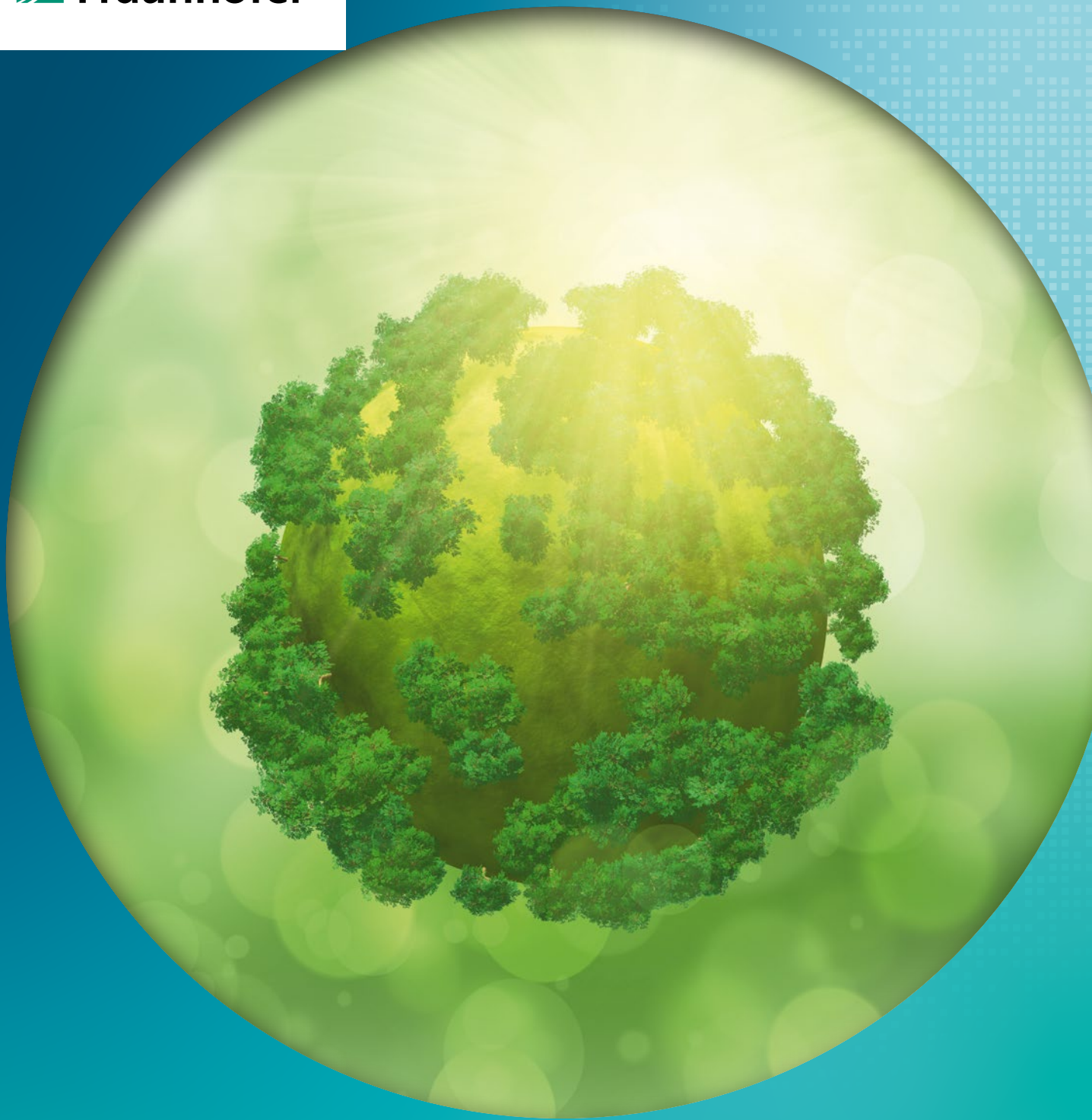




Zirkuläre Bioökonomie für Deutschland

Innovationen für eine lebenswerte Zukunft

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Klimawandel, Biodiversitätsverlust sowie Ressourcenverknappung bei gleichzeitig steigender Weltbevölkerung – all dies stellt die Menschheit vor enorme Herausforderungen. Zudem ist unsere aktuelle Lebens- und Konsumweise bisher noch stark von fossilen Ressourcen geprägt. Öl, Gas und Kohle bilden die chemische Grundlage für viele Produkte unseres täglichen Lebens – von Kosmetika über Textilien bis hin zu Medikamenten. Neben den fossilen Ressourcen wird auch Wasser aufgrund steigenden Lebensstandards und zunehmender Verschmutzung immer mehr zu einem knappen Gut. Um diese Herausforderungen adressieren zu können und mittel- bis langfristig unter anderem unsere Klimaziele zu erreichen, die weitere Erwärmung der Atmosphäre zu stoppen und die weltweite Wasserversorgung sicherzustellen, ist eine grundlegende Veränderung unseres Wirtschaftssystems erforderlich.

Sich linear aneinanderreihende Wertschöpfungsschritte müssen zu zirkulären, in sich geschlossenen Wertschöpfungskreisläufen umgeformt werden. So kann es uns gelingen, den Eintrag von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in unsere Atmosphäre zu begrenzen und den bereits vorhandenen Kohlenstoff in Wertschöpfungszyklen zu nutzen. Dies erfordert einen Wandel sowohl in der Wirtschaft als auch im gesellschaftlichen Miteinander. Die Abkehr von fossilen Ressourcen ist dabei ein essenzieller Schritt, um eine Transformation zu einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft herbeizuführen.

Die Bioökonomie spielt bei diesen umfassenden und globalen Veränderungen eine zentrale Rolle. Sie umfasst die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen sowie das Wissen darüber und unterstützt die Entwicklung neuer

Technologien, innovativer Produkte und Prozesse. Auf unserem Weg zu einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Gesellschaft wird die Bioökonomie durch die Kreislaufwirtschaft und das Konzept der Ressourceneffizienz komplementiert. Gemeinsam leisten sie essenzielle Beiträge zur Klimaneutralität und Versorgungssicherheit. Durch die Herausbildung von ganzheitlichen Stoffkreisläufen können Rohstoffe eingespart sowie Abfall und Emissionen vermieden werden. Bioökonomische Prozesse ermöglichen es, angetrieben von regenerativer Energie, Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre zu wertvollen Produkten umzuformen.

Mit den in dieser Broschüre vorgestellten Projekten zeigen wir exemplarisch auf, wie wir diesem Leitbild durch innovative Produkte und Technologien gerecht werden wollen und dabei Bioökonomie, Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz miteinander verbinden. Unsere Forschenden entwickeln neue Produktionssysteme und Konversionsverfahren für Biomasse und CO₂, sie erforschen Innovationen entlang der Lebensmittelwertschöpfungskette und stellen Fein- und Spezialchemikalien biotechnologisch aus nachhaltigen Rohstoffen her. Die Kreislaufführung von Nähr- und Rohstoffen sowie die hochwertige Nutzung von Nebenprodukten aus Reststoffen und Abwässern sind dabei von zentraler Bedeutung. All diese Entwicklungen bringen den Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise entscheidend voran.

Lesen Sie selbst und lassen Sie sich inspirieren, gemeinsam mit uns Lösungen und Wege für eine zukunftsfähige Gesellschaft zu entwickeln.

Ihr Sprecherkreis des Fraunhofer Strategischen Forschungsfeldes Bioökonomie



Foto: Fraunhofer IGB

Dr. Markus Wolperdinger
Institutsleitung
Fraunhofer IGB



Foto: Till Budde

Prof. Dr. Alexander Böker
Institutsleitung
Fraunhofer IAP



Foto: Fraunhofer IVV

Prof. Dr. Andrea Büttner
Geschäftsführende Institutsleitung
Fraunhofer IVV

Inhalt

Zahlen und Fakten	4
Innovationen für eine lebenswerte Zukunft – Projekte der Fraunhofer-Institute	6
Eine runde Sache – die zirkuläre Bioökonomie	7
Rohstoffe der Bioökonomie – Quellen für nachhaltige und innovative Produkte	10
Transparenz erwünscht – Bioökonomie im Dialog mit der Gesellschaft	13
Vom Feld auf den Teller – nachhaltige und resiliente Produktion von Lebensmitteln	14
Nachhaltiges Leben und Wirtschaften für eine gesunde Welt	18
Zukunftsfähige Technologien und Produkte eröffnen neue Chancen	20
Das Tempo erhöhen	23
Projektübersicht	24
Impressum	28

Zahlen und Fakten



Der Klimawandel, eine wachsende Weltbevölkerung und knapper werdende Ressourcen erhöhen den Handlungsdruck für eine Transformation in Richtung nachhaltige Wertschöpfung. Die Bioökonomie treibt diesen Wandel mit ihren vielfältigen technologischen Innovationen, welche die Etablierung einer emissions- und schadstoffarmen Produktion sowie einer kreislauforientierten Wirtschaft ermöglichen, voran. Damit eröffnet sie nicht nur Chancen für den Ressourcenschutz, sondern auch für neue Wertschöpfung und zukunftsfähige Arbeitsplätze.«

Prof. Dr. Reimund Neugebauer
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

2,2 Mio.
Menschen

arbeiten deutschlandweit in Unternehmen,
die Biomasse erzeugen und verarbeiten
(Stand 2019).¹

125 Mrd.
Euro

wurden in Deutschland im Jahr 2019
in der Bioökonomie erwirtschaftet.¹

114

öffentlich und intern geförderte Projekte

zum Thema Bioökonomie haben
Fraunhofer-Institute im Zeitraum
von 2016 bis 2021 durchgeführt.²

308 Mio.
Euro

hat der Bund im Jahr 2020 für Forschung und Entwicklung
im Bereich Bioökonomie investiert.³



Die Bioökonomie ist ein zentraler Schlüssel dafür, dass neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen Bereichen unserer Gesellschaft nachhaltig und wirtschaftlich umgesetzt werden können. Sie hat eine globale Dimension und wird derzeit von mehr als 50 Ländern als politisches und gesellschaftliches Leitthema vorangetrieben.«

Dr. Markus Wolperdinger
Institutsleiter Fraunhofer IGB

¹ Quelle: European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy

² Kriterien: Gewertet wurden Projekte, bei denen das Fördervolumen für die beteiligten Fraunhofer-Institute bei mindestens 1 Mio. € (Bundes- und Länderförderung) bzw. 500 T€ (EU) lag.

³ Quelle: Bundesbericht Forschung und Innovation 2022 (Daten und Fakten zum deutschen Forschungs- und Innovationssystem)



Innovationen für eine lebenswerte Zukunft

Foto: Fraunhofer IME | Christian Ahrens

Eine runde Sache – die zirkuläre Bioökonomie

Biogene Ressourcen effizient verarbeiten und sie möglichst lange im Kreislauf halten – danach strebt die Bioökonomie. Die Etablierung von Wertschöpfungskaskaden und die Nutzung aller anfallenden Wertstoff- und Nebenströme führen zu weitgehend geschlossenen Kreisläufen, wodurch die Menge an zusätzlich benötigten Materialien nicht weiter anwachsen soll. Motiviert durch diesen Anspruch, entwickeln Fraunhofer-Forschende ressourceneffiziente Ansätze, um bislang ungenutzte Potenziale für zirkuläre Wertschöpfungsketten zu erschließen.

Stoffkreisläufe schließen – mithilfe von Klärschlamm und Industrieabwässern

Eine Goldgrube für Reststoffe und deren Kreislaufführung sind kommunale Kläranlagen. Dies hat das Fraunhofer-Projekt »**EVOBIO**« eindrücklich gezeigt. »Die während des Projekts entwickelte Pilotanlage zur Hochlastfaulung erzeugt in der Kläranlage Ulm aus Klärschlamm einerseits Biogas und andererseits ein nährstoffreiches Schlammwasser, aus dem wertvolle Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff zurückgewonnen und zu Dünger aufbereitet werden können«, erklärt Dr.-Ing. Ursula Schließmann vom Fraunhofer IGB. Die Kläranlage der Zukunft könnte aber auch an Gemüsefarmen angekoppelt werden. Das nährstoffreiche Schlammwasser lässt sich ebenso nutzen, um Kopfsalat in sogenannten Hydroponiksystemen anzubauen. Hinzu kommt: Durch den Pflanzenanbau wird das Wasser gereinigt und eignet sich so zum Aufziehen von Speisefischen. Entsprechend haben die Forschenden ein Aquakulturbekken an die Hydroponiksysteme angeschlossen. Die Fische in dem Becken produzieren ihrerseits nährstoffreiches Wasser, das wiederum für den Salatanbau verwendet werden kann. »Das bedeutet, wir schließen Stoffkreisläufe und verwenden Nährstoffe nachhaltig mehrfach«, betont Dr. Johannes Bialon vom Fraunhofer IMTE.

Auf den Ergebnissen von EVOBIO aufbauend haben Fraunhofer-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Folgevorhaben »**EVOBIO-Demo**« ein Verfahren entwickelt, um aus Klärschlamm Methanol zu gewinnen, einen der wichtigsten Grundstoffe der chemischen Industrie. Methanol wird in der Regel auf Basis von Erdöl, Erdgas oder Kohle hergestellt. Bisher wird Anbau-Biomasse aus der Landwirtschaft als Kohlenstoffquelle genutzt, was jedoch zu Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenz führen kann. Mit den in der Fraunhofer-Gesellschaft entwickelten Verfahren nutzt die Industrie für die Produktion von grünem Methanol Synthesegas aus der thermochemischen Konversion von biogenen Reststoffen wie Klärschlamm. Im Projekt wurde zudem eine biotechnologische Produktionsroute für organische Säuren aus Methanol entwickelt.

Nicht nur kommunale Kläranlagen, auch Industriebetriebe bieten mit ihren Abwässern und Reststoffen enormes Potenzial für die Kreislaufwirtschaft. Im Projekt »**SmartBioH₂-BW**« bauen Fraunhofer-Forschende gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft eine Bioraffinerie in Rheinfelden auf, um Biowasserstoff und biobasierte Wertstoffe zu gewinnen. Sie verbindet einen Bioreaktor mit einer Mikroalgenanlage. Im Bioreaktor entstehen aus dem Abwasser mithilfe von Purpurbakterien Wasserstoff und als Nebenprodukt Carotinoide – spezielle Farbstoffe – sowie CO₂. Das CO₂ wandert in die Mikroalgenanlage, die ebenfalls Wasserstoff produziert, aber auch Proteine und den Lebensmittelfarbstoff Lutein.

EVOBIO

IMTE	IAP	IBP	LBF	ICT	IGB
WKI	IMS	IMWS	IMM	IME	
IOSB	IST	ISC	UMSICHT	IVV	
IZFP	IMW				

EVOBIO-Demo

UMSICHT	IGB	IMW
---------	-----	-----

SmartBioH₂-BW

IGB	IPA
-----	-----



Foto: Fraunhofer IGB

Aus Reststoff wird Rohstoff – neue Chancen für die Lebensmittelindustrie

WeRümA

WKI UMSICHT

Eine weitere Quelle von Reststoffen bietet die Lebensmittelindustrie. Jedes Jahr fallen bei der Zuckergewinnung aus Rüben 2,9 Mio. Tonnen Rübenschnitzel an. Diese werden traditionell vor allem als Tierfutter sowie zur Herstellung von Biogas verwendet. Sie lassen sich aber auch anders und sogar höherwertiger einsetzen: In Verbundwerkstoffen oder als Bestandteil von Kunststofffolien. Fraunhofer-Institute haben gemeinsam mit Partnern im Projekt »WeRümA« Holzfaserplatten mit reduziertem Klebstoffanteil und Mulchfolien zum Abdecken von Ackerflächen und Gartenbeeten auf Basis von Rübenschnitzeln entwickelt. Der doppelte Vorteil: So lässt sich der Verbrauch von fossilen Rohstoffen reduzieren und Zuckerherstellenden bietet sich eine zusätzliche Einnahmequelle.

HyperBioCoat

IWKS ISC

Auch Reststoffe, welche bei der Produktion von Fruchtsäften wie Apfelsaft anfallen, können nutzbringend verwendet werden: Im Projekt »HyperBioCoat« haben Fraunhofer-Forschende sowie ihre Partner daraus eine biobasierte und biologisch abbaubare Beschichtung für Folien, Schalen und Flaschen aus Kunststoff oder Naturwachs hergestellt. Mit ihr ließe sich fossilbasierter Plastikmüll deutlich reduzieren. Die bioORMOCER®-Barrierschicht lässt sich gut verarbeiten und kann sowohl mit herkömmlichen als auch mit kompostierbaren Verpackungsmaterialien kombiniert werden. Sie erhöht sogar die Schutzwirkung wie zum Beispiel die Sauerstoffbarriere von Kunststoffverpackungen. Geeignet ist die Beschichtung beispielsweise für Lebensmittel- sowie Kosmetikverpackungen.

Bio statt Erdöl – auch die Kunststoffindustrie kann zirkulär wirtschaften

AIPLACo

IAP

Ein inzwischen weit verbreiteter Ersatz für erdölbasiertes Plastik ist biobasierte Polymilchsäure (PLA). Gemeinsam mit Wirtschaftsunternehmen wird im Projekt »AIPLACo« ein Monomaterialkomposit entwickelt, das, im Gegensatz zu herkömmlichen Faserverbundwerkstoffen vollständig aus PLA besteht. Dadurch soll insbesondere die Rezyklierbarkeit enorm verbessert werden, da aufwändige Trennschritte entfallen. Eine realisierte Verbesserung der thermischen Eigenschaften von PLA soll dem Material zudem Applikationen im technischen Segment beispielsweise in der Automobil- oder Textilbranche ermöglichen.

Fraunhofer Cluster of Excellence Circular Plastics Economy CCPE®

IAP ICT IML IVV LBF

UMSICHT

Im »Fraunhofer Cluster of Excellence Circular Plastics Economy« (CCPE®) bündeln sechs Fraunhofer-Institute Kompetenzen und Infrastrukturen, um Lösungen für zirkuläres Wirtschaften in der Kunststoffindustrie zu entwickeln, zum Beispiel für Stabilisatoren, die bislang auf Erdöl basieren. Stabilisatoren sind wichtige Zusatzstoffe, um Kunststoffe verarbeiten zu können und deren Lebensdauer zu verlängern. Die im Cluster CCPE® entwickelten Biostabilisatoren aus nachwachsenden Rohstoffen sind den herkömmlichen Produkten in Bezug auf die Nachhaltigkeit weit überlegen und können sowohl in neuen als auch in recycelten Kunststoffen eingesetzt werden.

Ein Manko von Kunststoffen, die beispielsweise biobasierte Füllstoffe oder Naturstofffasern enthalten, ist der intensive, oft unangenehme Geruch. Ihre Anwendung ist daher beschränkt, beispielsweise in Innenräumen im Bereich Bau und Mobilität. Im Cluster CCPE® haben Fraunhofer-Forschende eine Geruchssperrschicht mit speziellen Additiven unter anderem für den Sandwich-Spritzguss entwickelt, die erfolgreich verhindert, dass Gerüche aus Kunststoffbauteilen austreten.

Testen und mehr austauschen – der schnellere Weg zur Kreislaufwirtschaft

In Deutschland gibt es zahlreiche Projekte und Vorhaben, die sich mit Innovationen für die Kreislaufwirtschaft beschäftigen. Das Problem: Es existierte bislang keine Koordination und zu wenig Austausch zwischen den Gruppen. Deutschlandweite Netzwerke, die »**CIRCONOMY® Hubs**«, bilden die Infrastruktur für eine erfolgreiche Zusammenarbeit. Die Mission der Transformation zu einer nachhaltigen und zirkulären Wirtschaft verbindet die Akteure. In jedem Hub arbeiten Fraunhofer-Institute gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft an systemischen und technischen Lösungen zu verschiedenen Themenschwerpunkten der Kreislaufwirtschaft, wie beispielsweise zirkulären Kohlenstoffsystemen oder Recycling für Bauabbruch. Von den Erkenntnissen und Innovationen profitieren alle Beteiligten des Netzwerks durch transparenten Wissensaustausch.

Mit einem Online-Tool können Unternehmen selbst testen, wie gut ein Produkt oder Herstellungsprozess die Prinzipien der Circular Economy erfüllt. Der »**Circular Readiness Level®**« (CRL)-Check des Fraunhofer Clusters CCPE® liefert außerdem Anregungen, an welchen Stellen Unternehmen Verbesserungen vornehmen können.

CIRCONOMY® Hubs

UMSICHT	IAIS	IBP	IPA	ISE
IWU	IAP	ICT	IEG	IGB
IME	IMW	IST	IVV	LBF
IWKS				

Circular Readiness Level®

IAP	ICT	IML	IVV	LBF
UMSICHT				

Foto: Fraunhofer IVV

Geruchstest bestanden – spezielle Sperrschichten, die Fraunhofer-Institute im Cluster of Excellence Circular Plastics Economy CCPE® entwickelt haben, verhindern das Austreten von unangenehmen Gerüchen aus Biokunststoffen.





Eine klimaneutrale Kreislaufwirtschaft auf der Basis von Holz ist das Ziel des Verbundprojekts »H₂Wood – BlackForest«. Fraunhofer-Forschende entwickeln entsprechende biotechnologische Verfahren, um aus Holzabfällen eine Vielzahl von biobasierten Produkten herzustellen.

Foto: Fraunhofer IPA | Joerg-Dieter Walz

Rohstoffe der Bioökonomie – Quellen für nachhaltige und innovative Produkte

Die Bioökonomie hat das Ziel, die Nutzung fossiler Rohstoffe auf ein Minimum zu reduzieren. Durch die Entwicklung neuer Technologien werden nachwachsende Rohstoffe, CO₂ aus der Atmosphäre und biogene Reststoffe in möglichst kreislauffähige Produkte umgewandelt.

Weitergedacht – (Rest-)stoffe aus Land- und Forstwirtschaft als Ressourcen

Biobasierte Carbonfasern

IPA

Carbonfasern gelten als das »schwarze Gold« des Leichtbaus – einer Schlüsseltechnologie für die Energie- und Klimawende. Weniger Masse benötigt weniger Energie für deren Bewegung. Die extrem steifen, festen und dazu noch leichten Carbonfasern ermöglichen zum Beispiel die Konstruktion ultraleichter Rennräder. Noch wichtiger aber sind Anwendungen in Flugzeugbau, Windkraftanlagen und zunehmend im Automobilbau. Jedoch sind die Fasern gegenwärtig teuer, erdölbasiert und CO₂-intensiv. »Diesen Herausforderungen stellen wir uns am Fraunhofer IAP«, erklärt Dr. Jens Erdmann. Gemeinsam mit einem Industriepartner werden »**biobasierte Carbonfasern**« auf der Grundlage von Holz entwickelt. Die Vorteile: günstige, biobasierte Ausgangsstoffe und keine Emission von toxischen Gasen bei der Herstellung. Die Pilotphase der Entwicklung zusammen mit weiteren Industriepartnern ist bereits eingeleitet.

H₂Wood – BlackForest

IGB IPA

Das Verbundprojekt »**H₂Wood – BlackForest**« setzt ebenfalls auf Holz – genauer auf Holzabfälle, die nach ihrer Nutzung mit Lacken oder Klebstoffen verunreinigt sind und derzeit kostenintensiv entsorgt werden müssen. Für eine nachhaltige, regionale Wertschöpfung und mit dem Ziel einer klimaneutralen Kreislaufwirtschaft will das Projekt diese Abfälle mithilfe von Mikroalgen und Bakterien zur regenerativen Wasserstoffherzeugung nutzen. Hierbei werden durch kombinierte biotechnologische Prozesse klimaneutraler Biowasserstoff sowie zusätzlich verwertbare Stoffe wie Carotinoide oder Proteine hergestellt. »Anhand einer modular aufgebauten Demonstrationsanlage werden die neuen technischen Verfahren vor Ort erprobt«, so

Dr.-Ing. Ursula Schließmann vom Fraunhofer IGB. Aus der Bewertung des Energieverbrauchs verschiedener Sektoren werden weiterhin Potenziale zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen einer dezentralen Wasserstoffherzeugung und -nutzung abgeleitet. »Die Ergebnisse fassen wir in einer Wasserstoff-Roadmap für den Schwarzwald zusammen«, betont Dr.-Ing. Erwin Groß vom Fraunhofer IPA.

Nicht nur Holz-, sondern auch Gärreste aus der regionalen Land- und Forstwirtschaft werden als Ressourcen genutzt. Im Projekt »**RUBIO**« arbeiten zwei Fraunhofer-Institute mit Partnern an der Marktetablierung des biologisch abbaubaren Kunststoffes Polybutylensuccinat (PBS). Dessen Ausgangsstoffe lassen sich sowohl fossil als auch – wie im Projekt vorgesehen – aus Glukose herstellen. »Einer der großen Vorteile ist es, dass die Ausgangsrohstoffe gut verfügbare pflanzliche Reststoffe sind. Somit besteht keine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln, wie etwa bei Bio-Kunststoffen auf Basis von Rohrzucker«, sagt Dr.-Ing. Patrick Hirsch, der das Projekt am Fraunhofer IMWS koordiniert. »RUBIO« verdeutlicht: Die Anforderungen an biobasierte Kunststoffe sind hoch, es ist eine Gratwanderung zwischen guten technischen Eigenschaften und Konkurrenzfähigkeit.

RUBIO

IMWS IAP

Nachhaltige Industrie vorantreiben

Die Suche nach biobasierten Kunststoffen geht deshalb weiter. Im Projekt »**PHB2Market**« ist es gelungen, mit Polyhydroxybutyrat (PHB) einen vielversprechenden biobasierten und biologisch abbaubaren Kandidaten auf seine Markttauglichkeit zu prüfen und zu verbessern. Entwickelt wurde ein PHB-Komposit, das die Schwächen von PHB behebt, ohne dessen Stärken zu verlieren. Überprüft wurde die Funktionalität an zwei Praxisbeispielen: der Herstellung einer Frisbee-Scheibe und der von Filamenten für den 3D-Druck von Würfeln oder Zahnrädern. Es entstand eine Formulierung, die im Spritzgießverfahren für höherwertige Anwendungen geeignet ist und neben einer hohen Schlagzähigkeit eine ausreichend hohe Festigkeit aufweist und diese industriell wichtigen Eigenschaften auch über die Zeit behält.

PHB2Market

ICT

Dass ein Schadstoff sogar zur Ressource werden kann, belegt das Projekt »**eBioCO₂n**«. Die Forschenden nutzen CO₂ – Haupttreiber des Klimawandels – als Rohstoff für die chemische Industrie. Durch den Einbau von CO₂ in biologische Moleküle können Grundstoffe und aus diesen Spezialchemikalien für Pharma- und Lebensmittelindustrie sowie Agrarwirtschaft hergestellt werden. Hierzu wurden verschiedene Ansätze aus Bioelektrochemie, Enzymbiologie und synthetischer Biologie kombiniert und spezielle Bioelektroden entwickelt, um mit Strom aus erneuerbarer Energie Enzyme anzutreiben, die in einer gekoppelten Reaktion ähnlich der Photosynthese organische Moleküle aus dem Treibhausgas herstellen. Ziel ist es, damit CO₂ direkt aus der Luft abzuscheiden: »Das Verfahren könnte dann nicht nur dazu beitragen, dass die Industrie auf fossile Rohstoffe verzichten kann, sondern durch die CO₂-Reduktion die Klimawende außerdem aktiv vorantreiben«, erklärt Dr. Michael Richter vom Fraunhofer IGB.

eBioCO₂n

IGB

Eine nachhaltige und ressourceneffiziente Industrie setzt unter anderem auf die Nutzung von Biomasse. Hierfür bedarf es neuer biotechnologischer und chemischer Prozesse – und Einrichtungen, die diese Prozesse skalieren und produktrelevante Dimensionen erreichen lassen: Das Fraunhofer CBP in Leuna schließt die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung. Ein Beispiel ist das Projekt »**XyloSolv**«, in dem hochwertige Intermediate aus Buchenholz gewonnen werden. Zunächst wurde das Extraktionsverfahren eines Industriepartners am CBP in den Pilotmaßstab skaliert, um aus Buchenholzschnitzeln Xylan zu gewinnen. Im Projekt wurde dann dieser Prozess anschließend mit einem weiteren Fraktionierungsschritt – dem ethanolischen Organosolv-Aufschluss – gekoppelt. So lassen sich auch die Lignin- und Faserfraktionen gewinnen und damit alle Holzbestandteile stofflich verwerten. »Auf diese Weise gewinnen wir mit unseren Partnern Xylan und Lignin in einer bisher nicht verfügbaren Qualität, wodurch Anwendungen in der Pharmazie, Kosmetik oder als Nahrungsergänzungsmittel möglich werden«, erklärt Dr. Christine Rasche vom Fraunhofer CBP.

XyloSolv

IGB CBP

Erfolgreich im Einsatz – biobasierte Materialien und ihre Anwendungsfelder

Bioconcept-Car

WKI

Dass es bereits viele biobasierte Materialien bis zur Marktreife geschafft haben, zeigt der Porsche 718 Cayman GT4 Clubsport, der 2019 als das erste in Serie produzierte Rennfahrzeug mit Naturfaser-Karosseriebauteilen vorgestellt wurde. Die Entwicklung und Prüfung der naturfaser-verstärkten Biokunststoffe für Tür und Heckflügel fand im Projekt »**Bioconcept-Car**« unter Federführung der Fraunhofer-Gesellschaft statt. Bis 2023 wollen die Forschenden den Anteil nachwachsender Rohstoffe in den Karosserieteilen maximieren und damit einen serienfähigen Einsatz im Straßenverkehr anstreben. Damit kann nicht nur die ökologische Bilanz von Fahrzeugen verbessert werden, auch aus wirtschaftlicher und technologischer Sicht ist der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen interessant und zeitgemäß.

RegScha

IMWS

Auch andere Automobilprodukte können mittlerweile auf Basis biobasierter Verbundwerkstoffe wie Bastfasern oder Cellulose hergestellt werden. Im Projekt »**RegScha**« haben Forschende aus regenerativen Materialien Kindersitzschalen entwickelt. Die biopolymerbasierten naturfaserverstärkten Kunststoffe lassen sich effizient verarbeiten – beispielsweise mithilfe von Hybrid-Spritzguss – und weisen gegenüber erdölbasierten Kunststoffen und synthetischen Verstärkungsfasern keine Nachteile hinsichtlich der Performance auf. Der gesellschaftliche Mehrwert liegt in der verbesserten Ökobilanz und der steigenden Unabhängigkeit von petrochemischen Rohstoffen, indem regionale und nachwachsende Rohstoffe verwendet werden.

OrganoPor | OrganoPor_Fassade

LBF

In der Baubranche steigt ebenfalls das Interesse an ressourcenschonenden Werkstoffen. Bislang nutzten Bauleute vor allem erdölbasierten Polystyrolschaum (EPS) oder nur mit hohem Energieaufwand herstellbare Mineralwolle als Dämmstoff. Fraunhofer-Forschende haben im Projekt »**OrganoPor**« und im Folgeprojekt »**OrganoPor_Fassade**« erstmals ein biobasiertes Hybridmaterial entwickelt, das wirtschaftlich überzeugt. Das Konsortium setzt dabei auf Rest- und Abfallstoffe wie Kork- oder Maisspindelschrot. Die Partikel aus den nachwachsenden Rohstoffen werden mit Harzen auf Basis von Lignin beschichtet und mit mineralischem Flammschutzmittel zur Dämmplatte verpresst. Der Vorteil: Es handelt sich um ein bestehendes, marktgängiges Prinzip.

BoraWell

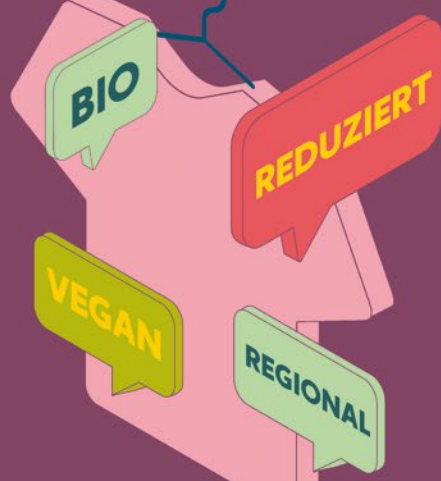
IFAM

Eine Produktklasse, die man in nahezu allen Branchen findet, sind Klebstoffe. Auch in Verpackungen sind sie Schlüsselkomponenten und meist anwendungsspezifisch optimiert. Die meisten kommerziellen Klebstoffe sind jedoch synthetisch, umso erstrebenswerter ist aufgrund der Ressourceneffizienz eine Herstellung auf Basis nachwachsender Rohstoffe wie Stärke, Cellulose oder Proteinen. Nicht zuletzt durch den florierenden Onlinehandel steigt der Bedarf an Wellpappe massiv. Fraunhofer-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist es im Projekt »**BoraWell**« gelungen, durch eine neuartige Vernetzung des zur Pappenherstellung verwendeten stärkebasierten Klebstoffs auf den schädlichen Bestandteil Borax zu verzichten. »Die Ergebnisse zeigen, dass unsere Klebstoffe in vielen Bereichen synthetischen Pendanten mindestens ebenbürtig sind, aber sie müssen ebenso wie die bisherigen für den jeweiligen Anwendungszweck optimiert werden«, erklärt Prof. Dr. Andreas Hartwig vom Fraunhofer IFAM.

Neuartige, biobasierte Fassadendämmstoffe stehen im Fokus des Projekts »OrganoPor«. Das Dämmmaterial soll CO₂-neutral oder mittels Recycling sogar CO₂-negativ sein und so einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Foto: Fraunhofer LBF





GELD ODER UMWELTLIEBE?

Nachhaltigkeit ist vielen Menschen sehr wichtig. Doch nachhaltige Produkte müssen zu einem wettbewerbsfähigen Preis angeboten werden.

Grafik: CERRI, Fraunhofer IAO

Transparenz erwünscht – Bioökonomie im Dialog mit der Gesellschaft

Eine nachhaltige Lebens- und Wirtschaftsweise erfordert mehr als die bloße Verbindung biobasierter Innovationen mit ökonomischen Strategien. Benötigt wird eine umfassende gesellschaftliche Transformation. Die kann nur gelingen, wenn Wirtschaft, Politik, Forschung und Gesellschaft gemeinsam an einem Strang ziehen. Die Grundlage bilden zum einen transparente Informationen, zum anderen die gemeinsame Diskussion über Chancen, Risiken und Zielkonflikte, um dadurch eine aktive Beteiligung der Gesellschaft zu erreichen.

All dies sind auch wichtige Bestandteile der Nationalen Bioökonomiestrategie. Darin betont die Bundesregierung, dass es wie bei allen tiefgreifenden Wandlungsprozessen gilt, Impulse und Bedenken frühzeitig aufzugreifen und eine sachgerechte öffentliche Debatte zu unterstützen. Wie verschiedene Interessen und Bedürfnisse berücksichtigt werden können und welche Kommunikationswege am besten geeignet sind, untersuchte das Projekt »**BioDisKo**«. Dafür analysierten Bürgerinnen und Bürger gemeinsam mit Expertinnen und Experten Entwicklungspfade für Biomasseprodukte sowie mögliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt.

Die Motivation der Menschen, die Bioökonomie mitzugestalten, ist vorhanden. Das zeigt eine deutschlandweite Onlinebefragung zu bioökonomischen Innovationen und Lebensqualität in Stadt und Land, die im Projekt »**Stadt.Land.Chancen**« durchgeführt wurde. Über 80 Prozent der Befragten möchten frühzeitig über Zukunftsthemen informiert werden und die Entwicklung ihrer Umgebung aktiv mitgestalten. Ein weiteres zentrales Ergebnis der Umfrage, an der sich fast 9000 Bürgerinnen und Bürger beteiligten: Grundsätzlich besteht der Wunsch, bioökonomische Innovationen für mehr Nachhaltigkeit zu nutzen. Regionale Lebensmittel, grüne Mobilität und kreislauffähiges Bauen waren den Teilnehmenden besonders wichtig. Aber: Oft werden nachhaltige Produkte als Luxusgut wahrgenommen. Dementsprechend ist Bezahlbarkeit eine wichtige Anforderung an bioökonomische Innovationen.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass neben Entscheiderinnen und Entscheidern auch Bürgerinnen und Bürger Informationen benötigen – über vielversprechende biobasierte Innovationen, deren Vorteile und welche aktuellen Probleme damit zu lösen sind. Im durch Fraunhofer-Forschende koordinierten Projekt »**Bio-based Innovations**« wurden europaweit die 50 strategisch wichtigsten biobasierten Innovationen ermittelt und bewertet. Solche Untersuchungen bilden die fachliche Grundlage für partizipative Prozesse, mit denen letztlich auch Legitimation und Akzeptanz in der Gesellschaft erworben werden soll.

BioDisKo

UMSICHT

Stadt.Land.Chancen

IAO

Bio-based Innovations

ISI



Foto: Fraunhofer IVV

Bringt eine bunte Vielfalt an Akteuren zusammen: Im Innovationsraum »NewFoodSystems« treffen interessierte Akteure aus der Lebensmittel- und Ernährungsforschung auf Akteure aus der Lebensmittelwirtschaft, um gemeinsam an neuen Ansätzen für die Ernährung von morgen zu arbeiten und bioökonomische Innovationen anzustoßen.

Vom Feld auf den Teller – nachhaltige und resiliente Produktion von Lebensmitteln

Die Ernährungssicherheit einer stetig wachsenden Weltbevölkerung gehört zu den großen Herausforderungen der Gegenwart. Tierische Produkte wie Fleisch und Milch können den globalen Proteinbedarf langfristig nicht decken, ohne massive ökologische, ökonomische und soziale Probleme zu verursachen. Gefragt sind innovative Nahrungsmittel, Technologien und Anbaumethoden.

Alternative Proteinquellen und nachhaltige Anbaumethoden

FutureProteins

IME IVV IWU IGB IOSB
UMSICHT

Das Fraunhofer-Leitprojekt »**FutureProteins**« stellt sich den Herausforderungen und optimiert nachhaltige und resiliente Anbausysteme und Prozesse, um alternative Proteinquellen mit attraktivem ernährungsphysiologischem und sensorischem Profil zu etablieren. Sechs Fraunhofer-Institute setzen dabei auf nährstoffreiche Proteine aus ausgewählten Pflanzen, Insekten, Pilzen und Algen, die in geschlossenen Kreisläufen angezogen werden. Durch die Nutzung von Energie-, Abfall- und Abwasserströmen aus den Anbausystemen werden zudem geschlossene und kosteneffiziente Kreisläufe entlang der Wertschöpfung geschaffen. Einer der Pluspunkte: Die Proteinquellen können ganzjährig klimaunabhängig angebaut werden. Zudem sind geschlossene Systeme ressourcenschonender im Vergleich zum herkömmlichen Feldanbau. »Vertical Farming« für Pflanzen beispielsweise benötigt lediglich 5 Prozent des Wassers und 50 Prozent weniger Dünger, auf Pestizide wird sogar gänzlich verzichtet.

Auch der Innovationsraum »**NewFoodSystems**« hat sich die Ernährungssicherheit und -sicherung auf die Fahnen geschrieben. Die Idee der Plattform: Akteure aus der Lebensmittel-forschung und -industrie zusammenzubringen, um im Schulterschluss Proteinquellen sowie neue Anbau- und Herstellungsverfahren für nachhaltige, alternative Lebensmittel zu erschließen. Neben der Entwicklung neuer proteinreicher Lebensmittel, wie beispielsweise pflanzliche Käsealternativen, spielt dabei eine sogenannte Proteindatenbank eine wesentliche Rolle. Mit Hilfe künstlicher Intelligenz soll es Lebensmittelherstellenden ermöglicht werden, auf Basis der gewünschten Eigenschaften tierische Proteine durch nachhaltige Alternativen zu ersetzen. Der ganzheitliche Bewertungsansatz berücksichtigt Qualität und Sicherheit genauso wie Wirtschaftlichkeit, Marktfähigkeit, Nachhaltigkeit, Verbraucherakzeptanz und den rechtlichen Rahmen. Nur so lassen sich die Produkte erfolgreich in den Markt überführen.

NewFoodSystems

IVV IGB IME

Nutzung von Reststoffen als nachhaltige Futterquelle

Im Projekt »**INFeed**« wird eine baukastenbasierte Plattformtechnologie entwickelt, um eine nachhaltige und geschlossene Aquakultur für Speisegarnelen unter Nutzung von Futterinsekten zu etablieren. Bisher werden Shrimps und hochwertige Fische in der Aquakultur oft mit Fischmehl aus dem Wildfang gefüttert. Damit verschärft sich aber die Problematik der weltweiten Überfischung. Die Insekten in »INFeed« werden mit Resten aus der lokalen Lebensmittelverarbeitung aufgezogen, um damit die Produktion hochwertiger und gesunder Nahrungsmittel – in diesem Projekt Garnelen – zu forcieren. Die Forschenden setzen dabei auf ein geschlossenes Kreislaufsystem und nachhaltige Anlagentechnik: wenig Fläche und effiziente Materialien bei automatisierter Überwachung und Steuerung der Zucht. »Dieser Ansatz einer flexiblen Lebensmittelproduktion auf Basis lokaler, biogener Stoffströme unter Nutzung von Futterinsekten zielt darauf ab, hochwertiges und gesundes Essen vor Ort zu erzeugen: Urban Farming als ein Konzept für nachhaltige Aquakultur«, erklärt Dr. Stefan Hanstein vom Fraunhofer IWKS.

INFeed

IWKS IME

Die Nutzung von Reststoffströmen steht auch beim Projekt »**LaMuOpt**« im Fokus. Bei der Algen- und Muschelzucht in Aquakulturanlagen fallen Nebenprodukte wie beispielsweise Algentrester und für den Verkauf zu kleine Muscheln an, die bislang ungenutzt geblieben sind. Das Projekt will diese »Reste« zum einen als Fischfutter in Aquakulturen und zum anderen beispielsweise in Muschelbrottaufstrich oder Algenpesto verwerten. »Die Muscheln und Algen werden in der Ostsee gezüchtet und wirken der Eutrophierung der Meere entgegen. Zusätzlich benötigen die Algen und Muscheln weder Ackerland noch Dünger noch frisches Wasser«, erklärt Projektleiterin Dipl.-Ing. (FH) Elke Böhme vom Fraunhofer IMTE. Durch die Nutzung der Beiprodukte der gezüchteten Tiere und Pflanzen kann der Output erhöht und damit die Effizienz der Aquakulturanlagen gesteigert werden.

LaMuOpt

IMTE



Mit der nachhaltigen Nutzung von Reststoffen in Aquakulturen befassen sich Fraunhofer-Forschende in den Projekten »INFEED« und »LaMuOpt«.

Foto: Fraunhofer IMTE

»Smart Farming« – Vernetzung von Landwirtschaft und Digitalisierung

Fraunhofer-Zentrum für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming

IVV IIS EMFT IGD IGP

Den Umweltschutz fördern und gleichzeitig die Lebensmittelversorgung sichern, das will das »**Fraunhofer-Zentrum für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming**« erreichen. Robotik und Künstliche Intelligenz spielen dabei eine wegweisende Rolle. Expertinnen und Experten der Agrarökonomie, Biologie, Ingenieurwissenschaft sowie der grafischen Datenverarbeitung aus fünf Fraunhofer-Instituten entwickeln Technologien für eine intelligente Landnutzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette – vom Saatgut über die Lebensmittelverarbeitungstechnik bis zum veredelten Produkt. Die hochindividualisierten und bedarfsorientierten Technologien sollen unter anderem den Landwirtinnen und Landwirten helfen, ihre Pflanzen optimal mit Nährstoffen zu versorgen und beste Wachstumsbedingungen für Nutztiere zu schaffen. Alle Lösungen zielen darauf ab, die heimische Lebensmittelproduktion langfristig zu sichern und den regionalen Landwirtschaftsbetrieben eine ökonomisch lukrative Perspektive zu bieten. Zudem sollen die entwickelten digitalen Technologien durch die Inwertsetzung von Ökosystemleistungen neue Geschäftsfelder wie CO₂-Wertschöpfung und Biodiversität erschließen.

Cognitive Agriculture

IESE IFF IKTS IOSB IPM
IPA ITWM IVI

Digitale und automatisierte Technologien stehen auch im Fraunhofer-Leitprojekt »**Cognitive Agriculture**« im Mittelpunkt. Acht Fraunhofer-Institute erforschen gemeinsam, wie landwirtschaftliche Betriebe in einer digitalisierten Welt hohe Ernteerträge im Einklang mit weiteren Zielen wie Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz oder Produktqualität erwirtschaften können. So beseitigen beispielsweise Agrarroboter Beikräuter und Sensoren erfassen Boden- und Pflanzenkennwerte zur Entscheidungsunterstützung. Mithilfe innovativer Konzepte für Automatisierungen und neuartiger Sensorik baut die Fraunhofer-Gesellschaft ein datenbasiertes landwirtschaftliches Ökosystem auf – einen »Agricultural Data Space«, der zum Meilenstein in der digitalisierten Landwirtschaft werden soll.

Ziel des »Fraunhofer-Zentrums für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming« ist ein ganzheitlicher Wandel der Landwirtschaft hin zu innovativen Verarbeitungskonzepten. Das Zentrum soll zudem die Keimzelle für regionale Innovationsökosysteme bilden.



Zur Steuerung des Bodenklimas und damit zur Steigerung bzw. Sicherung der Erträge setzen Landwirtschaft und Gartenbau heutzutage vielerorts Mulchfolien ein. Derzeit sind überwiegend Folien auf dem Markt, die größtenteils aus erdölbasiertem Polyethylen hergestellt werden und nach der Ernte aufwändig eingesammelt und entsorgt werden müssen. Dabei bleiben Folienreste zurück, die Mikroplastik freisetzen und Böden dauerhaft belasten. Im Projekt »NewHyPe« wird an einer umweltfreundlichen Alternative geforscht und auf papierähnliche Folien auf Zellulose-Basis gesetzt, welche sich im Boden nach kurzer Zeit zersetzen. Die Herausforderung: Papier baut sich zu schnell ab. Um zu gewährleisten, dass die biobasierten Folien die Ackerbausaison überstehen, werden sie mit einer Funktionsbeschichtung stabilisiert. »Kompostierbares Papier anstelle von Kunststoffolie wäre ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz«, sagt Dr. Klaus Rose, Wissenschaftler am Fraunhofer ISC.

NewHyPe

ISC

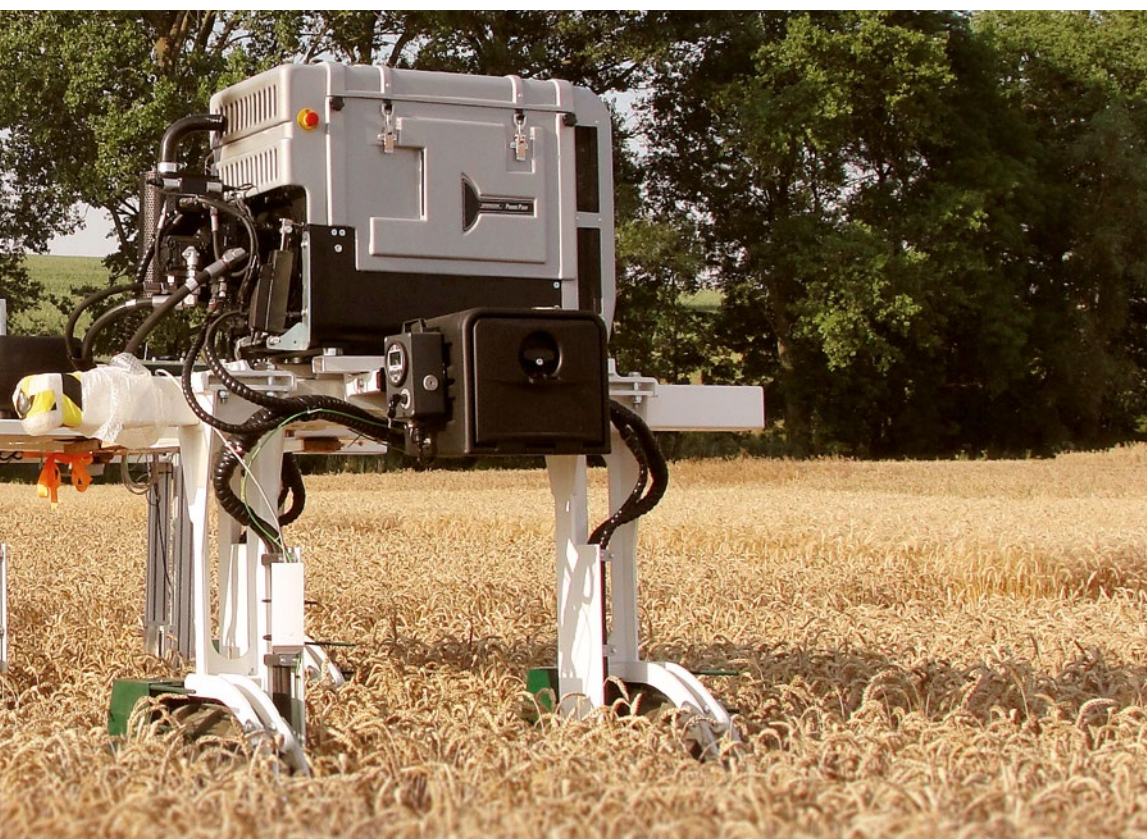
Regionaler Anbau von Heil- und Medizinalpflanzen

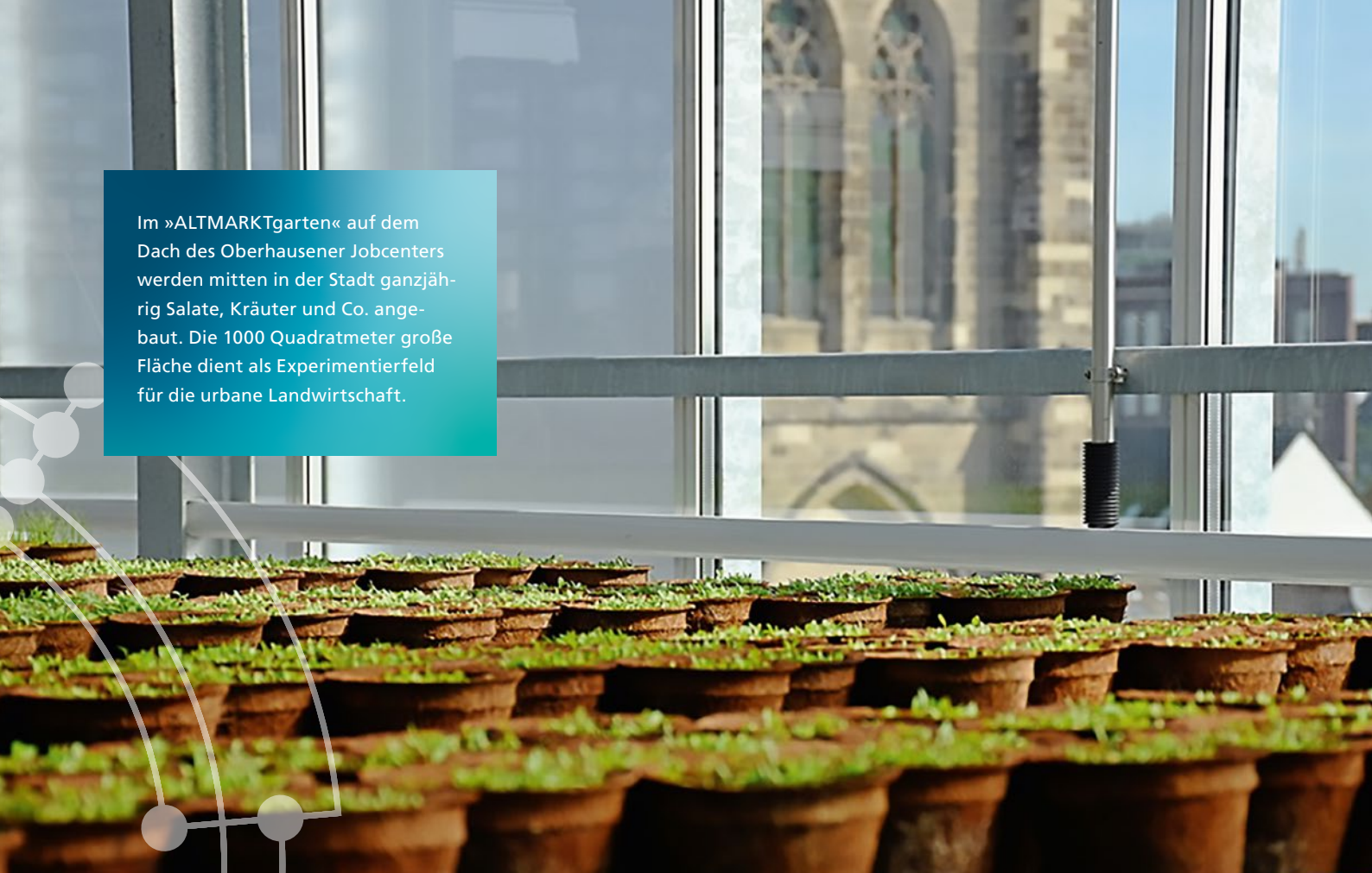
Im Rahmen des Innovationsclusters BioökonomieREVIEW zur Förderung des Strukturwandels im Rheinischen Revier leistet das Innovationslabor »Circular PhytoREVIEW« (vormals »AZUR«) einen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung in der Landwirtschaft und im Heilpflanzenanbau. Weltweit werden rund 50 000 Pflanzenarten medizinisch genutzt, aber nur 900 davon kultiviert. Dementsprechend wird heute noch ein Großteil der Rohware der freien Natur entnommen, wodurch einige Arten im Bestand bereits stark gefährdet sind. Auch eine gleichbleibend hohe Produktqualität des Pflanzenmaterials lässt sich auf diese Weise nicht gewährleisten. Die Lösung: ein kontrollierter Anbau auf Ackerflächen oder in Indoor-Farming-Systemen, bei dem durch definierte Parameter die Wirkstoffausbeute erhöht werden kann. Erste Ergebnisse hat das 2021 beendete Innovationslabor »AZUR« für die Heilpflanze Arnika geliefert. Nun gehen die Forschenden einen Schritt weiter und wollen weitere hochqualitative Heil- und Medizinalpflanzen züchten. Damit lässt sich nicht nur die Artenvielfalt im Rheinischen Revier steigern, sondern auch eine zusätzliche, profitable Einkommensquelle für Landwirtinnen und Landwirte erschließen.

Circular PhytoREVIEW
(vormals AZUR)

IME UMSICHT

Foto: Fraunhofer IIS





Im »ALTMARKTgarten« auf dem Dach des Oberhausener Jobcenters werden mitten in der Stadt ganzjährig Salate, Kräuter und Co. angebaut. Die 1000 Quadratmeter große Fläche dient als Experimentierfeld für die urbane Landwirtschaft.

Foto: SBO

Nachhaltiges Leben und Wirtschaften für eine gesunde Welt

Um Klimakrise und zunehmender Umweltverschmutzung zu begegnen, ist der Wandel unseres Lebensstils unumgänglich. Damit unsere Welt lebenswert bleibt, müssen wir sorgsamer mit Ressourcen wie etwa Wasser und Böden umgehen und nachhaltig wirtschaften.

Die Umwelt schonen und Geld sparen – warum Wasseraufbereitung wichtig ist

Effiziente Wasseraufbereitung – EWA

IFAM | ISC | IGB | IKTS | ISE

Wir verbrauchen täglich große Mengen Wasser: In unseren Haushalten, in der Landwirtschaft zum Bewässern der Felder sowie in der Industrie als Kühl- oder Prozesswasser. Bei manchen Industrieprozessen wird das verwendete Wasser jedoch stark verunreinigt, wie etwa beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. Im Projekt »**Effiziente Wasseraufbereitung – EWA**« wurde unter anderem ein Verfahren entwickelt, mit dem sich das Prozesswasser so aufbereiten lässt, dass es wieder in den Wasserkreislauf zurückgeführt werden kann. Zudem können wertvolle Batteriematerialien aus dem Wasser zurückgewonnen werden, welche sich in neuen Batteriezellen erneut nutzen lassen. »Da teure und giftige Chemikalien wegfallen, schont unser Verfahren die Umwelt und spart Ressourcen sowie Geld«, sagt Dr. Jens Glenneberg vom Fraunhofer IFAM.

Abwasserreinigung ist auch in Schwellenländern eine große Herausforderung, etwa in der indischen Küstenstadt Kochi. Weniger als sechs Prozent der Haushalte sind dort an die Kanalisation angeschlossen, sieben von zehn Haushalten nutzen stattdessen private Klärgruben. Der größte Teil des Abwassers fließt ungeklärt in die Umwelt. In der »**Fraunhofer Morgenstadt Global Smart Cities Initiative**«, die Städte bei der nachhaltigen Entwicklung und Anpassung an den Klimawandel unterstützt, wurde gemeinsam mit Akteuren vor Ort ein Konzept für die dezentrale Reinigung der Haushaltsabwässer und das Kompostieren von organischen Abfällen entwickelt. Das Konzept ist Teil einer Roadmap, zu der auch Maßnahmen gegen immer häufiger auftretende Überschwemmungen gehören. »Diese Vorschläge eignen sich als Blaupause für alle Städte mit ähnlichen Rahmenbedingungen«, betont der Leiter des City Lab Kochi, Dr.-Ing. Marius Mohr vom Fraunhofer IGB.

Fraunhofer Morgenstadt Global Smart Cities Initiative

IGB IAO IBP ISE ISI

Risiken erkennen und vermeiden – für sauberes Wasser und gesunde Böden

Um die Gefahren schädlicher Substanzen auf unsere Umwelt zu reduzieren, ist vor allem eines notwendig: stetiges Monitoring. Dies kann aber nur funktionieren, wenn wir über Methoden verfügen, mit denen wir Stoffe in Wasser und Böden nachweisen und einschätzen können. Im Projekt »**ZeroPM**« entwickeln Fraunhofer-Forschende Bewertungsstrategien für Stoffe, die als Gefahr für unser Trinkwasser gelten. Die potenziell giftigen, langlebigen und mobilen sogenannten PMT-Stoffe werden etwa in Pflanzenschutzmitteln, aber auch in der Papier- und Textilindustrie verwendet. Mithilfe der Risikobewertung soll es künftig schneller möglich sein, kritische Stoffe zu erkennen, zu entfernen oder ihre Verbreitung in der Umwelt bereits vorab zu vermeiden.

ZeroPM

ITEM

Die Plastikverschmutzung ist ein globales Umweltproblem. Bislang wurden vor allem die Folgen für das Ökosystem Wasser untersucht, doch auch unsere Böden sind gefährdet. Im Projekt »**iMulch**« haben Fraunhofer-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Beispiel von Mulchfolien Methoden entwickelt, mit denen sich Konzentration und Partikelgröße von Kunststoffen in Böden und Drainagewässern feststellen lassen. Zudem wurde die Verwitterung der Folien in Boden und Wasser untersucht. Die häufig aus Polyethylen hergestellten Folien werden auf Ackerflächen ausgelegt, um Bodenfeuchte und -temperatur zu regulieren und so die Erträge zu steigern. Der Klimawandel mit Trockenheit und Hitze macht ihren Einsatz immer häufiger notwendig. »Die Ergebnisse von »iMulch« sollen helfen, Mulchfolien möglichst umweltverträglich zu verwenden«, so Dipl.-Ing. Ralf Bertling vom Fraunhofer UMSICHT.

iMulch

UMSICHT IME

Pflanzenbau in und auf Gebäuden – innovative Lösungen für nachhaltige Städte

Zur Verbesserung des ökologischen Fußabdrucks wird in Städten vermehrt auf eine nachhaltige Vorort-Produktion von Lebensmitteln gesetzt. Nicht alles muss aus dem nahen und fernen Umland bezogen werden, wie das Projekt »**ALTMARKTgarten**« zeigt. Auf dem Dach des Oberhausener Jobcenters wachsen auf 1000 Quadratmetern Kräuter, Salate und Erdbeeren. Basis für diese Initiative ist die Entwicklungsplattform »**inFARMING**«. Sie ermöglicht die Integration einer Intensivkultivierung in oder auf bereits bestehenden Gebäuden und Neubauten. »Wir nutzen dabei die Stoffkreisläufe von Gebäuden oder Quartieren. Das spart Energie und Ressourcen und senkt die CO₂-Emissionen«, so Dipl.-Ing. Volmar Keuter vom Fraunhofer UMSICHT.

ALTMARKTgarten | inFARMING®

UMSICHT

Auch in Gebäuden lassen sich Nahrungsmittel anpflanzen. Mit »**OrbiPlant**« wurde ein automatisiertes, vertikales Anzuchtssystem entwickelt, in welchem wetterunabhängig und ressourceneffizient unterschiedliche Pflanzen angebaut werden können. In zwei Pilotanlagen in Aachen werden auf insgesamt 70 Quadratmetern Nahrungsmittel- und Medizinalpflanzen angebaut. Im Gegensatz zu bisherigen Indoor-Farming Systemen hat OrbiPlant® ein Förderbandsystem, welches die Pflanzen kontinuierlich neu im Raum ausrichtet. Dies ermöglicht ein optimales Wachstum und führt zu höheren Erträgen. Die kleinere Variante, »**OrbiLoop**«, eignet sich für die Eigenproduktion von Restaurants und Kantinen, aber auch für Supermärkte.

OrbiPlant® | OrbiLoop®

IME



Mit dem Leitprojekt
»ShapID« unterstützen
Fraunhofer-Forschende
die Industrie, chemische
Prozesse grüner und
effizienter umzusetzen.

Foto: Fraunhofer CBP

Zukunftsfähige Technologien und Produkte eröffnen neue Chancen

Die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft ist mit vielen Herausforderungen verbunden – die Bioökonomie ebnet diesen Weg, indem sie klassische Ansätze der Lebenswissenschaften mit Schlüsseltechnologien der Digitalisierung und Prozesstechnik kombiniert. Sie bringt Biologie und Technik zusammen und eröffnet mit ihren disruptiven, nachhaltigen Lösungen neue Chancen – für Mensch und Umwelt.

Natürliche Abwehrsysteme als Vorbild

RNA-Interferenz

IME

Der Kartoffelkäfer hat in der Vergangenheit verheerende Hungersnöte verursacht. Heute hält die Landwirtschaft den Schädling vor allem durch chemische Pestizide im Zaum – oft auf Kosten nützlicher Insekten. Gemeinsam mit Partnern aus der Industrie entwickeln Fraunhofer-Forschende eine umweltverträgliche, pestizidfreie und nachhaltige Alternative, die auf Nutzpflanzen gesprüht und von den Schädlingen gefressen wird. Sie setzen dabei auf ein natürliches Abwehrsystem, das nahezu in allen Eukaryoten vorkommt: »**RNA-Interferenz**«, die über eine doppelsträngige RNA zu einem gezielten Abschalten von Genen im Schädling führt. Die Forschenden haben nun synthetische, sprühbare RNA-Moleküle als molekularbiologisches Präzisionswerkzeug entwickelt, das gegen lebenswichtige Gene des Kartoffelkäfers gerichtet ist und ähnlich wie ein Insektizid wirkt. »In den USA wurden die Feldversuche erfolgreich abgeschlossen, eine Marktzulassung ist bereits beantragt«, sagt Prof. Dr. Andreas Vilcinskis vom Fraunhofer IME.

Auf eine andere Methode setzt die Fraunhofer-Projektgruppe »**BioPol**«: Enzyme werden in Kunststoffe eingearbeitet, um dafür zu sorgen, dass diese schneller oder überhaupt biologisch abbaubar werden. Die Herausforderung: Kunststoffe werden bei Temperaturen von 140 Grad und mehr verarbeitet, Enzyme hingegen verlieren bei diesen hohen Temperaturen ihre Funktionsfähigkeit. Den Forschenden ist es bereits gelungen, diese Hürde zu nehmen, indem sie den Enzymen eine Art Hitze-Schutzausrüstung mit auf den Weg geben. Die biologisch abbaubaren Kunststoffe sind in »BioPol« ein wichtiges Ziel, aber auch andere Enzyme werden systematisch getestet, beispielsweise zur Selbstreinigung oder zum Abbau von giftigen Substanzen. Die Materialien erhalten durch die Einbettung der Enzyme völlig neue Eigenschaften – und damit im Sinne der Bioökonomie einen Mehrwert.

Das »**Fraunhofer Cluster of Excellence Programmable Materials**« (CPM) konzipiert und produziert programmierbare Materialien, deren Eigenschaften sich selbstständig den Anforderungen beim Gebrauch des Materials anpassen können. Inspiriert von den Prinzipien biologischer Systeme sind diese Materialien unter anderem resilienter, weisen weniger Verschleiß auf und können bisher ungenutzte technische Herausforderungen lösen. Das Cluster führt dabei die Kompetenzen von sechs Kern- und weiteren Partnerinstituten zusammen. In den nächsten Jahren wollen die Institute sich gemeinsam auf die komplexere Funktionsintegration sowie unterschiedliche Materialsysteme fokussieren. Dabei spielen zunehmend die nachhaltige Herstellung und Nutzung sowie das Recycling eine wesentliche Rolle.

Industrie auf der Suche nach biologischen Prinzipien

Biologische Prinzipien in die Industrie 4.0 integrieren will »**BioFusion 4.0**«. Im Kern geht es darum, wie ressourcenintensive Unternehmen natürliche Prozesse auf technische Anwendungen übertragen, um eine nachhaltige Wertschöpfung zu erzielen. Fabriken und Werke könnten beispielsweise Reststoffe aus ihrer Produktion einsetzen, um daraus Ersatzteile oder Werkstückhalter additiv herzustellen. So ist es den Forschenden bereits gelungen, aus ausgedientem Speisefett biobasierte Polymere herzustellen, die additiv weiterverarbeitet werden können. In einem Demonstrator wird aufgezeigt, wie Kreislaufwirtschaft funktioniert, indem aus dem Fett mittels 3D-Druck eine individuelle Fingerorthese hergestellt wird, die wiederum biologisch abbaubar ist.

Die Konvergenz von Bio-, Hard- und Software in biointelligenten Systemen eröffnet das Potenzial zur Schaffung neuartiger Systemarchitekturen. Beispielhaft wird dies im Verbundprojekt »**BIOS**« vorangetrieben. Mit Hilfe von aus Industrie 4.0 Anwendungen bekannten Ansätzen der Künstlichen Intelligenz und Digitalen Zwillingen wird der sogenannte »design-build-test-learn« Zyklus der synthetischen Biologie automatisiert, um effizienter maßgeschneiderte bakterielle Produktionsstämme zu produzieren. Im Projekt entwickeln Fraunhofer-Forschende mit einem universitären Partner und internationalen Partnern die mikrobielle Fabrik vom Design bis zur industriellen Anwendung. Im noch jungen Forschungsfeld finden sich zunehmend Vertretende aus Wissenschaft und Industrie in von der Fraunhofer-Gesellschaft koordinierten Netzwerken zusammen (u.a. »**Manufuture Subplatform**«, »**Kompetenzzentrum Biointelligenz e.V.**«).

Eine nachhaltige Industrie steht auch beim Fraunhofer-Leitprojekt »**ShaPID**« – mit Fokus auf der Chemiebranche – im Mittelpunkt. Neun Fraunhofer-Institute erarbeiten gemeinsam anwendungsnahe Vorentwicklungen, die grüne, chemische Prozesse stärken: vom grünen Rohstoff zum grünen Produkt. Im Teilprojekt Green Plastics werden aus CO₂ und biogenen Reststoffen neue Biopolymere hergestellt. »Wir erreichen damit eine Unabhängigkeit von den sehr volatilen Preisen fossiler Rohstoffe und reduzieren zudem signifikant die Treibhausgasemissionen dieser Werkstoffe«, sagt Dr. Stefan Löbbecke, Leiter des Projekts am Fraunhofer ICT.

BioPol

IAP

Fraunhofer Cluster of Excellence Programmable Materials CPM

IAP

IBP

ICT

ITWM

IWM

IWU

BioFusion 4.0

IPK

IPA

BIOS

IPA

ShaPID

IAP

ICT

IFF

IGB

IMM

IME

ISC

ITWM

UMSICHT



Ausblick



Foto: Fraunhofer | Marc Müller

Das Tempo erhöhen

Die in dieser Broschüre vorgestellten Projekte zeigen: Nachhaltige und andere nachhaltige Rohstoffe sind bereits heute Grundlage für viele Produkte unseres Alltags und eine Reihe von biobasierten Prozessen wurden bereits erfolgreich in die industrielle Produktion überführt. Die Abkehr von fossilen Rohstoffen und deren Ersatz durch nachhaltige Grundstoffe sowie prozesstechnische Innovationen reichen jedoch nicht aus, um die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft zu befördern. Damit künftige Generationen in einer gesunden Welt leben können, brauchen wir einen gesamtgesellschaftlichen Wandel. Dazu ist es notwendig, dass nicht nur wirtschaftliche Entwicklung und Einkommenssicherung sowie ökologische Verträglichkeit und soziale Belange miteinander verknüpft werden, sondern dass alle Akteure entlang der Wertschöpfungsketten an einem Strang ziehen. Es bedarf eines systemischen Ansatzes, der Aspekte verschiedener Branchen und Wissenschaftsdisziplinen miteinander vereint.

Dieser Transformationsprozess hat begonnen und muss jetzt beschleunigt werden. Nur so können die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 der Vereinten Nationen erreicht werden. Ohne rasche Veränderungen werden weitere, nicht absehbare globale Herausforderungen entstehen, wie sie beispielsweise aktuell im Zusammenspiel zwischen Energie- und Umweltkrise deutlich spürbar sind. Die Preise für alle relevanten Güter werden zukünftig steigen und Rohstoffe eingeschränkt verfügbar sein.

Soll es Deutschland gemeinsam mit den anderen Staaten gelingen, das globale Zwei-Grad-Ziel des Pariser Abkommens einzuhalten, dann bedarf es neben einer generellen Verringerung des Verbrauchs von Ressourcen großer Anstrengungen für die Defossilisierung. Mit anderen Worten: Dort, wo wir aktuell fossile Ressourcen verbrauchen, müssen wir weitestgehend auf alternative Rohstoffquellen wie Biomasse, rezyklierbare Reststoffe und CO₂ umsteigen und diese mit zirkulären Wertschöpfungsmodellen möglichst lange im Kreislauf halten.

Damit die Leistungsfähigkeit und Resilienz unserer Wirtschaft innerhalb der planetaren Grenzen gesichert werden können und der Markt zukunftsfähig bleibt, müssen nachhaltige und ressourceneffiziente Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungsketten eng ineinandergreifen und bereits heute Lösungen für die Herausforderungen von morgen erarbeitet werden. Dafür ist es wichtig, dass innovative Entwicklungen und Verfahren aus Pilot- und Demonstrationsanlagen noch zügiger in die breite industrielle Anwendung überführt werden. Um den Markteintritt zu erleichtern, bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen. Rechtliche Regelungen, unter anderem im Bereich der CO₂-Bepreisung und des EU-Emissionshandels sowie zum Umgang mit Reststoffen und Nebenproduktströmen müssen etabliert und Innovationsanreize geschaffen werden.

Die Fraunhofer-Gesellschaft stellt mit ihrer anwendungsorientierten Forschung Lösungen für die Skalierung, Standardisierung und Sicherheit der Technologien bereit und fördert so den schnellen Eintritt in den Markt. Mit innovativen Technologieentwicklungen und anwendungsorientierter Forschung schaffen wir neue Perspektiven und Handlungsoptionen zum Schutz unserer Lebensgrundlage und im Interesse einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wirtschaft. Wir verstehen uns dabei als Systempartner für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft und gesunde Umwelt. Unsere Expertise bringen wir auf deutscher und europäischer Ebene ein und unterstützen den Dialog zwischen Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und Forschung.

Gemeinsam mit unseren Partnern werden wir nachhaltigen, ressourceneffizienten Technologien und Produkten den Weg in die Praxis bahnen. Unser Ziel ist es, Deutschlands Wettbewerbschancen zu erhöhen und gleichzeitig wesentliche Beiträge zur Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu leisten.

Weitere Informationen zu den Projekten und beteiligten Instituten sind hinter den jeweiligen Namen verlinkt.

Projekt	Seite	Beteiligte Fraunhofer-Institute
AIiPLACo	8	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
ALTMARKTgarten	19	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Bio-based Innovations	13	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Biobasierte Carbonfasern	10	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
Bioconcept-Car	12	Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
BioDisKo	13	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
BioFusion 4.0	21	Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
BioPol	21	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
BIOS	21	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
BoraWell	12	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
CIRCONOMY® Hubs	9	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Institut für Internationales Management und Wissensökonomie IMW Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS
Circular Readiness Level® of products and product systems	9	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Circular PhytoREVIER (vormals AZUR)	17	Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Cognitive Agriculture	16	Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS Fraunhofer-Institut für Opttronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
eBioCO₂n	11	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Effiziente Wasseraufbereitung – EWA	18	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
EVOBIO	7	Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Institut für Opttronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW
EVOBIO-Demo	7	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW

Fördermittelgeber

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
 Europäische Kommission, DG Research and Innovation
 nicht durch öffentliche Förderung finanziert
 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg (MWFK)
 Europäische Union
 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
 Fraunhofer-Gesellschaft

Förderprogramm

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
 Nationale Projekte des Städtebaus
 Studies on support to R&I policy in the area of Bio-Based Products and Services
 n.v.
 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
 Neue Formate der Kommunikation und Partizipation in der Bioökonomie
 Forschung für die Produktion von morgen
 Horizon Europe
 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
 Fraunhofer Innovationsprogramm Innovationspush

Fraunhofer-Gesellschaft

Fraunhofer Cluster of Excellence

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Sofortprogramm PLUS: »Modellregion Bioökonomie im Rheinischen Revier«

Fraunhofer-Gesellschaft

Fraunhofer Leitprojekt

Fraunhofer-Gesellschaft

Fraunhofer-Max-Planck-Kooperationsprogramm

Fraunhofer-Gesellschaft

KMU-akut

Fraunhofer-Gesellschaft

Fraunhofer Innovationsprogramm Innovationpush

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 Fraunhofer-Gesellschaft

Unterstützung anwendungsorientierte Forschung für Fraunhofer 2021

Weitere Informationen zu den Projekten und beteiligten Instituten sind hinter den jeweiligen Namen verlinkt.

Projekt	Seite	Beteiligte Fraunhofer-Institute
Fraunhofer Cluster of Excellence Circular Plastics Economy CCPE®	8	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Fraunhofer Cluster of Excellence Programmable Materials CPM	21	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Fraunhofer Morgenstadt Global Smart Cities Initiative	19	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Fraunhofer-Zentrum für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming	16	Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD Fraunhofer-Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik IGP
FutureProteins	14	Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
H₂Wood – BlackForest	10	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
HyperBioCoat	8	Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
iMulch	19	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME
inFARMING®	19	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
INFeed	15	Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS
LaMuOpt	15	Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE
NewFoodSystems	15	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV
NewHyPe	17	Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
OrbiPlant® OrbiLoop®	19	Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME
OrganoPor	12	Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
OrganoPor_Fassade	12	Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
PHB2Market	11	Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
RegScha	12	Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
RNA-Interferenz	20	Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME
RUBIO	11	Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
ShaPID	21	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
SmartBioH₂-BW	7	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Stadt.Land.Chancen	13	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
WeRüMa	8	Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
XyloSolv	11	Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
ZeroPM	19	Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM

Fördermittelgeber	Förderprogramm
Fraunhofer-Gesellschaft	Fraunhofer Cluster of Excellence
Fraunhofer-Gesellschaft	Fraunhofer Cluster of Excellence
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)	Internationale Klimaschutzinitiative (IKI)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern	kein spezifisches Programm
Fraunhofer-Gesellschaft	Fraunhofer Leitprojekt
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Ideenwettbewerb »Wasserstoffrepublik Deutschland«
Bio-based Industries Consortium (BBI-JU)	im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon 2020 der Europäischen Union
Europäische Union	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	diverse, Entwicklungsplattform am Fraunhofer UMSICHT
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Innovationsräume Bioökonomie
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Innovationsräume Bioökonomie
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Innovationsräume Bioökonomie
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Bioeconomy in the North 2018
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)	Forschungszentrum Jülich GmbH
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Polish National Centre for Research and Development (NCBR)	ERA-IB7
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	RUBIN - Regionale unternehmerische Bündnisse für Innovation
Fraunhofer-Gesellschaft	Fraunhofer Leitprojekt
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg Europäischen Union	EFRE-Programm »Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling«
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Wissenschaftsjahr 2020/21 – Bioökonomie
Land Nordrhein-Westfalen	Europäischer Fond für regionale Entwicklung (EFRE) 2014–2020 »Investitionen in Wachstum und Beschäftigung«
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft (BMEL)	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Europäische Union	H2020-EU.3.5.-SOCIETAL CHALLENGES – Climate action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials

