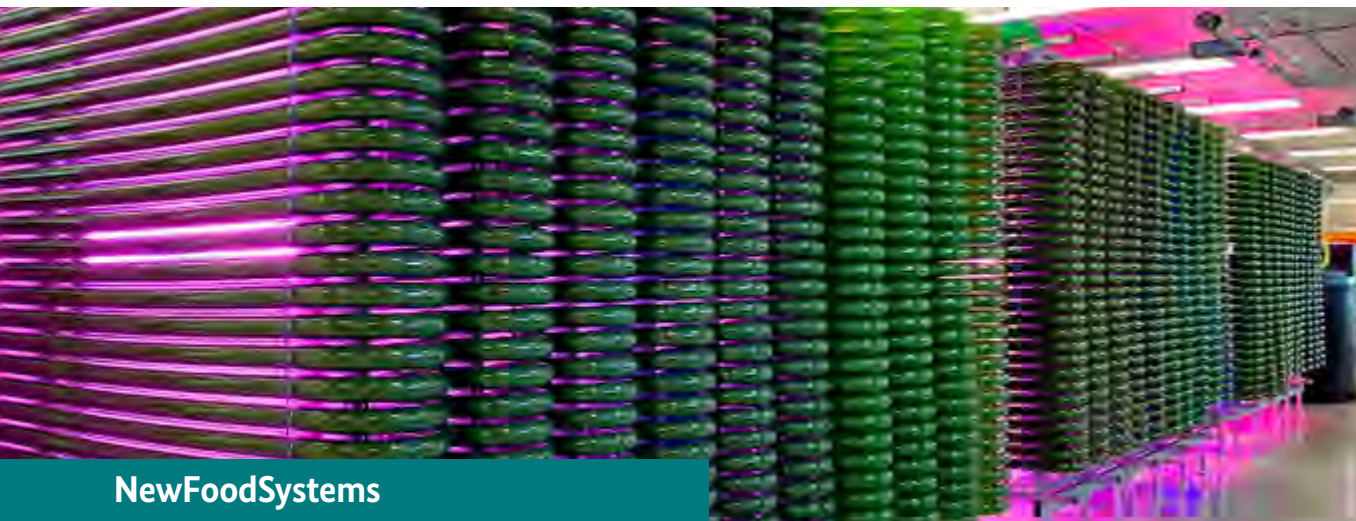
Pflanzliche Reststoffe aus der Landschaftspflege bieten großes Potenzial für nachhaltige, biotechnologische Wertschöpfung. Die Projekte **GreenToGreen** und **GreenProScale** nutzen leicht verholzten Grünschnitt aus kommunalen Bereichen zur umweltfreundlichen Verwertung. Der Grünschnitt wird zu Presssaft verarbeitet, der als Rohsubstrat für biotechnologische Prozesse dient. Ziel ist es, durch Kreislaufwirtschaft sowohl die Abfallmengen zu reduzieren als auch chemische Grundstoffe und Enzyme biotechnologisch herzustellen. An den Projekten sind die Rheinland-Pfälzische Technische Universität, das Karlsruher Institut für Technologie und die ifn Forschungs- und Technologiezentrum GmbH beteiligt.

Im Projekt GreenProScale werden Mikroorganismen genutzt, um aus Presssaft hochwertige Produkte wie Humulen, Butter- und Itaconsäure sowie verschiedene Enzyme für die Industrie zu erzeugen. Die im Vorgängerprojekt GreenToGreen entwickelten Verfahren werden dafür auf industriell relevante Maßstäbe skaliert. Wichtige Prozessparameter für Presssaftgewinnung und Mikrobekultivierung werden systematisch erforscht, optimiert und angepasst. Ergänzend entwickeln die Forschenden analytische Methoden zur Qualitätskontrolle, um die Robustheit und Wirtschaftlichkeit der Prozesse zu sichern und eine breite industrielle Anwendung zu ermöglichen.

Auch Materialien für Verpackungen lassen sich aus Reststoffen gewinnen. Die Projekte **GlyChem** und **GlyPac** nutzen dafür Nebenprodukte der Lebensmittelindustrie wie Apfeltrester. Unter der Leitung der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS arbeiten mehrere Hochschulen und Firmen zusammen.

In GlyChem werden katalytische Verfahren kombiniert, um aus den pflanzlichen Abfällen Glykan-Verbindungen zu extrahieren und zu modifizieren. Diese Glykan-basierten Polymere können in industriellen Lacken, Farben und Additiven zum Einsatz kommen. Neben den Hauptprodukten entstehen wertvolle Nebenprodukte wie sekundäre Pflanzenstoffe (Polyphenole) und Carbonsäuren mit antimikrobiellen oder antioxidativen Eigenschaften, die ebenfalls wirtschaftlich nutzbar sind. Das Verfahren soll kostengünstiger und umweltschonender sein als bestehende Extraktionsmethoden. Das Folgeprojekt GlyPac baut darauf auf. Es konzentriert sich auf die Entwicklung Glykan-basierter Bindemittel für Verpackungsanwendungen. Die Herstellungsverfahren werden systematisch optimiert, um diese nachhaltigen Bindemittel in bewährte Produktformulierungen von Barrierelacken und Druckfarben zu integrieren und so den Einsatz fossiler Rohstoffe deutlich zu reduzieren.





NewFoodSystems

Neue Wege in der Lebensmittelproduktion

Der Einsatz algenbasierter Produkte wird durch die begrenzte Verfügbarkeit dieser hochwertigen Biomasse eingeschränkt. Die Projekte **ALGAE-MODULE 4.0** und **ENABLE** verfolgen das Ziel, die Algenproduktion zu verbessern und als nachhaltige Ressource in der Lebensmittelproduktion zu etablieren. Unter der Koordination der TU Chemnitz arbeiten Partner aus Forschung und Wirtschaft gemeinsam an der Umsetzung.

Beim Vorhaben ALGAE-MODULE 4.0 wurden modulare Produktionsanlagen entwickelt, die es ermöglichen, frische Algenbiomasse mit gleichbleibender Qualität direkt am Einsatzort zu erzeugen. Kern des Konzepts ist der Übergang vom Batchbetrieb zur kontinuierlichen Produktion – basierend auf einem patentierten Verfahren. Im Fokus stehen die Mikroalgen *Limnospira maxima* (Spirulina) und *Chlorella zofingiensis*. Mithilfe innovativer Technologien wie LED-Beleuchtung, Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR) und Pulsed Electric Fields (PEF) lassen sich in der Algenbiomasse hochwertige Proteine sowie Extrakte wie Phycocyanin und Carotinoide nachweisen, die als Inhaltsstoffe für pflanzliche Fleischalternativen und weitere funktionelle Lebensmittelzutaten dienen können.

Das Nachfolgeprojekt ENABLE knüpft direkt an diese Entwicklungen an und rückt die besonders nährstoffreiche *Chlorella zofingiensis* in den Mittelpunkt. Diese Mikroalge ist reich an Carotinoiden und ungesättigten Fettsäuren und damit prädestiniert für potenziell gesundheitsfördernde Anwendungen. Im

Fokus steht die Entwicklung ressourcenschonender Produktions- und Extraktionsverfahren, insbesondere unter Nutzung gepulster elektrischer Felder. Darüber hinaus werden Demonstrationsprodukte auf Basis der Algenextrakte entwickelt und in sensorischen Tests auf ihre Marktakzeptanz geprüft.

Weltweit steigt die Notwendigkeit, tierische Eiweiße zu ersetzen. Im Projekt **Nachhaltige Proteinzutaten** werden verschiedene Quellen – darunter pflanzliche Proteine, Insektenproteine und Mikroalgen – erforscht und deren Einsatz in der Lebens- und Futtermittelindustrie optimiert. Koordiniert von der Universität Bonn, arbeiteten das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) sowie elf Unternehmen aus der Lebensmittelindustrie zusammen. Zentrales Ergebnis ist eine Datenbank, die Proteinpräparate anhand chemischer, physikalischer, ernährungsphysiologischer, sensorischer sowie ökologischer Kriterien analysiert. Untersucht wurden 91 pflanzliche Proteine in über 16.000 Einzelmessungen. Das Projekt hat gezeigt, dass Löslichkeit, Benetzbarkeit, Farbe und Partikelgröße eine gezielte Differenzierung zwischen Soja-, Erbsen- und Ackerbohnenproteinen zulassen. Zudem wirkten sich Kombinationen verschiedener Proteine auf Schaum- und Gelbildung aus. Algorithmen liefern Empfehlungen für geeignete Proteinpräparate und -mischungen, die bereits in die Herstellung proteinbasierter Lebens- und Futtermittel einfließen.

BIOTEXFUTURE

Innovationen für eine nachhaltige Textilindustrie

Innovative Materiallösungen und Fertigungstechnologien eröffnen neue Wege, um Kunstrasensysteme nachhaltiger und kreislauffähiger zu gestalten. Im Projekt **BioTurf** entwickelten die Institute für Boden- und Raumsysteme (TFI) und für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen einen vollständig recyclefähigen Kunstrasen aus biobasiertem Polyethylen (PE), das aus nachhaltigen Quellen wie Rapsöl und landwirtschaftlichen Abfällen produziert wurde. Ziel war ein kreislauffähiges Monomaterialsystem. Eine besondere Herausforderung stellte die latexfreie Fixierung der Rasenhalme dar, da Latex die Recyclingfähigkeit stark einschränkt. Stattdessen kam ein neu entwickeltes Thermobonding-Verfahren zum Einsatz, das alle Schichten des Kunstrasens kontrolliert miteinander verschmilzt, ohne das Trägermaterial, das aus demselben Polymer besteht, zu beschädigen. Zudem wird auf das bislang übliche Einfüllgranulat verzichtet, das wegen seines Mikroplastikgehalts zunehmend in der Kritik steht.

Für die nötige Dichte und sportgerechte Elastizität sorgt stattdessen ein zweites texturiertes Garn. Auch der CO₂-Fußabdruck konnte deutlich reduziert werden. Der sogenannte BioTurf-Rasen wird bereits auf einem Demonstrationsplatz in Aachen im regulären Spielbetrieb getestet.

Im Mittelpunkt der Projekte **GOLD** und **GXY** stand die Produktion biologisch abbaubarer Materialien. Bei

GOLD konzentrierte man sich auf die sogenannte Goldschlägerhaut, ein elastisches und zugleich reißfestes Gewebe aus Kuhblinddarm, das früher in der Goldverarbeitung als Trennschicht diente. Ihre mechanischen und strukturellen Eigenschaften wurden bis auf die molekulare Ebene analysiert, um die besonderen Merkmale wie Elastizität und Festigkeit wissenschaftlich zu verstehen. Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage für die biotechnologische Herstellung kollagenbasierter Proteine, die gezielt so aufbereitet werden konnten, dass sie die Funktion von synthetischen Hochleistungstextilien wie Spandex übernehmen. Auf dieser Basis entstand die Vision eines nachhaltigen, biobasierten Elastikmaterials, die exemplarisch mit einer Regenjacke als tragbarem Prototyp umgesetzt wurde.

Das Nachfolgeprojekt **GXY** baut auf diesen Erkenntnissen auf und entwickelt biotechnologisch designte Kollagenvarianten mit gezielt einstellbaren Eigenschaften für biologisch abbaubare Hochleistungsfasern. Diese elastischen, biokompatiblen und abbaubaren Eiweiße werden in Bioreaktoren hergestellt und zu funktionalen Fasern versponnen – als zukunftsfähige Alternative zu petrochemischen Filamenten. Ziel ist eine schnelle, kollaborative und kosteneffiziente Entwicklung umweltfreundlicher Textilmaterialien für vielfältige Anwendungen.





Innovation in der Industrie: Nachhaltige Chemie, Werkstoffe und Produktion

Neue Materialien aus nachwachsenden oder Reststoffen sind oft umweltfreundlicher und gesundheitlich unbedenklicher. In der „grünen Chemie“ werden biobasierte Ansätze häufig genutzt, um Kosten zu senken und Produkteigenschaften zu verbessern. Aus Biomasse lassen sich zudem Chemikalien und Energieträger gewinnen, die Erdöl schon heute ersetzen können.

Produktionstechnik

Der Maschinen- und Anlagenbau ist eine Schlüsselbranche in Deutschland und spielt auch für die Bioökonomie eine zentrale Rolle. Laut Angaben des Verbands VDMA e.V. erwirtschafteten 2023 rund 6.800 Unternehmen mit über einer Million Beschäftigten 263 Mrd. Euro. Mit seinen Technologien schafft der Sektor die Grundlage für ressourcenschonende Prozesse in Landwirtschaft, Biotechnologie, Chemie und Energieerzeugung, etwa durch moderne Bioreaktoren, Fermenter, Bioraffinerien und Biogasanlagen. Entscheidend dafür sind technologische Innovationen, neue Werkstoffe und qualifizierte Fachkräfte. Beispiele reichen von Präzisionslandwirtschaft, in der intelligente Maschinen den Ressourceneinsatz reduzieren, bis hin zu optimierten Elektrolyseverfahren, die bei Einsatz erneuerbarer Energien grünen Wasserstoff für nachhaltige Chemieprozesse bereitstellen.

Baumaterialien

Im Bauwesen gewinnen nachwachsende Rohstoffe zunehmend an Bedeutung. Laut Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) umfasst die Branche rund 220.000 Unternehmen mit knapp 2 Millionen Beschäftigten und erzielte 2023 einen Umsatz von 187 Mrd. Euro. Regenerative Ressourcen wie Holz, Stroh oder Hanf bieten vielseitige Einsatzmöglichkeiten und leisten einen Beitrag zur Reduktion des Rohstoffverbrauchs. Besonders Holz wird wegen seiner Flexibilität, Tragfähigkeit und Fähigkeit zur CO₂-Speicherung verstärkt eingesetzt.

Innovative Werkstoffe aus Holz ersetzen zunehmend konventionelle Materialien wie Stahl oder Aluminium. Neue Systeme, etwa Holz-Anhydrit-Verbundelemente, sorgen für hohe Stabilität und ein gesundes Raumklima. Naturdämmstoffe auf Basis von Holzfasern, Hanf, Zellulose oder Kork regulieren die Feuchtigkeit und steigern die Energieeffizienz von Gebäuden. Auch emissionsintensive Materialien wie Beton und Asphalt können durch den Einsatz von Lignin oder Pflanzenölen umweltfreundlicher hergestellt werden.

Chemikalien

Die Chemie- und Pharmaindustrie in Deutschland beschäftigt laut dem Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) rund 477.000 Menschen in etwa 2.300 Unternehmen und erwirtschaftete 2023 rund 230 Mrd. Euro. Obwohl fossile Rohstoffe weiterhin dominieren, rücken Nachhaltigkeitsaspekte immer stärker in den Fokus. Dabei etablieren sich zunehmend auch bio-basierte Prozesse, bei denen Mikroorganismen oder Biokatalysatoren zum Einsatz kommen. Sie können sowohl die Umweltbelastung als auch die Prozesskosten senken.

Vor allem die Kunststoffproduktion erlebt einen Wandel: Bioplastik aus nachwachsenden Ressourcen oder hergestellt mithilfe von Mikroorganismen gewinnt stetig an Bedeutung. Plattformchemikalien wie Bernsteinsäure aus Biomasse sind zentrale Bausteine für Kunststoffe wie Polybutylensuccinat (PBS) oder Polyurethane. Auch bei Farben, Lacken und Schmierstoffen werden zunehmend nachhaltige Alternativen eingesetzt. Statt erdölbasierter Komponenten finden Pflanzenöle, Proteine oder biotechnologisch erzeugte Polymere Verwendung. Additive aus Lignin oder Chitosan verbessern Haltbarkeit und Schutzwirkung bei sinkendem Anteil synthetischer Stoffe.

Trotz des bislang noch geringen Marktanteils von etwa fünf Prozent werden Biokraftstoffe relevanter. Für deren Herstellung werden verstärkt Reststoffe wie Stroh oder Holzabfälle in Bioraffinerien genutzt. Nicht zuletzt könnten Algen und Cyanobakterien künftig bei der Entwicklung klimafreundlicher Kraftstoffe für die Luftfahrt zum Einsatz kommen.



PtG-MEC: Biologische Energiespeicher für die Energiewende

In der nachhaltigen Energieversorgung ist die Verfügbarkeit erneuerbarer Energiequellen von zentraler Bedeutung. Das Projekt PtG-MEC zeigt, wie bio-elektrochemische Systeme helfen können, Stromüberschüsse effizient in speicherbares, klimaneutrales Methan umzuwandeln.

Ziel und Weg

Eine klimafreundliche Energieversorgung erfordert neben dem Ausbau erneuerbarer Quellen auch effiziente Speicherlösungen. Da Wind- und Sonnenstrom wetterabhängig schwanken, muss überschüssige Energie zeitlich flexibel nutzbar sein.

Eine Schlüsseltechnologie ist Power-to-Gas: Dabei wird überschüssiger Strom zur Erzeugung von grünem Wasserstoff genutzt, der anschließend mit CO₂ zu erneuerbarem E-Methan umgesetzt wird. Dieser Energieträger kann direkt verwendet, gespeichert oder über bestehende Gasnetze transportiert werden.

Das Projekt **PtG-MEC – Entwicklung einer mikrobiellen Power-to-Gas-Elektrolysezelle** wurde bis Juni 2025 im Rahmen der Maßnahme „KMU-innovativ: Bioökonomie“ mit rund 400.000 Euro gefördert. Es

zeigt, wie bioelektrochemische Systeme die Methanisierung effizient, flexibel und nachhaltig ermöglichen.

Die Methode wurde von der Electrochaea GmbH in Planegg entwickelt und basiert auf einer patentierten Power-to-Gas-Technologie. Im Fokus stand eine mikrobielle Elektrolysezelle (MEC), die mit geringem Energie- und Materialeinsatz arbeitet. Mikroorganismen wandeln dabei CO₂ und Wasserstoff unter milden Bedingungen in E-Methan um. Diese biologische Methanogenese erfordert keine hohen Temperaturen oder Drücke und ist robust gegenüber Verunreinigungen.

Umsetzung

Die Ausgestaltung des Systems griff verschiedene wissenschaftlich-technische Herausforderungen auf. So mussten biologische und elektrochemische Pro-

zesse bei gleichzeitig hoher Raum- und Energiedichte miteinander in Einklang gebracht werden. Für die Umsetzung verfolgte Electrochaea einen integrierten Systemansatz, bei dem alle Komponenten – von der Zellgeometrie bis zur Elektrodenoberfläche – auf die besonderen Bedürfnisse des Biokatalysators abgestimmt wurden.

Im Zentrum steht ein nicht genetisch veränderter Archaeen-Stamm, der nahezu das gesamte zugeführte CO₂ in E-Methan umwandeln kann. Im Vergleich zu chemischen Verfahren benötigt dieser mikrobielle Stamm deutlich weniger Energie für seinen Eigenmetabolismus, was den Prozess besonders effizient macht. Seine Robustheit gegenüber schwankenden Bedingungen ist zudem ideal für die Nutzung regenerativer Stromquellen mit stark variierender Einspeisung. Electrochaea verfügt über einen widerstandsfähigen Stamm dieser methanogenen Archaeen, dessen Potenzial an der University of Chicago entdeckt wurde und durch umfassende Patente in allen relevanten Märkten geschützt ist.

Die technische Herausforderung bestand unter anderem darin, eine Elektrolysezelle zu konstruieren, in der Elektrolyse und mikrobielles Wachstum gleichzeitig und effizient ablaufen können, obwohl beide Prozesse unterschiedliche Anforderungen an pH-Wert, Temperatur und Konzentrationen stellen. Nach zahlreichen Tests konnten Elektrodenmaterialien, Abstände und Zellgeometrie so geändert werden, dass die Reaktionsbedingungen in beiden Kammern jeweils optimal abgestimmt waren. Durch die Verringerung des Elektrodenabstands ließ sich zudem die Energiedichte deutlich erhöhen und der Materialeinsatz senken.

Ein weiterer wichtiger Aspekt lag in der Modularität der Anlage: Das System war **als Containerlösung geplant, die sich auch für kleinere, dezentrale CO₂-Quellen eignet**. Diese Containersysteme bieten nicht nur eine hohe Flexibilität im praktischen Einsatz, sondern ermöglichen auch eine wirtschaftlich sinnvolle Erschließung bisher ungenutzter Abgasströme. Die Modularität erleichterte zudem spätere Skalierungsschritte von Pilot- zu Industrieanlagen.

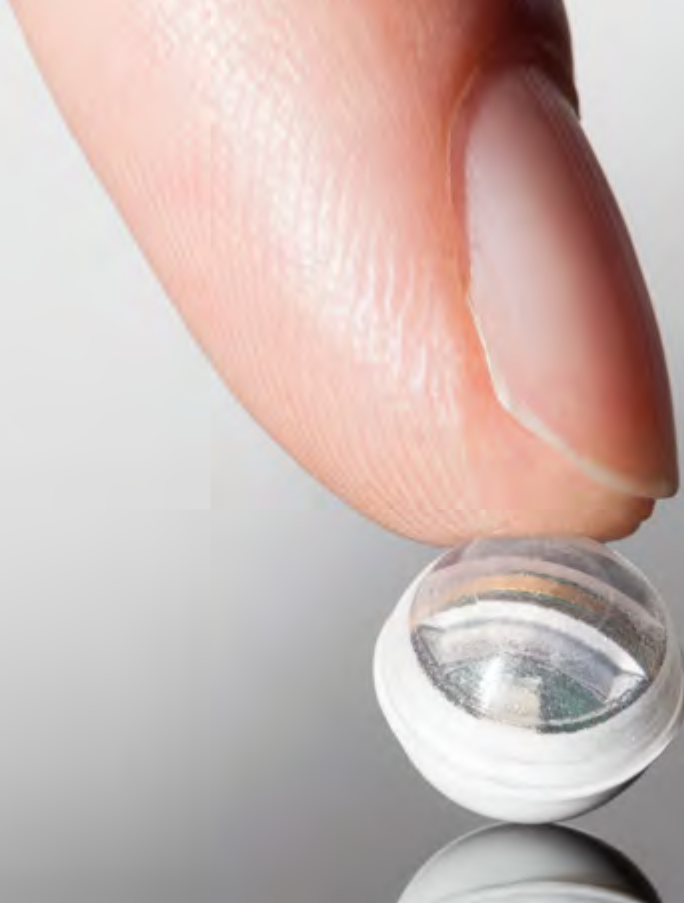
Die 2014 gegründete Electrochaea GmbH brachte umfangreiche Erfahrung aus früheren Projekten ein.

Bereits 2018 wurde das Unternehmen im Rahmen des „Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Zudem ist Electrochaea Partner im vom BMFTR geförderten Projekt MethanoPEP, das von 2020 bis 2023 mit 2,2 Mio. Euro unterstützt wurde – mit dem Ziel, methanogene Archaeen für nachhaltige Bioprozesse weiterzuentwickeln. Darüber hinaus sicherte sich das Unternehmen weitere Fördermittel und Investitionen in Millionenhöhe, darunter Mittel vom EIC Accelerator der Europäischen Kommission sowie aus einer Serie-D-Finanzierungsrunde.

Ausblick

PtG-MEC adressiert mehrere Herausforderungen: Es bietet eine skalierbare, kompakte und energieeffiziente Speicherlösung, die sich auch in kleinere CO₂-Quellen, etwa Biogasanlagen, Klärwerke oder Brauereien, klimafreundlich integrieren lässt. Die Anlagen ersetzen den Einsatz von Batterien. Wenn erneuerbarer Strom verfügbar ist, produzieren sie E-Methan. In Zeiten ohne Wind oder Sonne („Dunkelflaute“) wird kein Strom erzeugt, doch das zuvor gespeicherte Gas kann dann zur Stromproduktion genutzt werden. So bleibt überschüssiger Ökostrom in Form von Gas langfristig verfügbar und speicherbar.

Nach Abschluss der Projektlaufzeit wird die Weiterentwicklung der Containerlösung zur Pilotanwendung im Kilowattbereich vorbereitet. Ziel ist es, diese kompakte und flexible Speichertechnologie zur Marktreife zu führen; zunächst für kleinere Industrie- und Agrarbetriebe, mittelfristig auch für kommunale oder netzgestützte Anwendungen.



Sens-o-Spheres – Ortsungebundene Aufnahme von Prozessmesssignalen

Präzise Prozessdaten sind auch in der Biotechnologie entscheidend für den Erfolg. Das Projekt Sens-o-Spheres zeigt, wie durch intelligente Sensortechnik neue Maßstäbe in der biotechnologischen Prozesskontrolle gesetzt werden können.

Ziel und Weg

Biotechnologische Verfahren in Bioreaktoren benötigen eine präzise Überwachung der Parameter, doch herkömmliche fest installierte Messgeräte erfassen meist nur punktuelle Werte und bergen Kontaminationsrisiken. Im Projekt **Sens-o-Spheres – Ortsungebundene Aufnahme von Prozessmesssignalen in neuartigen Bioreaktoren** wurde unter Leitung der TU Dresden ein neuartiges, mobiles Mini-Messsystem konzipiert und realisiert. Die frei bewegliche Sensor-kugel misst Temperaturdaten im gesamten Bioreaktor und überträgt sie drahtlos, ohne den Prozess zu stören oder die Sterilität zu gefährden. So lassen sich lokale Abweichungen zuverlässig erkennen und die Regelung verbessern.

Die Laufzeit erstreckte sich von August 2014 bis August 2017 und gliederte sich in zwei Phasen: Die Sondierungsphase Sens-o-Spheres I (2014–2015) im

Rahmen des Ideenwettbewerbs „Neue Produkte für die Bioökonomie“ diente der Konzeptentwicklung und Projektkoordination. Darauf folgte die Machbarkeitsphase Sens-o-Spheres II (2015–2017), in der die technische Realisierung und Erprobung der Messmodule erfolgte.

Die TU Dresden koordinierte das Projekt und übernahm die Simulation der Sensorarchitektur. Die SAAS Systemanalyse- und Automatisierungsservice GmbH entwickelte die Messgeber und Messumformer für die Temperaturerfassung und -umwandlung. Das Fraunhofer-Institut für elektronische Nanosysteme (ENAS) setzte die Daten- und Energieübertragung über die integrierte Antenne um. Die IMST GmbH gestaltete die Mikroelektronik, während die Ökoplast GmbH die Kapselung ausführte. Die e-nema GmbH setzte die neue Technologie als Pilotanwender praxisnah ein und testete sie umfassend.

Umsetzung

Im Zentrum des Projekts Sens-o-Spheres II stand die Miniaturisierung der Sensorik: Die Kugel misst mit einem integrierten Temperaturfühler zentrale Prozessparameter und wandelt diese in elektrische Signale um. Daraufhin verarbeitet ein Mikrocontroller die Daten und sendet sie über eine integrierte Antenne an einen externen Messumformer. Das Gerät ist etwa erbsengroß und so gestaltet, dass seine Dichte etwa das 1,2-Fache von Wasser beträgt, um optimal schwimmfähig zu bleiben. Die Herausforderung bestand neben der Integration aller Komponenten in eine kompakte, wasserdichte und biokompatible Hülle auch in der energieeffizienten Funktionsweise.

Die Sens-o-Spheres erlauben erstmals auch Datenerhebungen in kleineren Volumen, etwa in Schüttelkolben ab 100 Milliliter, was bislang keine praktikable Messmöglichkeit darstellte. Die mobilen Sensoren übermitteln Messwerte bei einer Frequenz von bis zu einer Sekunde über mindestens einen Tag. Die kontaktlose Messtechnik bietet vielfältige Vorteile gegenüber klassischen fest installierten Messgeräten: Die Kugeln ermöglichen eine vollständige räumliche Abdeckung und reduzieren die Kontaminationsgefahr, da keine Durchbrüche in der Reaktorwand notwendig sind. Mehrere dieser Module können gleichzeitig zum Einsatz kommen, da ein externer Empfänger mehrere Funksignale parallel verarbeiten kann. Die erfassten Daten werden in Echtzeit ins Prozessleitsystem eingespeist, sodass eine optimierte Prozesssteuerung möglich wird.

Der biotechnologische Partner e-nema GmbH konnte in Tests nachweisen, dass bis zu 24 Sensorkugeln parallel eingesetzt werden können, was die Auswertung erheblich beschleunigt.

Obwohl im Projekt zunächst die Temperaturmessung im Fokus stand, wurde in der darauffolgenden Entwicklungsphase ein **weiterer Meilenstein erreicht: die räumlich aufgelöste Erfassung mehrerer Parameter**. In Sens-o-Spheres III (2018–2021) – gefördert im Rahmen der Maßnahme „KMU-innovativ: Biotechnologie – BioChance“ – wurde die technische Lösung gezielt weiterentwickelt, um neben der Temperatur auch den pH-Wert und den Gehalt an gelöstem Sauerstoff innerhalb des Bioreaktors zu messen.

Dazu wurden drei Messgeräte entwickelt: für die Temperatur-, pH- und Sauerstoffmessung. Alle Kugeln enthalten auf kleinstem Raum Sensoren, einen Mikrocontroller, einen Akku mit Ladeelektronik und eine Funkverbindung. Die Akkus lassen sich berührungslos aufladen. Während des Betriebs senden die Module ein spezielles Funksignal aus, das ihre genaue Position im Reaktor erkennen lässt. Sie schwimmen frei mit der Flüssigkeit im Reaktor, beeinflussen den Prozess nicht und können sowohl in größeren Laborfermentern als auch in sehr kleinen Gefäßen wie Testplatten eingesetzt werden. So entsteht eine flexible, kontaktlose Messtechnik für verschiedenste Anwendungen.

Ausblick

Die Entwicklung dieser intelligenten, mobilen Sensorplattform bildet eine wichtige Grundlage, um biobasierte Produktionsverfahren präziser zu überwachen, gezielter zu steuern und besser an die Anforderungen der Bioökonomie anzupassen. Die Kombination aus innovativer Mikroelektronik, smartem Design und drahtloser Datenübertragung demonstriert eindrücklich, wie hochkomplexe Bioprozesse zukünftig ortsunabhängig und zuverlässig kontrolliert werden können.

So rückt das Ziel näher, biotechnologische Prozesse künftig in Echtzeit, vollständig kontaktlos und räumlich hochauflösend zu überwachen. Neben der Biotechnologie eröffnen sich dadurch auch neue Einsatzmöglichkeiten in der Medizin-, Agrar- und Umwelttechnik. Erste Anwendungen zeigen bereits, wie flexibel die Lösung auf unterschiedliche Anforderungen angepasst werden kann. Die Sens-o-Spheres wurden inzwischen zur Marktreife gebracht und über die Ausgründung amensio GmbH in den Markt transferiert. Der Weg von der Idee bis zum marktfähigen Produkt verdeutlicht die Komplexität solcher Entwicklungen und die vielfältigen Voraussetzungen, die hierfür erfüllt sein müssen.



ROBIKU – Von Agrarresten zu innovativen Materiallösungen

Das Projekt **ROBIKU** entwickelt biologisch abbaubare Kunststoffe aus Agrarreststoffen als nachhaltige Alternative zu herkömmlichem Plastik. Es leistet einen Beitrag zum Aufbau einer kreislauffähigen, biobasierten Materialwirtschaft.

Ziel und Weg

Die globale Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen in der Kunststoffproduktion und die damit verbundenen Umweltprobleme stellen eine große Herausforderung dar. Besonders problematisch sind kurzlebige Einwegartikel wie Verpackungen oder Etiketten, die meist nicht recycelt werden und häufig als Mikroplastik in der Umwelt verbleiben.

Alternativen aus biobasierten Kunststoffen existieren zwar bereits am Markt, doch viele sind entweder nicht ausreichend kompostierbar oder basieren auf Rohstoffen wie Stärke oder Zucker, die bei der Nahrungsmittelproduktion dann fehlen. Es besteht daher Bedarf an ökologisch und funktional überzeugenden Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette: von der Materialgrundlage über die Verarbeitung bis zur Rückführung in natürliche Kreisläufe.

Das seit November 2024 im Rahmen von „KMU-innovativ: Bioökonomie“ mit etwa 560.000 Euro geförderte Projekt **ROBIKU – Erweiterung der Rohstoffbasis zur Entwicklung von Biopolymeren für den Einsatz als biologisch abbaubare Kunststoffsubstitute** setzt hier an. Sein Ziel ist es, durch die Entwicklung neuer Kunststoffsubstitute zur Etablierung einer biobasierten Kreislaufwirtschaft beizutragen. Dabei baut das Vorhaben auf einem Herstellungsprozess der traceless materials GmbH auf, mit dem sich ein vollständig biologisch abbaubares Biomaterial aus Reststoffen der Agrar- und Lebensmittelindustrie gewinnen lässt.

Umsetzung

Der Prozess wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts an der Technischen Universität Hamburg entwickelt. Ausgangspunkt war die Frage, wie sich Lebensmittelreste und insbesondere Getreiderück-

stände effizienter verwerten lassen. Entstanden ist ein patentiertes, technologisch ausgereiftes Verfahren, das die Grundlage für das Material (traceless®) bildet.

Das Biomaterial ist unter natürlichen Bedingungen deutlich besser abbaubar als herkömmliche Biokunststoffe. So zerfällt traceless® auch auf dem heimischen Kompost oder in der Umwelt rückstandsfrei. Es basiert auf Agrarreststoffen, die sonst als Abfall oder zur energetischen Verwertung genutzt würden. Durch das Verfahren entsteht ein thermoplastisches Granulat und damit die Produktform, in der es an weiterverarbeitende Unternehmen geliefert wird. Es ist mit gängigen Kunststofftechnologien verarbeitbar, etwa durch Extrusion, Spritzguss, Blasformen oder Heißsiegeln, und bietet vielfältige industrielle Anwendungen. Zudem ist es mechanisch stabil, bietet gute Barriereigenschaften gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff, ist lagerstabil und kann mit natürlichen Farbstoffen eingefärbt und bedruckt werden – ohne die Kompostierbarkeit zu beeinträchtigen. Damit eignet es sich besonders für Verpackungen, bei denen funktionale und optische Anforderungen erfüllt werden müssen.

Im Projekt ROBIKU steht die Erweiterung der Rohstoffbasis im Mittelpunkt. **So sollen zusätzliche, bislang wenig genutzte Restströme aus der Agrar- und Lebensmittelverarbeitung erschlossen werden, die nicht mit der Lebensmittelproduktion konkurrieren.** Diese sollen so aufbereitet werden, dass sie sich zur Herstellung weiterer biologisch abbaubarer Kunststoffsubstitute eignen. So entstehen neue zirkuläre Wertschöpfungsketten.

Traceless materials bringt das Biomaterial durch Kooperationen mit Unternehmen verschiedener Branchen in konkrete Anwendungen. In Zusammenarbeit mit einem großen Versandhändler wurden vollständig biologisch abbaubare Versandhüllen entwickelt. Auch im Einzelhandel kommt traceless zum Einsatz: Ein Modeunternehmen nutzt es für Kleiderhaken. Darüber hinaus wird das Material in der Gastronomie verwendet – etwa für Verpackungen-to-go oder biologisch abbaubares Besteck in der Luftfahrt.

Einen wichtigen Schritt zur industriellen Skalierung markiert die 2024 gestartete Partnerschaft mit einem

global führenden Verpackungs- und Papierhersteller. Dabei steht die Einbindung in großvolumige Materialsysteme sowie die Vorbereitung auf die Markteinführung im Fokus.

Die Entwicklung und Expansion von traceless materials wurden durch verschiedene Förderprogramme und Investitionen vorangetrieben. Bereits früh erhielt das Unternehmen Unterstützungsleistungen von europäischen Institutionen in Millionenhöhe, später durch das Bundesumweltministerium sowie umfangreiche Investitionen privater Geldgeber – ein klares Signal für das Vertrauen in die Technologie und ihre industrielle Umsetzbarkeit. Die Innovationskraft wurde 2022 mit dem Deutschen Gründerpreis in der Start-up-Kategorie, der Nominierung für den Zukunftspreis 2025 sowie dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis 2026 gewürdigt.

Ausblick

Traceless materials wurde 2020 gegründet und produzierte zunächst in kleinen Mengen in einer Pilotanlage in Buchholz in der Nordheide. Um die ambitionierten Ziele zu erreichen, hat das Team mit rund 80 Mitarbeitenden inzwischen die Hallen einer ehemaligen Großbäckerei in Hamburg-Harburg übernommen. Dort entsteht auf einer Fläche in der Größe eines halben Fußballfeldes eine neue Produktionsstätte. Die Anlage ermöglicht eine Kapazität von mehreren Tausend Tonnen Granulat pro Jahr. Dieses dient als Basismaterial für die Weiterverarbeitung zu Formteilen, flexiblen Folien, Beschichtungen oder Klebstoffen.

Das Unternehmen verfolgt einen klaren Wachstumspfad, um die Technologie weiter zu skalieren. Fördermittel bilden die finanzielle und strategische Basis für die Weiterentwicklung und Markteinführung. Langfristig soll ein spürbarer Beitrag zur Reduktion von Plastikmüll und zur Transformation der Kunststoffbranche geleistet werden. Besonders hohes Potenzial bieten Anwendungen, die heute Recyclingprozesse erschweren, etwa dünne Kunststoffbeschichtungen auf Papier.



FUMBIO – FUMarsäure BIObasiert

Wie lässt sich Kohlendioxid (CO₂) aus Industrieabgasen als nachhaltiger Rohstoff nutzen? Das Forschungsprojekt FUMBIO zeigt, wie mithilfe biotechnologischer Verfahren aus dem Klimagas ein wertvoller Baustein für die Chemieindustrie werden kann.

Ziel und Weg

Die chemische Industrie steht vor der Herausforderung, fossile Rohstoffe durch nachhaltige Alternativen zu ersetzen. Ein vielversprechender Ansatz ist die Verwendung von CO₂ als Ausgangsstoff für die Erzeugung chemischer Zwischenprodukte. Das Projekt **FUMBIO (FUMarsäure BIObasiert)** verfolgt das Ziel, die wichtige Plattformchemikalie Fumarsäure biotechnologisch aus CO₂ und Zucker zu produzieren. Fumarsäure kommt industriell unter anderem zur Herstellung von Lebens- und Futtermittelzusätzen, Arzneimitteln, Kosmetika sowie als Baustein für Polymere, Wasch- und Reinigungsmittel zum Einsatz. Im Sinne einer grünen Chemie gewinnt die Säure besonders dann an Bedeutung, wenn sie nicht petrochemisch, sondern mithilfe von CO₂ und biotechnologischen Verfahren gewonnen wird.

Das BMFTR fördert das Projekt im Rahmen des Programms „Klimaneutrale Produkte durch Biotech-

nologie – CO₂ und C1-Verbindungen als nachhaltige Rohstoffe für die industrielle Bioökonomie“ (CO₂Bio-Tech). Die Maßnahme unterstützt gezielt biotechnologische Verfahren, die CO₂ binden und in industriellen Prozessen nutzbar machen. Dazu gehören auch die Verwertung einfacher Kohlenstoffverbindungen (C1-Verbindungen) durch Fermentation sowie biohybride Ansätze zur CO₂-Reduktion. Ziel ist es, fossile Rohstoffe durch nachhaltige Alternativen zu ersetzen. Die Maßnahme ist auf eine schnelle Übertragung der entwickelten Technologien in die industrielle Anwendung ausgelegt. Daher sind **starke Industriepartner ein zentrales Element der Projektstruktur**. Seit 2024 werden im Rahmen von CO₂BioTech zehn Einzel- und Verbundprojekte über einen Zeitraum von bis zu drei Jahren gefördert.

Vorhaben mit starker Industrieanbindung wie FUMBIO sollen als Blaupause für weitere Anwendungen dienen, bei denen CO₂ als nachhaltiger Rohstoff in industrielle

Prozesse integriert wird. Das Fördervolumen beläuft sich insgesamt auf 2,6 Mio. Euro. Bei den Partnern handelt es sich um BASF SE, die Philipps-Universität Marburg, die Universität des Saarlandes sowie die Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU).

Umsetzung

Im Zentrum steht die Optimierung des Stoffwechsels des Bakteriums *Basfia succiniciproducens*, um die Ausbeute an Fumarsäure zu maximieren. Das Bakterium wurde ursprünglich aus dem Pansen von Rindern isoliert – einem sauerstoffarmen (anaeroben) Lebensraum. Diese Herkunft macht es von Natur aus robust gegenüber Bedingungen, wie sie auch in industriellen Fermentern herrschen. *B. succiniciproducens* ist ein besonders vielversprechender Mikroorganismus in der industriellen Biotechnologie, da er CO₂ auf natürliche Weise in seinen Stoffwechsel einbinden und organische Säuren wie Bernsteinsäure (Succinat) herstellen kann. Durch gezielte Stoffwechselmodifikation (Metabolic Engineering) lässt sich die Produktbildung in Richtung Fumarsäure verschieben. Das Bakterium ist zudem bereits in anderen biotechnologischen Anwendungen erprobt worden und gilt als gut geeignet für großtechnische Prozesse.

Die Koordination des Projekts liegt bei der BASF SE. Sie entwickelt gemeinsam mit ihren universitären Partnern den biotechnologischen Fermentationsprozess weiter. Dabei kommt Zucker aus nachwachsenden Rohstoffen als Substrat zum Einsatz, während das notwendige CO₂ aus industriellen Abgasströmen gewonnen werden soll. Die Kombination beider Kohlenstoffquellen ermöglicht eine ressourcenschonende Produktion mit gleichzeitigem Recycling von Industrieemissionen.

Die Universität Marburg konzentriert sich im Projekt auf die genetische Modifikation des Bakteriums, um seine Fumarsäure-Produktion zu steigern. Dabei greift sie auf Methoden des Metabolic Engineering und der Synthetischen Biologie zurück, mit denen der Stoffwechsel gezielt beeinflusst oder neugestaltet wird. Parallel dazu analysiert die Universität des Saarlandes die erzeugten Bakterienstämme hinsichtlich ihrer Stoffwechselaktivität und Leistungsfähigkeit. Ein weiterer Schwerpunkt an der RPTU in Kaiserslautern ist die biokatalytische Weiterverarbeitung der erzeug-

ten Fumarsäure zu industriell relevanten Endprodukten. Damit wird eine durchgängige, klimafreundliche Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zum Produkt angestrebt.

Um eine Überführung der biotechnologischen Entwicklungen in die industrielle Praxis zu ermöglichen, wird von Beginn an viel Wert auf Skalierbarkeit gelegt. Die BASF bringt hierfür ihre Erfahrung im großtechnischen Anlagenbetrieb ein und testet die entwickelten Fermentationsprozesse unter praxisnahen Bedingungen. Man beabsichtigt so, einen robusten Prozess zu etablieren, der sich nahtlos in bestehende Produktionsstrukturen integrieren lässt.

Begleitend erfolgen Lebenszyklusanalysen. Erste Ergebnisse zeigen, dass der CO₂-Fußabdruck der biotechnologisch erzeugten Fumarsäure deutlich geringer – unter Umständen sogar negativ – ausfallen kann.

Ausblick

FUMBIO besitzt das Potenzial, einen Beitrag zur Dekarbonisierung der chemischen Industrie zu leisten. Durch die Entwicklung einer nachhaltigen, biotechnologischen Wertschöpfungskette – von CO₂ und Zucker über Fumarsäure bis hin zu biologisch abbaubaren Produkten – könnten fossile Ressourcen in zahlreichen Anwendungen ersetzt werden. Die erfolgreiche Realisierung würde nicht nur ökologische Vorteile bringen, sondern auch wirtschaftliche Perspektiven für die industrielle Biotechnologie stärken.

Ein wichtiger Erfolgsfaktor wird auch die gesellschaftliche Akzeptanz solcher Technologien sein. Indem die Teams aufzeigen, dass sich industrielle Emissionen stofflich nutzen lassen und daraus alltagsnahe Produkte entstehen, kann das Projekt einen Beitrag zur öffentlichen Diskussion um Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft und nachhaltigen Konsum leisten. Zugleich wird deutlich, dass nachhaltige Rohstoffquellen erschlossen werden können, ohne in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu treten.



Ressourcenschonende Produkte für den Alltag: Biobasierte Lebensmittel und Konsumgüter

Zahlreiche klassische wie auch innovative Alltagsprodukte basieren auf nachwachsenden Rohstoffen – von Natur aus, traditionell oder mit modernen Verfahren hergestellt. In der Lebensmittelbranche zeigt sich dies etwa durch den Einsatz pflanzlicher Proteine oder funktioneller Pflanzenextrakte. Im Konsumgüterbereich kommen biobasierte Polymere, Tenside und Additive zum Einsatz. Derart erzeugte Produkte zeichnen sich zum Beispiel durch einen niedrigen CO₂-Fußabdruck, verbesserte biologische Abbaubarkeit und die Möglichkeit, in biobasierte Wertstoffkreisläufe eingebunden zu werden, aus.

Lebensmittel

Die Ernährungsindustrie spielt eine zentrale Rolle in der Bioökonomie, da sie Agrarprodukte aus der Landwirtschaft zu Lebens- und Futtermitteln verarbeitet. Mit rund 640.000 Beschäftigten in etwa 6.000 Unternehmen erzielte sie 2023 laut Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. einen Umsatz von über 230 Mrd. Euro und zählt damit zu den größten Wirtschaftszweigen Deutschlands. Qualitativ hochwertige Rohstoffe und ressourcenschonende Technologien ermöglichen gesunde, sichere und hochwertige Nahrungsmittel. **Bei Lagerung, Konservierung und Transport bieten biobasierte Ansätze innovative Lösungen.** Mehr als 170.000 Artikel aus dem Bereich Nahrungs-, Futtermittel und Getränke sind auf dem Markt. Zusatzstoffe wie Aromen, Farbstoffe, Süßungsmittel oder auch Aminosäuren wie Glutamat entstehen teilweise mithilfe enzymatischer Prozesse. Selbst Milchzucker für Säuglingsnahrung werden durch Mikroorganismen hergestellt.

Funktionelle Lebensmittel mit potenziell gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen wie Probiotika, Omega-3-Fettsäuren oder sekundären Pflanzenstoffen greifen das wachsende Gesundheitsbewusstsein in der Gesellschaft auf. Gleichzeitig bieten pflanzliche Proteine aus Hülsenfrüchten, Ölsaaten und Getreide Alternativen zu tierischen Erzeugnissen. Auch Algen und Insekten spielen eine immer wichtigere Rolle als eiweißreiche Nahrungsquellen. Innovative Extraktions- und Verarbeitungstechnologien machen diese Nährstoffe für eine breite Anwendung zugänglich.

Diese Vielfalt spiegelt sich in der Auswahl alternativer Lebensmittel wider: Fleisch-, Fisch- und Milchalternativen auf Basis pflanzlicher Proteine sind auf dem Markt immer mehr vertreten. Während pflanzliche Alternativen bereits fest etabliert sind, befindet sich kultiviertes Fleisch noch in der Entwicklung. Es besitzt jedoch das Potenzial, Ressourcenverbrauch und Tierhaltung signifikant zu reduzieren.

Verpackungen stehen ebenfalls im Fokus der Bioökonomie: Materialien aus Nebenprodukten wie Maisstärke, Kaffeesatz oder Fruchtschalen bieten biologisch abbaubare Alternativen zu erdölbasierten

Kunststoffen. Gleichzeitig wird an der Verbesserung von Mehrweg- und Rücknahmesystemen gearbeitet, um Kreisläufe zu schließen und Abfall zu reduzieren.

Konsumprodukte

Auch bei Alltagsgütern setzt man zunehmend auf biobasierte Verfahren und natürliche Rohstoffe. Im Jahr 2023 wurden in Deutschland rund 21 Mrd. Euro für Körperpflege-, Wasch- und Reinigungsmittel ausgegeben. In Kosmetik und Körperpflege finden vermehrt Enzyme, Vitamine oder probiotische Mikroorganismen Anwendung – etwa in Zahncremes oder Anti-Aging-Produkten mit biotechnologisch gewonnenem Coenzym Q10. Enzyme in Reinigungsmitteln ermöglichen seit Jahrzehnten energie- und wassersparendes Waschen. Algen liefern vielseitige Wirkstoffe wie Antioxidantien und Farbstoffe. Auch pflanzenbasierte Tenside und Lösungsmittel werden immer häufiger in Haushalts- und Textilartikeln verwendet.

Laut Gesamtverband textil+mode erwirtschaftet die Textilbranche mit rund 1.400 Unternehmen und 120.000 Mitarbeitenden rund 32 Mrd. Euro jährlich. Die Branche setzt verstärkt auf Naturfasern wie Baumwolle, Leinen, Hanf oder Seide, ergänzt durch moderne Hightech-Fasern mit speziellen Eigenschaften. Biologisch abbaubare oder vollständig recycelbare Textilien etablieren sich als zukunftsfähige Alternativen. Auch Spinnenseide wird inzwischen biotechnologisch industriell produziert. Fasern wie Tencel oder Lyocell wiederum lassen sich aus der Cellulose schnell wachsender Pflanzen wie Eukalyptus oder Bambus und teilweise in geschlossenen Kreislaufsystemen herstellen. Gleichzeitig führen pflanzliche Gerbung oder enzymgestütztes Bleichen zu Färb- und Veredelungsprozessen, die mit geringerem Chemikalieneinsatz und reduzierter Abwasserbelastung nachhaltiger gestaltet sind.



WETEXsea – Texturierte Proteinprodukte als Alternative zu Fisch

Nachhaltige Fischersatzprodukte sind längst in der Gegenwart angekommen – sie finden sich zunehmend in den Kühltheken des Einzelhandels. Das Projekt WETEXsea zeigt eindrucksvoll, wie praxisnahe Forschung und unternehmerischer Pioniergeist das Segment mit innovativen Lösungen vorantreiben.

Ziel und Weg

Die weltweiten Fischbestände stehen unter enormem Druck. Laut der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) gelten inzwischen rund 38 % der erfassten Bestände als übernutzt, und die Tendenz ist steigend. Gleichzeitig nimmt der globale Konsum von Fisch und Meeresfrüchten weiter zu und erreicht die ökologischen Belastungsgrenzen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Entwicklung von nachhaltigen, pflanzenbasierten Ersatzlösungen an Bedeutung.

Das Projekt WETEXsea – Nassextrusion als Schlüsseltechnologie für die Herstellung von Fisch- und Meeresfrüchte-Ersatz aus alternativen Proteinen setzt genau hier an: Ziel ist es, Verfahren für die Produktion von authentischen, eiweißreichen

und geschmacklich überzeugenden Alternativen weiterzuentwickeln. Hierbei soll es die sogenannte Nassextrusions-Technologie ermöglichen, Proteine aus Pflanzen oder Pilzen in Produkte zu überführen, deren faserige, strukturierte Textur der von Fischfilets ähnelt.

Das vom BMFTR im Rahmen der Maßnahme „KMU-innovativ: Bioökonomie“ geförderte Vorhaben läuft von Juni 2023 bis November 2025 und wird mit rund 530.000 Euro unterstützt. Zwei Partner mit komplementären Stärken treiben das Projekt voran: Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV bringt seine umfangreiche Erfahrung in der Texturierung pflanzlicher Proteine, in der Extrusionstechnik sowie in der sensorischen und mikrostrukturellen Analyse ein. Während der Projektpartner, das Münchner Start-up Happy Ocean

Foods, über marktorientierte Erfahrung mit ernährungsphysiologisch wertvollen Produkten im Bereich pflanzlicher Fischalternativen verfügt.

Umsetzung

Das 2020 gegründete Start-up Happy Ocean Foods brachte 2022 mit den Happy Shrymps einen auf Soja und Algenextrakten basierenden Garnelenersatz auf den Markt. Im Jahr 2024 folgte der pflanzenbasierte Thunfischersatz Happy Tyuna. Die Produkte erlangten Marktreife und wurden bereits erfolgreich über verschiedene Verkaufswege vertrieben.

Im Rahmen von WETEXsea werden derzeit neuartige Proteinformulierungen und Extrusionsverfahren entwickelt, mit denen sich strukturierte Fischalternativen herstellen lassen, die dem Original sowohl geschmacklich als auch sensorisch sehr nahekommen. Der Fokus liegt auf der Nassextrusion – einer Methode, bei der unter hohem Druck und bei kontrollierter Temperatur eine eiweißreiche Masse in eine faserige Konsistenz überführt wird. Dabei kommen verschiedene pflanzliche Proteine, etwa aus Erbse, Soja oder Mungbohne, zum Einsatz. Die Herausforderung liegt nicht nur in der strukturellen Nachbildung, sondern auch in der Entwicklung eines authentischen Mundgefühls und Geschmacksprofils bei gleichzeitiger Wahrung der ernährungsphysiologischen Qualität.

Die am Fraunhofer IVV ausgearbeiteten texturierten Prototypen werden eng mit der Produktentwicklung und Markterfahrung von Happy Ocean Foods abgestimmt. Durch diesen Austausch zwischen Forschung und Anwendung können Verfahren iterativ verbessert, Rezepturen praxisgerecht skaliert und schließlich industrielle Produktionsprozesse vorbereitet werden. Bereits während der Projektlaufzeit entstehen so Musterlösungen, die auf eine baldige Überführung in marktfähige Konzepte abzielen.

Der Fokus liegt insbesondere auf strukturierten Filetstücken, die sich für die Weiterverarbeitung in der Gastronomie eignen. Das Produktportfolio wird gezielt auf die Anforderungen von Großküchen, der Systemgastronomie und von Handelsmarken zugeschnitten.

Ausblick

Die Verbreitung der pflanzenbasierten Fischalternativen konnte durch eine Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn vergrößert werden: Im Rahmen eines Aktionsmonats kam der Garnelenersatz 2024 in einem Gericht bundesweit in den Bordrestaurants zum Einsatz.

Parallel dazu konnte sich Happy Ocean Foods auch unternehmerisch weiter etablieren: Bereits in einer frühen Entwicklungsphase wurde das Team durch das EXIST-Gründerstipendium des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unterstützt. Im Anschluss folgten diverse Auszeichnungen und der Einstieg von Investoren. Laut einer Studie der Strategieberatung Munich Strategy gehört das Unternehmen mit seinen Produktkreationen zu den „New Food Stars 2024“ – den 50 innovativsten Food-Start-ups Deutschlands. Für weitere Bekanntheit sorgte 2022 der Einstieg von Investoren in der TV-Sendung „Die Höhle der Löwen“. Darüber hinaus zählt auch der Schweizer Impact-Investor Blue Horizon zu den Unterstützern des Start-ups.

Mit WETEXsea wird nun die nächste Entwicklungsstufe angesteuert: Die Ergebnisse sollen als Grundlage für eine skalierbare Technologieplattform dienen, die über das Projektende hinaus in weiteren Produktlinien Anwendung findet. Mit der Kombination aus wissenschaftlicher Tiefe, technischer Expertise und marktorientierter Innovationskultur trägt das Projekt zur Stärkung der biobasierten Wirtschaft in Deutschland bei. Gleichzeitig leistet es einen Beitrag zur Schonung der Fischbestände und zur Erschließung neuer Wertschöpfungspotenziale im Bereich pflanzlicher Proteine.



ZUKUNFT: Zellträger für kultiviertes Fleisch

Biotechnologische Alternativen gelten als innovative Antwort auf die Herausforderungen der konventionellen Fleischproduktion. Im Rahmen von ZUKUNFT werden zentrale technische Voraussetzungen für eine nachhaltige Herstellung zellbasierter Produkte entwickelt.

Ziel und Weg

Fleisch aus dem Labor kann dazu beitragen, den Einsatz von Ressourcen wie Wasser und landwirtschaftliche Nutzfläche einzusparen und die Versorgung mit tierischem Protein unabhängig von Tierhaltung zu sichern. Die gezielte Anpassung der Nährstoffzusammensetzung in solchem „Clean Meat“ kann auch gesundheitliche Vorteile mit sich bringen. Die Branche wächst, zahlreiche Unternehmen arbeiten an nachhaltigen Fleischalternativen.

Genau hier setzte das Projekt **ZUKUNFT – Zellträger zur Unterstützung kultivierter, neuer Fleischtechnologie** an, das als Teil der BMFTR-Fördermaßnahme „KMU-innovativ: Bioökonomie“ mit rund 450.000 Euro unterstützt wurde. Bis 2024 entwickelten die Innocent Meat GmbH aus Papendorf und die Universität Rostock gemeinsam skalierbare Zellträger – sogenannte Scaffolds – für den Einsatz in der bio-

technologischen Produktion. Diese wichtigen Bausteine bei der Herstellung von kultiviertem Fleisch dienten als Strukturgeber für das Zellwachstum und mussten sowohl technisch als auch lebensmittelrechtlich hohen Anforderungen genügen. Sie sollten Zellen eine geeignete Oberfläche zur Vermehrung bieten, biologisch abbaubar und essbar sein sowie in automatisierte Bioprozesse integriert werden können. Das Vorhaben hatte zum Ziel, verschiedene Funktionsmuster von Scaffolds auf Basis pflanzlicher Polymere zu realisieren, die kosteneffizient, skalierbar und für den industriellen Einsatz geeignet sind.

Umsetzung

Die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft war ein zentrales Merkmal dieses Projekts. Der Lehrstuhl für Mikrofluidik der Universität Rostock brachte seine langjährige Erfahrung in der

Entwicklung mikrostrukturierter Systeme ein, während Innocent Meat seine Expertise in der industriellen Umsetzung fortschrittlicher Fleischtechnologien beisteuerte.

Im Projekt kamen zwei innovative Verfahren zum Einsatz: die Kryogelierung und das Electrospinning. Bei der Kryogelierung entsteht durch Einfrieren ein poröses, schwammartiges Material mit viel Raum für Zellen, während beim Electrospinning feine Fasern zu einem natürlichen, gewebsähnlichen Netzwerk für das Wachstum erzeugt werden. So entsteht ein Gerüst, das eine stabile Umgebung für das Wachstum von Muskelzellen bietet. In Laborexperimenten wurden im Anschluss unterschiedliche Materialkombinationen für die Herstellung der Scaffolds getestet, bewertet und hinsichtlich ihrer Eignung für Bioreaktoren weiterentwickelt.

Die Gerüste waren dabei nur ein Bestandteil einer umfassenden Lösung: Innocent Meat entwickelt eine automatisierte „Plug-and-Produce“-Plattform für kultiviertes Fleisch, die Lebensmittelherstellern alle erforderlichen Komponenten bereitstellt – von Stammzellen und Wachstumsmedien über Scaffolds und Bioreaktoren bis hin zu Filtersystemen und cloudbasierter Prozesssteuerung. Auf diese Weise soll eine vollständig integrierte Lieferkette von der Zellgewinnung bis zur Fleischproduktion entstehen. Der ganzheitliche B2B-Ansatz umfasst alle wesentlichen biologischen, technischen und digitalen Elemente. Darüber hinaus ist Innocent Meat auch im Bereich der Wachstumsmedien aktiv. Um Muskelmaterial ohne fötales Rinderserum (FBS) zu züchten, hat die Firma gemeinsam mit der Universität Rostock ihr erstes serumfreies Proliferationsmedium für primäre Muskelzellen von Schweinen entwickelt, das auf pflanzlichen Proteinen basiert und als Teil seiner umfassenden Produktionslösung vertrieben wird.

Um die Zusammenarbeit weiter zu intensivieren, hat Innocent Meat sein Labor und seine Büroräume mittlerweile auf dem Campus eingerichtet. Auch auf Investorensseite stieß der Ansatz des Start-ups früh auf Interesse: Im Jahr 2021 wurde es in das Accelerator-Programm von Big Idea Ventures aufgenommen, das speziell auf pflanzen- und zellbasierte Lebensmittelinnovationen ausgerichtet ist. Fünf Monate lang wurde Innocent Meat auf Wachstum und Skalierung vorbereitet. Unterstützt wird das Unternehmen durch

Risikokapital und öffentliche Fördergelder. Zuletzt konnte eine Venture-Capital-Finanzierung in Höhe von drei Mio. Euro eingeworben werden. Mit dem neuen Kapital will das Start-up die bestehenden Biokomponenten weiterentwickeln, seine Demonstrationsanlage vergrößern und die notwendigen Zertifizierungsprozesse einleiten.

Ausblick

Das Projekt ZUKUNFT soll dazu beitragen, die Marktreife für „Clean Meat“ zu beschleunigen und einen Technologiestandard für die Branche zu erarbeiten. Durch die Kombination aus Forschung, skalierbarer Technik und digitaler Steuerung **entsteht eine Plattform, die es erlaubt, kultiviertes Fleisch auf industriellem Niveau sicher, effizient und nachhaltig zu produzieren.**

Parallel arbeitet Innocent Meat im Projekt MOSTIME zusammen mit der Universitätsmedizin Rostock daran, die Effizienz der Stammzellvermehrung und -differenzierung durch innovative Stimulationsmethoden weiter zu steigern. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich Muskelzellen durch Elektrostimulation besonders gut vermehren lassen – ein Ansatz, der auch im industriellen Maßstab Anwendung finden könnte. MOSTIME wird bis Dezember 2025 mit rund 428.000 Euro durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) gefördert.

Auch wenn kultivierte Produkte in der Europäischen Union bisher nicht zum Verkauf zugelassen sind, ist das internationale Interesse groß. In Ländern wie Singapur sowie in mehreren US-Bundesstaaten sind erste Erzeugnisse zugelassen. Als erstes europäisches Land genehmigte Großbritannien im Juli 2024 die Verwendung von im Labor gezüchtetem Fleisch in Tierfutter. Mit Projekten wie ZUKUNFT ist Deutschland in dieser Wachstumsbranche aktiv – wissenschaftlich, technologisch und wirtschaftlich.



Bowl2Bowl – Kreislauffähige Schalen für eine nachhaltige Take-away-Kultur

Verpackungsabfälle zählen zu den drängenden Umweltproblemen, besonders im Take-away-Bereich. Das Projekt Bowl2Bowl entwickelt recyclingfähige Mehrwegschalen für die Außer-Haus-Gastronomie – als nachhaltige Alternative zu Einwegverpackungen und als Beitrag zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft.

Ziel und Weg

Trotz wachsendem Interesse an Mehrwegsystemen bestehen ökologische Schwächen: Viele Mehrwegbehälter basieren auf konventionellen Kunststoffen, die zwar mehrfach nutzbar, aber nur schwer recycelbar sind.

Genau hier setzt das Projekt **Bowl2Bowl – Kreislauffähige Mehrwegschalen für eine nachhaltige Take-away-Kultur** an: Ziel ist eine neue Generation von Mehrwegschalen für Essen-to-go, die nicht nur robust, sondern vollständig kreislauffähig ist. Zur Anwendung kommen sogenannte Monomaterialien, die sich sortenrein recyceln lassen. Die Schalen sollen in ein bestehendes Pfandsystem integriert werden und so über den gesamten Produktzyklus hinweg im Umlauf bleiben.

Das Verbundprojekt wird im Rahmen der BMFTR-Maßnahme „KMU-innovativ: Bioökonomie“ gefördert.

Es läuft von Oktober 2022 bis September 2025 und wird mit rund 745.000 Euro unterstützt. Realisiert wird das Vorhaben im Rahmen eines interdisziplinären Konsortiums. Zu den Partnern zählen unter anderem die Hochschule Hannover mit dem IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe, das auf angewandte Materialforschung spezialisiert ist, sowie die Crafting Future GmbH, die bereits etablierte Mehrwegverpackungen für Gastronomie und Handel entwickelt hat. Als weitere Partner bringen Dihse GmbH und Wipa Werkzeug- und Maschinenbau GmbH ihre Expertise in der Verarbeitung und Wiederverwertung von Kunststoffen ein.

Umsetzung

Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines Materials, das im Gebrauch überzeugt und im Kreislauf geführt werden kann. Dieses Material muss nicht nur langlebig

und funktional sein, sondern auch den Anforderungen im Alltag gerecht werden: Es soll spülmaschinen- und mikrowellenfest sein, Wärme gut isolieren und farbstabil bleiben. Gleichzeitig sind die gesetzlichen Vorgaben für den Kontakt mit Lebensmitteln zu beachten. Die **größte Herausforderung besteht darin, ökologische und technische Anforderungen zu vereinen**, indem Kunststoffe mit möglichst nachhaltiger Herkunft verwendet werden, die zugleich robust und vollständig recyclingfähig sind. Als biobasierter Rohstoff kommt dabei unter anderem Tallöl zum Einsatz – ein Nebenprodukt der Zellstoffgewinnung aus Holz, das unabhängig von fossilen Ressourcen verfügbar ist und so eine umweltschonende Alternative zu erdölbasierten Kunststoffen bietet.

Die Umsetzung des Projekts erfolgt exemplarisch anhand der Mehrwegschale REBOWL, die sich bereits erfolgreich auf dem Markt etabliert hat. Diese bewährte Struktur bietet ideale Voraussetzungen, um neue Materiallösungen unter realen Bedingungen zu testen und gleichzeitig das Rücknahme- und Recyclingsystem gezielt weiterzuentwickeln. Ein zentrales Prinzip ist dabei das „Design for Recycling“: Das spätere Recycling wird schon bei der Gestaltung der Produkte mitgedacht – von der Materialwahl über die Formgebung bis hin zu möglichen Additiven. Die verwendeten Ausgangsstoffe werden deshalb im Hinblick auf ihre chemische Zusammensetzung, Verarbeitbarkeit und Recyclingfähigkeit genau untersucht. Parallel dazu werden im Projekt die notwendigen Verarbeitungsprozesse, etwa im Spritzgussverfahren, angepasst und mit den Anforderungen an die industrielle Produktion abgestimmt.

Die stoffliche Qualität des Rezyklats dauerhaft zu sichern, ist essenziell, damit aus gebrauchten Schalen tatsächlich wieder neue entstehen können und nicht nur minderwertige Materialien für nachgelagerte Anwendungen. Hierzu wird im Projektverlauf ein „Closed-Loop“-Recyclingkonzept erarbeitet und getestet, das den vollständigen Wiedereinsatz der aufbereiteten Stoffe in neuen Schalen ermöglicht. Gleichzeitig prüft man, wie sich das recycelte Ausgangsmaterial und das Endprodukt in bestehende Pfandsysteme integrieren lassen – unter Berücksichtigung logistischer, technischer, gesellschaftlicher und nutzerfreundlicher Aspekte. Auch die Standardisierung und die Skalier-

barkeit spielen eine entscheidende Rolle, um eine breite Einführung in verschiedenen Anwendungsbereichen zu ermöglichen.

Für sein innovatives Geschäftsmodell und seine konsequente Nachhaltigkeitsstrategie wurde Crafting Future mehrfach ausgezeichnet, unter anderem mit dem KfW Award Gründen 2021 sowie einem Platz unter den ersten drei der Plattform „50 Start-ups“ in Deutschland. Seit seiner Gründung 2020 konnte das Start-up eine Vielzahl strategischer Partnerschaften aufbauen und überzeugte auch Investoren: Im Jahr 2022 konnte erfolgreich eine sechsstellige Seed-Finanzierungsrunde abgeschlossen werden. Die Crafting Future GmbH wurde 2023 nach mehrjähriger Partnerschaft von der reCup GmbH übernommen und ist seither ein Tochterunternehmen. Damit entsteht der erste umfassende Zusammenschluss zweier führender Mehrweganbieter in Deutschland – mit über 20.000 teilnehmenden Gastronomiestandorten im RECUP/REBOWL-Netzwerk.

Ausblick

Mit Bowl2Bowl wird ein zukunftsfähiges System entwickelt, das die Ansprüche an Mehrwegverpackungen miteinander verbindet: die Wiederverwendung im Alltag und die vollständige stoffliche Rückführung. Vor diesem Hintergrund spielt seit 2023 die EU-Mehrwegpflicht eine zentrale Rolle. Sie verpflichtet bestimmte Betriebe zur Bereitstellung von Mehrwegalternativen und bringt damit neue Anforderungen an den Gastronomie- und Lieferdienstsektor mit sich. Gleichzeitig eröffnet sie Chancen zur Weiterentwicklung und Etablierung systemischer Mehrwegstrukturen – mit dem Ziel einer nachhaltigen Take-away-Kultur, in der Verpackungen konsequent wiederverwendet und in den Kreislauf zurückgeführt werden.

Das Projekt Bowl2Bowl liefert damit nicht nur eine konkrete Lösung für den Bereich Essen-to-go, sondern ein Modell für die Weiterentwicklung kreislauforientierter Verpackungssysteme im Allgemeinen. Perspektivisch können die entwickelten Materialien und Systemkonzepte auch auf andere Produktgruppen übertragen werden, etwa im Lebensmitteleinzelhandel, im Catering oder bei Veranstaltungen.

Ausblick: Transfer gestalten – Bioökonomie weiterdenken

Die in dieser Broschüre dargestellten Beispiele zeigen, wie disziplinübergreifende Kooperationen und gezielte Förderinstrumente biobasierte Innovationen hervorbringen und neue wirtschaftliche Perspektiven erschließen können. Sie machen zugleich deutlich, dass die Bioökonomie dann Wirkung entfaltet, wenn sie zu innovativen Produkten und Verfahren führt.

Mitte 2025 gab die Bundesregierung mit der Hightech Agenda Deutschland den Startschuss für mehr Wettbewerbsfähigkeit, Wertschöpfung und Souveränität durch den gezielten Einsatz zentraler Zukunftstechnologien. Damit investiert sie in sechs Schlüsseltechnologien mit dem Ziel, die exzellente Forschung unseres Landes in Innovationen „Made in Germany“ umzusetzen.

Eine zentrale Rolle spielt dabei die Biotechnologie. Sie verbindet biologische Systeme mit technischen Verfahren und besitzt große Potenziale für nachhaltige und krisenfeste Ernährungssysteme, etwa durch moderne Pflanzenzüchtung, innovativen Pflanzenschutz und Ansätze der zellulären Landwirtschaft. Gleichzeitig bildet die industrielle Biotechnologie die Grundlage für ressourceneffiziente Produktionsprozesse in vielen Branchen. Fortschritte an den Schnittstellen zu Künstlicher Intelligenz, Ingenieurwissenschaften und Synthetischer Biologie eröffnen beispielsweise neue Möglichkeiten für die Entwicklung disruptiver Ansätze, die leistungsfähigere Materialien und nachhaltige Chemikalien hervorbringen können.

Forschung und Entwicklung in diesen Bereichen stärken die Resilienz in Landwirtschaft und Ernährung sowie die Fähigkeit zur industriellen Produktion auf biotechnologischer Basis. Hier setzt die Hightech Agenda gezielt an. Im Fokus stehen Vorhaben, die die biobasierte Wertschöpfung in der industriellen Produktion erweitern, ebenso wie Programme, die den Einsatz von KI in biotechnologischen Prozessen beschleunigen oder die Nutzung pflanzlicher und mikrobieller Rohstoffe für neue Materialien und Chemikalien ermöglichen. Public Private Partnerships sollen darüber hinaus die Zusammenarbeit von Forschung und Industrie stärken und insbesondere die Skalierung neuer Verfahren unterstützen.

Deutschland verfügt über ein leistungsfähiges wissenschaftliches Umfeld und eine breite Unternehmenslandschaft, die dieses Potenzial gemeinsam erschließen können. Es gilt, wissenschaftliche Exzellenz und unternehmerische Innovationskraft durch eine klug ausgerichtete Forschungs- und Innovationspolitik noch intensiver miteinander zu verzahnen, damit eine moderne Bioökonomie umfassend zu Wettbewerbsfähigkeit, technologischer Souveränität in der Biotechnologie und Resilienz in Industrie, Landwirtschaft und Ernährung beitragen kann. Mit der Hightech Agenda Deutschland wird die Bundesregierung diese Entwicklung aktiv vorantreiben.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)
Referat Nachhaltiges Wirtschaften; Bioökonomie
11055 Berlin

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Stand

Dezember 2025

Text

Informationsplattform bioökonomie.de
c/o BIOCOM Interrelations GmbH

Gestaltung

BIOCOM Interrelations GmbH

Bildnachweise

Titel: Sasa Visual - stock.adobe.com
S.2: Factory Stock - stock.adobe.com
S. 4: Andriy Medvediuk - stock.adobe.com
S. 6: SEAWATER Cubes GmbH
S. 8: TwilightArtPictures - stock.adobe.com
S. 10: MR*Prince - stock.adobe.com
S. 12: Rodrigo - stock.adobe.com
S. 14: ricka_kinamoto - stock.adobe.com
S. 15: Fraunhofer IWKS
S. 16: TU Chemnitz
S. 17: RWTH Aachen/ TFI
S. 18: Korn V. Quality Stock Arts - stock.adobe.com
S. 20: Electrochaea GmbH
S. 22: amensio GmbH
S. 24: traceless materials GmbH
S. 26: BASF SE
S. 28: Robert Kneschke - stock.adobe.com
S. 30: Fraunhofer IVV
S. 32: TATEVOSIAN YANA - stock.adobe
S. 34: reCup GmbH

