

BIOPRO Magazin

Gesundheitsindustrie und Bioökonomie in Baden-Württemberg Ausgabe 2/2022

CO₂ UNTER DER LUPE



Gesundheit:

guidoo: Robotische Assistenz für schnelle und präzise Biopsien

Gesundheit:

Raumfahrt-Start-up yuri: Schwerelosigkeit für die kommerzielle Forschung

Bioökonomie:

Vom Anbau bis zum Verkauf – die Alblinsen

Im Gespräch:

„Wir sind die Schnittstelle zwischen Innovation, Forschung und Regelversorgung“



BIOPRO in Baden-Württemberg

Im Jahr 2002 gründete die Landesregierung Baden-Württembergs die BIOPRO Baden-Württemberg GmbH mit Sitz in Stuttgart. Die zu 100 Prozent vom Land getragene Gesellschaft unterstützt die Gesundheitsindustrie mit den Branchen Biotechnologie, Medizintechnik und Pharmazeutische Industrie sowie den Aufbau einer Bioökonomie in Baden-Württemberg. Wir sind zentraler Ansprechpartner für Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Netzwerke. Unser Ziel ist es, mit unserem Fachwissen Baden-Württemberg als herausragenden Standort weiterzuentwickeln und ein optimales Klima für Innovationen zu schaffen. Wir bewirken mit unserer Arbeit aber auch sehr konkret, dass wissenschaftliche Erkenntnisse schneller den Weg in die Wirtschaft finden.

Die BIOPRO informiert die Öffentlichkeit über die Leistungsfähigkeit und den Ideenreichtum von Medizintechnik, Biotechnologie und Pharmazeutischer Industrie. Außerdem begleiten wir Gründer auf dem Weg in ihr eigenes Unternehmen.

Gesundheitsindustrie: Baden-Württemberg ist ein starker Standort der Gesundheitsindustrie. Die zahlreichen Unternehmen der Medizintechnik, der Pharmazeutischen Industrie und der Biotechnologie bilden einen Kernbereich der baden-württembergischen Wirtschaft. Wir untermauern dies mit Daten und Fakten und tragen dazu bei, es national und international deutlich zu machen.

Bioökonomie: In einer Bioökonomie dienen nachwachsende Rohstoffe als Basis zum Beispiel für Chemikalien, Kunststoffe und Energie. Wichtige Verfahren zur Umsetzung von Biomasse in Zwischenprodukte kommen aus der Biotechnologie/Biologie. Wir sensibilisieren Unternehmen für die wirtschaftlichen Chancen in diesem Bereich und engagieren uns für die Etablierung einer Bioökonomie in Baden-Württemberg.



Liebe Leser,

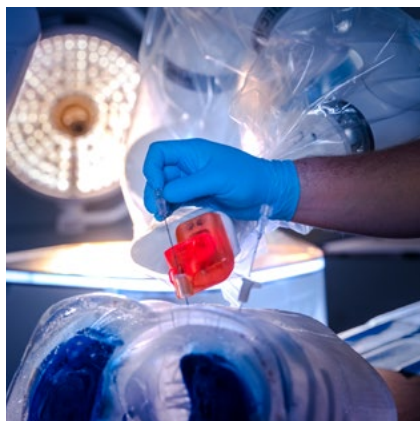
dieser sehr heiße und trockene Sommer mit ausgetrockneten Flüssen und zahlreichen Waldbränden in Deutschland und Europa zeigt es uns: Wir befinden uns mitten im Klimawandel. Es wird deutlich, dass mehr getan werden muss, um die Erderwärmung zu verlangsamen. CO₂ zu binden und dabei auch zu nutzen ist ein Weg im Klimaschutz. In unserem Schwerpunkt „CO₂ unter der Lupe“ können Sie nachlesen, wie die Wiedervernässung von Mooren CO₂ binden und wie man CO₂ recyceln und lange im Kohlenstoffkreislauf halten kann.

Bioplastik ist ebenfalls ein Produkt, das wir in Zukunft mithilfe von CO₂-nutzenden Cyanobakterien produzieren können. Lesen Sie ab Seite 12 mehr über die Bio-Kunststoffproduzenten, die kein Ackerland benötigen. Dass auch eine nachhaltige Ernährung Teil des Klimaschutzes ist, ist jedem bewusst. Hier leisten regionale Öko-Erzeugergemeinschaften einen guten Beitrag, wie in dem Artikel „Vom Anbau bis zum Verkauf – die Alblinsen“ deutlich wird.

Ab Seite 16 befasst sich das BIOPRO-Magazin mit dem Thema Gesundheit. In unseren Beiträgen erfahren Sie, wie ein Roboterarm während einer Operation bei der Durchführung eine Biopsie unterstützt, und wie ein Unternehmen die Forschung an Nerven- und Muskelzellen im Weltall kompakt organisiert. Ergänzt wird das Themenfeld mit einem Interview mit Dr. Janina Beha, Vize-Geschäftsführerin des Zentrums für Personalisierte Medizin in Tübingen zu einem Projekt, das im Rahmen des „Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg“ gefördert wird.

Viel Spaß beim Lesen wünschen
Prof. Dr. Ralf Kindervater
und das Redaktionsteam der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH





▶ Editorial	3
▶ Inhalt	4
▶ Kurz notiert	5
<ul style="list-style-type: none"> • Neue Antibiotika-Alternativen • Nachhaltige Proteinquelle • Innovativer Mikrolautsprecher bringt das Gehör zurück • INSPIRE Living Lab: Brücke zwischen Industrie und Klinik 	
▶ Schwerpunkt	
Nachhaltigkeit CO ₂ unter der Lupe BIOPRO-Kommentar zum Thema „CO ₂ unter der Lupe“	6
▶ Bioökonomie	
Minifabriken für die Produktion von Biokunststoff Bakterien produzieren Bioplastik: ressourcenschonend und sehr umweltfreundlich	12
Linsenanbau in einer Erzeugergemeinschaft Vom Anbau bis zum Verkauf – die Alblinsen	14
▶ Gesundheit	
Roboterarm für mehr Zielgenauigkeit guidoo: Robotische Assistenz für schnelle und präzise Biopsien	16
Biotech im Weltall Raumfahrt-Start-up yuri: Schwerelosigkeit für die kommerzielle Forschung	18
▶ Im Gespräch	
Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg „Wir sind die Schnittstelle zwischen Innovation, Forschung und Regelversorgung“	20
▶ BIOPRO aktuell	
Klimaneutralität Mit Insekten zur Kreislaufwirtschaft	22
▶ Impressum	23

Neue Antibiotika-Alternativen

Viele Bakterien geben antimikrobielle Stoffe an ihre Umgebung ab, um sich in ihrer ökologischen Nische Vorteile zu verschaffen. Solche Bakteriocine machen sich Forschende der Universität Ulm zunutze: Mithilfe des *Corynebacterium glutamicum*, das als biotechnologischer Plattformorganismus solche Antibiotika-Alternativen rein und in großer Menge produzieren kann, ist es ihnen gelungen, ein hochwirksames antimikrobielles Peptid so herzustellen, dass dies auch in den großtechnischen Maßstab übertragbar ist. „Wir haben gemeinsam mit europäischen Partnern im Projekt iFermenter einen Produktionsprozess entwickelt, mit dem wir Bakteriocine rekombinant, effizient und ressourcenschonend großtechnisch herstellen können“, berichtet Apl. Prof. Dr. Christian Riedel, der die Forschungsarbeiten in Ulm leitet. „Zunächst Pediocin PA-1, ein Peptid, das besonders gut gegen Listerien wirkt, wie sie beispielsweise in Rohmilch vorkommen und gefährliche Krankheitssymptome auslösen können. Nun wollen wir das Verfahren Stück für Stück auch auf andere Peptidpharmazeutika ausweiten und das Produktportfolio erweitern – nicht nur Antibiotika-Alternativen herstellen, sondern beispielsweise auch Hormone oder antivirale Substanzen.“

Nachhaltige Proteinquelle

Hefe begleitet die Ernährung der Menschheit schon seit Jahrtausenden. Die ProteinDistillery GmbH will nun mit Bierhefe den Markt der umweltfreundlichen Proteinlieferanten revolutionieren. Um dies zu erreichen, gründete Christoph Pitter gemeinsam mit seinem Studienkollegen Michael Baunach das Unternehmen Saccha. Seit Ende 2021 firmiert das Biotech-Unternehmen unter neuem Namen: ProteinDistillery GmbH. Das Start-up bietet ein neues Verfahren, mit dem Bierhefe als schmackhafte Proteinquelle erschlossen werden kann. „Wir haben ein Verfahren entwickelt,

mit dem wir die zahlreichen natürlichen Proteine aus der Bierhefe gewinnen können. Dabei bleiben sie in ihrem natürlichen Zustand erhalten und haben dadurch auch alle Eigenschaften, wie man sie von einem hochwertigen tierischen Protein, zum Beispiel aus dem Ei, kennt. Das Protein wird hart, wenn man es kocht, und wenn man es aufschlägt, gibt es einen schönen Schaum. Und genau das sind die Eigenschaften, die die Kunden suchen“, sagt Pitter, der nach seinem Bachelor in Biotechnologie an der Hochschule Esslingen noch einen Masterabschluss in Wirtschaftsingenieurwesen gemacht hat.

Innovativer Mikrolautsprecher bringt das Gehör zurück

Schwerhörigkeit lässt sich mit gängigen Hörgeräten nur zum Teil beheben. Die neuartige Hörhilfe der Vibrosonic GmbH aus Mannheim überträgt Tonschwingungen direkt aufs Trommelfell und kann dadurch das natürliche Hörerlebnis nahezu vollständig wiederherstellen. Die zugrunde liegende Membrantechnologie wurde von Dr. Dominik Kaltenbacher und Dr. Jonathan Schächtele am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Mannheim zusammen mit Dr.-Ing. Ernst Dahlhoff von der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde in Tübingen entwickelt und war ursprünglich für implantierbare Hörlösungen gedacht. Nachdem die drei Ingenieure die Ähnlichkeit mit dem menschlichen Trommelfell erkannten, konstruierten sie den neuartigen Aktor und gründeten 2016 mit Unterstützung von Fraunhofer Venture die Vibrosonic GmbH. Das seit Mai 2021 zugelassene Produkt Vibrosonic alpha® ist für Menschen mit leichter bis mittlerer Schwerhörigkeit geeignet. Es besteht aus insgesamt drei Komponenten: dem speziellen Mikrolautsprecher in Form der Hörkontaktlinse®, einem Gehörgangsmodule und der HdO-Einheit, die das Mikrofon sowie die Signalverarbeitungstechnologie und Batterie beherbergt.

INSPIRE Living Lab: Brücke zwischen Industrie und Klinik

Nicht nur zur Weiterentwicklung des Gesundheitsstandorts Baden-Württemberg, sondern auch zur Verbesserung der Gesundheitsversorgung sind innovative Ideen und Produkte in der medizinischen Versorgung von hoher Relevanz. Die Brücke zwischen Industrie und Klinik zu schlagen erweist sich jedoch oft als schwierig. Um diesen Prozess voranzutreiben, wurde 2021 das INSPIRE Living Lab an der Universitätsmedizin Mannheim eröffnet. Hier können Start-ups und KMUs ihre Medizintechnikprodukte im realen klinischen Alltag testen und weiterentwickeln. Das getestete Produkt soll dabei zur Erleichterung und Verbesserung des Klinikalltags beitragen – diese Maxime steht im Vordergrund. Das ist erfolgreich, denn das System bietet Vorteile für alle Beteiligten: Während das klinische Fachpersonal durch die innovativen Technologien entlastet wird, profitieren insbesondere die Start-ups von dem Reallabor. Viele der klinischen Daten, die sie für eine Zulassung brauchen, werden direkt unter Realbedingungen generiert. Dies unterscheidet sich grundlegend von den üblicherweise präparierten Testumgebungen. Neben dem Sammeln von klinischen Daten für die Zulassung können aber auch Usability Testings durchgeführt werden, um die Nutzbarkeit des Produktes zu analysieren. Auch die Patientinnen und Patienten ziehen einen Vorteil aus der modernen technischen Ausstattung der Station.



Ein Krankenzimmer auf der INSPIRE-Station, ausgestattet mit Patienten-Tablets und der neuesten technischen Infrastruktur für Tests auf der Station. © Mirjam Schleske / INSPIRE Living Lab

CO₂ UNTER DER LUPE



Durch CO₂-Bindung kann ein Nutzen für Klima, Landwirtschaft und Industrie entstehen. (Konzept der Montage: BIOPRO; grafische Umsetzung: Designwerk Kussmaul, © hoangpts / Envato, Vladdeep / Envato, charactervectorart / Envato)

Nachhaltigkeit

CO₂ unter der Lupe

Die Speicherung von CO₂ in Böden und Biomasse sowie die Entnahme und Bindung von CO₂ sind wichtige Faktoren, um ausgestoßenes CO₂ an anderer Stelle auszugleichen. Damit stehen sowohl die Landwirtschaft als auch Industrie und Kommunen

vor zahlreichen Herausforderungen, um die europäischen Klimaziele zu erreichen.

Spätestens mit der Veröffentlichung des Europäischen Klimagesetzes 2021 ist das Ziel des klimaneutralen Wirtschaftens in aller Munde. Im Rahmen der Klimaschutzziele werden alle Wirtschaftssektoren in die Pflicht genommen. Da CO₂-Emissionen ein Hauptgrund für den weltweiten Klimawandel

sind neben weiteren Beiträgen von zum Beispiel Methan und Lachgas, ist ein Hauptansatz für eine klimaneutrale Wirtschaft die Reduktion des CO₂-Ausstoßes. Dazu gehören unter anderem eine defossilierte Energieproduktion, der Einsatz biologischer Ressourcen und Verfahren in der Industrie, Kreislaufwirtschaft und eine nachhaltige Lebensmittelversorgung. Doch reicht dies aus, um das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen? Denn auch in Zukunft wird es immer ein Mindestmaß an unvermeidlichen Emissionen geben, die im Sinne der Neutralität auszugleichen sind.

Es gibt in der Bioökonomie verschiedene Ansätze, um CO₂ zu binden, zu speichern oder zu gewinnen und als Wertstoff wiederzuverwenden. Eine herausragende Rolle wird bei der Landwirtschaft gesehen: Einerseits ist sie für rund zehn Prozent der Treibhausgasemissionen der Europäischen Union verantwortlich. Andererseits fixieren Pflanzen durch Photosynthese Kohlendioxid aus der Luft, lagern es in der Biomasse ein und sorgen so dafür, dass zumindest Teile davon beispielsweise als Humus und in biobasierten Produkten gespeichert werden. Pflanzen können der Atmosphäre also Kohlendioxid entziehen, es klimaunschädlich machen und somit als CO₂-Senken fungieren – sie können also Bausteine für die Erreichung der anvisierten Klimaneutralität sein. Allerdings stellt sich stets die Frage, ob eine CO₂-Bindung in der Realität tatsächlich dauerhaft erfolgt oder gegebenenfalls nur, so lange bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind.

Aus diesem Grund weist die Europäische Kommission der nachhaltigen Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen und der Schaffung von CO₂-Senken eine zentrale Rolle für die Erreichung der europäischen Klimaziele zu. Dabei wird das Potenzial der Landwirtschaft meist als Carbon Farming bezeichnet. In der öffentlichen Wahrnehmung versteht man darunter im Allgemeinen ackerbauliche Maßnahmen, die zu Erhalt und Erhöhung des in Agrarflächen gespeicherten Kohlenstoffs beitragen. Ein erweitertes Begriffsverständnis, also auch ein Bezug auf industrielle biotechnische Verfahren zur CO₂-Bindung ist gegenwärtig nur begrenzt vorhanden, wengleich auch diese Verfahren Lösungsansätze für eine Kohlenstoffkreislaufwirtschaft bieten können.

Humusaufbau, Biokohle und Moore – Kohlendioxid-speicherung in der landwirtschaftlichen Praxis

Beim Carbon Farming stehen eine Reihe möglicher Maßnahmen zur Wahl: Als zentral gelten Ansätze, die einen erhöhten Eintrag organischer Substanz in den Boden fördern und den Humusaufbau sicherstellen. Hierzu gehören beispielsweise der verstärkte Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten oder das Einarbeiten von Ernterückständen. Förderlich kann ebenso der Anbau von Dauerkulturen wie *Miscanthus* oder die Etablierung von Agroforstsystemen sein. Für all diese Ansätze gilt, dass sie neben einem möglichen

Beitrag zum Klimaschutz gleichzeitig eine Vielzahl weiterer Synergieeffekte schaffen: So gelten Böden mit höheren Humusgehalten generell als resilienter und zeichnen sich durch höhere Wasser- und Nährstoffhaltekapazitäten aus. Darüber hinaus führt beispielsweise der Anbau von Zwischenfrüchten und Dauerkulturen zu einer verbesserten Bodenbedeckung, wovon die Bodenfauna profitiert, und wodurch die Gefahr von Bodenerosion sinkt. Eine besondere Rolle kommt im Kontext des Carbon Farmings auch (ehemaligen) Feucht- bzw. Mooregebieten zu. In der Vergangenheit war es weit verbreitet, diese trockenzulegen, um Raum für Lebensmittelproduktion zu schaffen.

Aber obwohl sie nur drei Prozent der globalen Erdoberfläche bedecken, haben sie rund ein Drittel des terrestrischen Kohlenstoffs gebunden: 500 Gigatonnen, doppelt so viel wie in der gesamten Wald-Biomasse der Erde. „Auch wenn Moore mit nur 1 mm pro Jahr sehr langsam wachsen, wirken sie dem Klimawandel entgegen“, erklärt Dr. Franziska Tanneberger. Die Wissenschaftlerin an der Universität Greifswald und Leiterin des Greifswald Moor Centrum forscht seit über zehn Jahren an Mooren, u. a. in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie und der Universität Freiburg. „Im Gegensatz zu den meisten anderen Ökosystemen, die nur eine bestimmte Menge an Kohlenstoff speichern, entnehmen wachsende Moore kontinuierlich Kohlenstoff aus der Atmosphäre und fixieren es dauerhaft. Wird jedoch der Wasserspiegel gesenkt, dringt Sauerstoff an den Torf, und durch Oxidation werden CO₂ sowie das noch klimaschädlichere Lachgas freigesetzt.“

Methan verhält sich etwas anders, wie Tanneberger erklärt: „Methan kann aus nassen Mooren entweichen, beispielsweise bei Flutung frischer, nicht gemähter Wiesen. Deshalb muss die Wiedervernässung von Weideland unter bestimmten Vorkehrungen erfolgen.“ Ob Weide- oder Ackerland: Wichtig ist, das aktive Entwässern zu beenden, durch Rückbau der Drainage oder Abschalten der Pumpen, die zudem Energie verbrauchen. „Da Moor ursprünglich in feuchten Gebieten entstanden ist, werden die Flächen danach wieder nass, und der CO₂- und Lachgasausstoß somit sofort gestoppt“, so Tanneberger. Brisantes Detail dabei: Während CO₂ rund 1.000 Jahre in der Atmosphäre bleibt, sind dies bei Methan nur ca. zwölf Jahre. Allerdings gilt Methan als etwa 25-mal so klimaaktiv wie CO₂. Doch: „Selbst wenn Methan nach Wiedervernässung emittiert wird, ist die Klimawirkung langfristig positiv“, so die Wissenschaftlerin.

CO₂-Fußabdruck sehr groß

In Deutschland sind über 95 Prozent der Moore entwässert. Der Grund: Vor über zwei Jahrhunderten versuchte man, Land urbar zu machen, und legte es durch Gräben trocken. Da der gewonnene Torf aus abgestorbenen Fasern gut

brennt, nutzte man ihn als fossilen Brennstoff – vor allem seit Beginn der Industrialisierung. Inzwischen dienen über 50 Prozent der Moorflächen als Weideland zur Futtergewinnung und 20 Prozent als Ackerland zum Anbau von Kartoffeln, Karotten und Energiepflanzen. Man weiß mittlerweile, dass auf Moorböden produzierte Lebensmittel – ob bio oder konventionell – einen sehr großen CO₂-Fußabdruck haben. Ein weiteres Problem ist der Abbau von Torf für den Einsatz als Substrat für Gärtnereien, den Obst- und Gemüseanbau sowie Privatnutzer. Noch immer werden in Deutschland acht Mio. t Torf jährlich abgebaut. Für Hobbygärtnerinnen und -gärtner gibt es bereits torffreie Alternativen. Für den Obst- und Gemüsebau haben Forschende der Universität Freiburg spezielle Torfmoospflanzen im Bioreaktor kultiviert, um damit degradierte Moore wiederzubegrünen. Das Besondere: Der Torfersatz der Freiburger wächst 50- bis 100-mal schneller als ursprünglicher Freilandtorf. Es gilt eine neue Sensibilität zu finden – für einen Hebel, der noch mehr kann, als den atmosphärischen CO₂-Gehalt zu senken.

Torfmoose als Torfersatz

Im Pflanzenbiotechnologielabor der Universität Freiburg wird geschüttelt: In Behältern und Gefäßen wachsen unterschiedliche Mooskulturen. Besonders der Moos-Bioreaktor hat den Lehrstuhlleiter Prof. Dr. Ralf Reski bekannt gemacht. Noch immer wird Torf in Deutschland abgebaut und durch verstärkte Reglementierung zusätzlich aus dem Baltikum importiert. Beides trägt zur Zerstörung der Moore bei. „Fast alle Gemüse- und Zierpflanzen wachsen in Torferde heran, direkt oder indirekt verbrauchen wir alle Torf“, erklärt Dr. Melanie Heck aus Reskis Team. Das Problem: Moospflanzen bilden kein ausstreubares Saatgut und wachsen im Freiland mit 1 mm pro Jahr zu langsam. Der Freiburger Wissenschaftlerin gelang im BMEL-geförderten MOOSzucht-Projekt ein Meilenstein: Aus Freilandmoosen konnte sie im Labor keimfreies Saatgut gewinnen, das im Bioreaktor 50- bis 100-mal schneller wächst als im Moor. Getestet werden die Kulturen auf einer Demofläche im niedersächsischen Hankhauser Moor. Denn auch wenn es für den Hobbygärtner guten Torfersatz gibt: Im Obst- und Gemüsebau ist Torf mit seiner hohen Wasserspeicherkapazität und den Poren zur Ausbreitung der Wurzeln alternativlos.

Strategien, spannende Möglichkeiten, Partizipation

Bisher hatte das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft die Strategie nur auf naturnahe Moore bezogen. Der übergroße Anteil der Treibhausgasemissionen stammt jedoch aus landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Eine übergreifende Strategie soll nun mit dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) erarbeitet werden. Laut der Nationalen Moorschutzstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare

Sicherheit und Verbraucherschutz sowie der Bund-und-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz sollen die Treibhausgasemissionen aus Moorböden bis 2030 bundesweit jährlich um fünf Mio. t CO₂-Äquivalente reduziert werden.

In Baden-Württemberg ist der Schutz auf den 45.000 Hektar Moorflächen im Koalitionsvertrag sowie der Naturschutzstrategie des Landes verankert. In den letzten Jahren hat das Land viele Renaturierungs- und Schutzmaßnahmen wie auch den Ankauf von Moorflächen gefördert. Als langfristiges Ziel sollen alle regenerationsfähigen Hochmoore im Land renaturiert werden. Im Naturschutzgroßprojekt Baar werden u. a. im Plattenmoos sowie im Schwenninger Moos Wiedervernässungsmaßnahmen optimiert, und im 2021 gestarteten Projekt Naturvielfalt Westallgäu wird die Renaturierung vorangetrieben.

Landwirtschaftliche Betriebe sollen laut der neuen Moorschutzstrategie finanzielle Anreize für entsprechende Maßnahmen erhalten. Dass Landwirte nicht allein gelassen werden, ist Dr. Franziska Tanneberger, Leiterin des Greifswald Moor Centrums, besonders wichtig: „Subventionen sollten so umgestaltet werden, dass klima- und umweltschützende Instrumente davon profitieren und die Landwirte bei der Transformation unterstützt werden.“

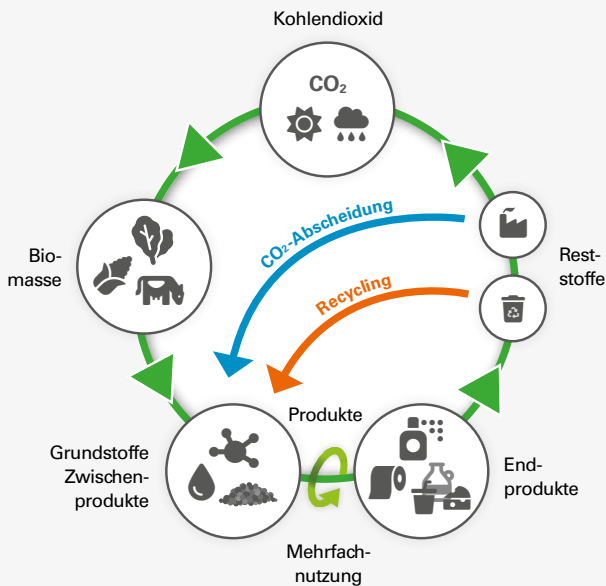
Konventionelle Landwirtschaft auf ehemaligen Mooren ist nicht ertragreich, was am feuchten, sauerstoffarmen Milieu liegt. Und obwohl Moorböden nur 7 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland ausmachen, stammen daraus 37 Prozent der landwirtschaftlichen CO₂-Emissionen. „Durch Wiedervernässung lässt sich im Agrarbereich eine erhebliche CO₂-Minderung erzielen und gleichzeitig innovative Landwirtschaft betreiben“, so Tanneberger. Der Lösungsansatz heißt Paludikultur, die landwirtschaftliche Nutzung nasser Moore.

Dämmmaterial, Reetdächer und Zellstoffersatz

Schilfpflanzen bilden ohne spezielle Kultivierung im feuchten Moor dichte Bestände, zudem kann mehrmals geerntet werden. Nach Ernte und Trocknung lässt sich zum Beispiel die Biomasse von Feuchtwiesen mit Seggen (Sauergrasgewächsen) verbrennen, um Nahwärme zu erzeugen. Rohrkolben wiederum hat eine ganz besondere Eigenschaft: Durch die großen Zellen im Stängel eignet er sich als Isolationsmaterial. Die Vorteile: Die nachwachsende Sumpfpflanze ist schimmel- und druckresistent, hochdämmend, energiearm in der Herstellung und komplett recycelbar.

Im vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Projekt Paludi-PRIMA suchen Forschende

Nutzungskreislauf des Kohlenstoffs



Der Kohlenstoffkreislauf zeigt den Weg des CO₂ auf: In einer nachhaltigen Ökonomie ist eine Bindung des CO₂ ein wichtiges Ziel, sei es in Böden, Pflanzen oder in Produkten durch Recycling. Quelle: In Anlehnung an „Bioökonomie in Deutschland 2022“

nach geeigneten Pflanzenarten und ermitteln die optimale Bestandsführung auf einer acht Hektar großen Anbaufläche. Unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joosten, dem Träger des Deutschen Umweltpreises 2021, werden dabei auch Empfehlungen für landwirtschaftliche Betriebe, Behörden und die Politik erarbeitet.

Die 2021 ins Leben gerufene Initiative toMOORow der Umweltstiftung Michael Otto und der Succow Stiftung beispielsweise setzt sich für funktionierende ökonomische Anreizsysteme ein: Sie zeigt nicht nur, wie man Moore zur CO₂-Reduktion wiedervernässt und die Biodiversität fördert, sondern auch, wie das Ganze wirtschaftlich machbar ist. So soll Nachfrage geschaffen werden, die es Unternehmen ermöglicht, wirkungsvolle Nachhaltigkeitsstrategien im Rahmen einer Corporate Social Responsibility zu entwickeln.

Carbon Farming als Ausgleichsmaßnahme

Vor dem Hintergrund zunehmender Klimaneutralitätsbekundungen durch Unternehmen, Regierungen und andere Organisationen gewinnen Ansätze zu Erhalt und Ausweitung von CO₂-Senken stetig an Bedeutung und werden häufig als freiwillige Ausgleichsmaßnahmen herangezogen: CarboCert aus Bodnegg bei Ravensburg fokussiert sich auf Maßnahmen, die durch verstärkten Humusaufbau zur

Kohlenstoffspeicherung in Agrarflächen beitragen sollen. Hierfür kooperiert man mit Landwirtinnen und Landwirten, die für humusfördernde Maßnahmen belohnt werden. Nachweislich im Boden gespeicherter Kohlenstoff wird dann Kunden als freiwillige Ausgleichsmaßnahme in Form von Humus-Zertifikaten angeboten.

Einen anderen Ansatz verfolgt die Firma Carbonfuture aus Freiburg, wo man unter anderem auf den landwirtschaftlichen Einsatz von Pflanzenkohle setzt. Wie alle Anbieter von Ausgleichsmaßnahmen müssen sich beide Unternehmen an drei Kriterien orientieren, um die Qualität ihrer Kompensationen zu gewährleisten: Messbarkeit, Langfristigkeit (Permanenz) und Zusätzlichkeit der Mittel (Additionalität).

Jede Ausgleichsmaßnahme sollte nachweislich messbar zur Kohlenstoffspeicherung beitragen. Bei CarboCert setzt man hierfür beispielsweise auf regelmäßige Bodenanalysen, die eine verlässliche Beobachtung des Humusaufbaus beziehungsweise der Kohlenstoffspeicherung ermöglichen. Somit wird sichergestellt, dass bei der Erstellung neuer Zertifikate nur tatsächlich gebundener Kohlenstoff berücksichtigt wird.

Gegenwärtig gilt dabei Folgendes: Nur wenn CO₂ langfristig – idealerweise über Zeiträume von Hunderten von Jahren – der Atmosphäre entzogen wird, kann vom klimarelevanten Effekt einer Senke ausgegangen werden. Diese Anforderung stellt für die meisten Maßnahmen zum Ausgleich von CO₂-Emissionen aus dem Spektrum des Carbon Farmings eine spezielle Herausforderung dar. Denn mit dem Ausbleiben einer Maßnahme, beispielsweise dem verstärkten Zwischenfruchtanbau, wird gespeichertes Kohlendioxid unter Umständen schnell wieder freigesetzt, und der Klimaschutzeffekt ist zunichte gemacht. Die Langfristigkeit einer Ausgleichsmaßnahme muss daher bei der Bewertung immer mitgedacht und kritisch hinterfragt werden. Bei Carbonfuture sieht man genau hier das Potenzial der Pflanzenkohle. Man ist sich der Stabilität der ausgebrachten Pflanzenkohle über Zeiträume von über 100 Jahren sicher und berücksichtigt für die Erstellung der Ausgleichszertifikate auch einen Abbau in geringem Maße und die damit einhergehende Wiederfreisetzung von Kohlendioxid.

Als drittes Qualitätskriterium gilt die Zusätzlichkeit der Mittel. Eine Maßnahme sollte lediglich zum Ausgleich genutzt werden, wenn sie über ohnehin geplante Aktivitäten hinausgeht. Speziell für Projekte, die Humusaufbau auf deutschen Agrarflächen fördern, kann diese Bestimmung herausfordernd sein. Der Grund: Der Erhalt von Humus ist auch bereits im deutschen Bodenschutzgesetz festgeschrieben. Daher ist es oftmals strittig, inwiefern entsprechende Projekte als Ausgleichsmaßnahmen herangezogen werden können.

Biotechnisches CO₂-Recycling

CO₂-Recycling mittels technischer, biologischer oder hybrider Verfahren ist eine gute Möglichkeit, um CO₂ aus Abgasen der industriellen Produktion zu binden und als Kohlenstoffquelle zu nutzen. In dem als „Biologischen Carbon-Capture-and-Usage (kurz: CCUBIO)“ bezeichneten Verfahren werden mithilfe biotechnischer Prozesse Bakterien, Archaeen oder Pflanzen eingesetzt, um im Rahmen der biologischen Stoffwechselprozesse das CO₂ zu reduzieren und so für die Herstellung von Grundchemikalien, wie zum Beispiel Ethanol oder Hexanol, zur Verfügung zu haben. Es gibt verschiedene Verfahren für CCUBIO.

Bei der Anwendung der Gasfermentation werden aerobe oder anaerobe Mikroorganismen eingesetzt, um aus gasförmigen Kohlenstoffquellen (CO und CO₂) Chemikalien zu gewinnen. Am weitesten verbreitet sind hier die Bakteriengattungen *Clostridium* und *Acetobacter*. Die Produkte können dann beispielsweise in der chemischen, pharmazeutischen, Automobil-, Lebensmittel- und Getränkeindustrie eingesetzt werden. Ein weiteres Verfahren ist die modifizierte Photosynthese. So können zum Beispiel Mikroalgen photosynthetisch aus CO₂, Licht und anorganischen Nährstoffen Biomasse produzieren. Neben der Produktion von Triglyceride als Basis für Biodiesel entstehen hier auch noch weitere Wertstoffe wie Proteine, die als Nahrungsergänzungsmittel eingesetzt werden können.

Bei der Elektrobiosynthese werden Biokatalysatoren stromgetrieben genutzt. Den eingesetzten Enzymen dient das CO₂ dabei als Substrat, so können deutlich gezielter Reaktionen mit den gewünschten Produkten herbeigeführt werden. Bei diesen Verfahren besteht aktuell noch erheblicher Forschungsbedarf. In dem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „BioElectroPlast“ arbeiten Wissenschaftler des Karlsruher Institut für Technologie daran, mithilfe von Bakterien, erneuerbarer Energie und Rauchgasen Polyhydroxybuttersäure (PHB), einen Biokunststoff, herzustellen.

Die Potenziale der bioinspirierten CO₂-Fixierung und -Nutzung zeigen eine Roadmap-Studie des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI anhand von Akteuren aus Baden-Württemberg sowie die Machbarkeitsstudie „Abgas-Raffinerie mit biologischen und hybriden Technologien mit Schwerpunkt auf CO₂-Recycling aus CO₂-Punktquellen“, erarbeitet von einem Konsortium unter Beteiligung des Instituts für Bioverfahrenstechnik der Universität Stuttgart, des Fraunhofer Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik sowie der Landesagentur Umwelttechnik BW. Dabei wird deutlich, dass

CCUBIO zielgerichtet in der Industrie, zum Beispiel bei schwer reduzierbaren Prozessemissionen bei der Zementherstellung, eingesetzt werden kann. Auch lässt sich mit CCUBIO grundsätzlich erneuerbare Energie chemisch, in Form von Kohlenstoffketten, speichern.

Neben technischen Anforderungen, wie der Entfernung von Sauerstoff aus dem Abgasstrom, sind für die Installation der Produktionsanlagen entsprechende Freiflächen, Investitionsbereitschaft der Unternehmen und Kooperationen mit der chemischen Industrie erforderlich. Die Fixierung von CO₂ könnte für zahlreiche baden-württembergische Unternehmen von Interesse sein, so zum Beispiel Automobilzulieferer, Zementhersteller und Firmen aus der Zellstoff-, Papier- und Kartonagenproduktion. Eine Berechnung der Studie zeigt auch, dass eine lohende Inbetriebnahme von CCUBIO-Anlagen unter anderem von den Strompreisen und vom Erlös der produzierten Kohlenstoffverbindungen abhängt. Unabhängig von einem finanziellen Gewinn, bietet die Technologie dagegen besonders für Industrien mit hohen Emissionen eine Möglichkeit, die CO₂-Emissionen in einem Kohlenstoffkreislauf zu integrieren und so klimaneutral zu produzieren.

In Baden-Württemberg fungiert das Innovationsnetzwerk „Innovation Hub CCUBIO“, gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, als zentrale Anlaufstelle für das Themengebiet des biotechnischen CO₂-Recyclings. Das Netzwerk hat sich zum Ziel gesetzt, gemeinsam mit Akteuren aus Forschung und Industrie CCUBIO-Technologien in die Anwendung bringen. Dabei sollen Emittenten, Technologieanbieter und auch Produkthersteller vernetzt werden, um neue Verwertungs- und Absatzwege zu entwickeln.

Einordnung, Potenzial und Ausblick

Vor dem Hintergrund der genannten Kriterien stellt sich die Frage, wie das Potenzial der Anwendung der CO₂-Bindung im Hinblick auf Klimaschutzmaßnahmen einzuschätzen ist. Leider lässt sich das Potenzial des CCUBIO noch schwer einschätzen, ihr wird jedoch eine Reduzierung der CO₂-Industrie-Emissionen um bis zu 75 Prozent zugerechnet. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird deutlich, dass der Weg für einen geschlossenen industriellen Kohlenstoffkreislauf noch lang ist. Zahlreiche der erforderlichen Technologien seien für den großtechnischen Maßstab noch nicht ausgereift. Hinzu kommen die fehlenden standardisierten Betrachtungsweisen im Rahmen des Life Cycle Assessment für die entstehenden Produkte. Der Einsatz von CCUBIO bietet jedoch die eine Möglichkeit für Industrien, mit hohen prozessbedingten Emissionen langfristig klimaneutral zu werden, sofern die hierfür im erheblichen Umfang benötigte erneuerbare Energie zur Verfügung steht.

BIOPRO-Kommentar zum Thema „CO₂ unter der Lupe“

Es ist nicht überraschend, dass seit einigen Jahren das CO₂-Molekül kritisch betrachtet wird, sind doch das Molekül selbst sowie weitere Stoffe über die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen für die Klimaerwärmung verantwortlich. Aus chemischer Sicht ist CO₂ selbst jedoch ein sehr wertvolles Molekül. Es gilt daher zu überlegen, wie man den darin enthaltenden Kohlenstoff trotz seines hohen Oxidationsgrades gewinnbringend einsetzen kann. Denn auch wenn man sich in der Bioökonomie zum Ziel gesetzt hat, fossile Rohstoffe durch biobasierte Ressourcen zu ersetzen, wird dies nicht reichen, um den Klimawandel aufzuhalten. Wir müssen mehr leisten, uns das CO₂ zunutze machen und es möglichst lange im Kohlenstoffkreislauf zu halten.

Als Beispiel lässt sich die Zemetindustrie heranziehen. Die dort freigesetzten Mengen an CO₂ aus den anorganischen Carbonatverbindungen sind enorm. Um sie aus dem Prozess abzuscheiden und weiterzuverwenden, lohnt sich der Einsatz von erneuerbaren Energien, um das CO₂ elektro-katalytisch oder chemisch-katalytisch umzusetzen. So können wertvolle Grundstoffe, wie Methan, gewonnen werden. Biologische Prozesse sind aus der Sicht der stöchiometrischen Raum-Zeit-Verhältnisse oftmals für diesen

Im Bereich der Landwirtschaft gehen Expertinnen und Experten davon aus, dass CO₂-Senken in einer Größenordnung von 8 bis 15 Mio. t Kohlendioxidäquivalenten geschaffen werden können und dadurch ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann. Diesem Potenzial stehen allerdings jährliche Emissionen von rund 106 Mio. t gegenüber, die auf landwirtschaftliche und damit verbundene Aktivitäten zurückzuführen sind. Dieses Ungleichgewicht macht aber deutlich, dass die Senken in einer klimaneutralen Zukunft in erster Linie für den Ausgleich unvermeidlicher landwirtschaftlicher Emissionen benötigt werden. Der Einsatz von Carbon Farming als Ausgleichsmaßnahme von Aktivitäten in anderen Sektoren sollte daher kritisch hinterfragt werden. Nichtsdestotrotz strebt die Europäische Union aktuell die Einführung eines offiziellen Zertifizierungssystems für technisches sowie agrar- und forstwirtschaftliches Kohlenstoff an. Ziel ist es, langfristig einen geregelten Handel solcher Ausgleichsmaßnahmen zu ermöglichen. Es bleibt abzuwarten, wie sich dies auf Aktivitäten im Bereich des Carbon Farming auswirken wird.

hochvolumigen CO₂-Ausstoß in der Regel zu langsam und benötigen zur Umsetzung zu viele Phasenübergänge. Ein weiterer wichtiger Schritt in der Baubranche, aber auch in den anderen Industriesektoren, ist die Implementierung einer Kreislaufwirtschaft.

Doch auch wenn biologische Prozesse für großindustrielle Anlagen (noch) keine ausreichenden Kapazitäten haben, so lassen sie sich gezielt bei kleineren CO₂-Strömen einsetzen. So liegt bei Abwasserbioraffinerien sehr reines CO₂ vor, das gezielt mithilfe von Mikroorganismen zu Wertstoffen, wie zum Beispiel Methanol, umgesetzt werden kann. Auch Biogasanlagen sind CO₂-Punktquellen, die es erlauben, biologische Carbon-Capture-and-Usage-Methoden einzusetzen.

Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung von Wasserstoff, um das CO₂ zu methanisieren. Startups wie die Karlsruher Ineratec zeigen, dass dieser Weg erfolgreich gegangen werden kann. Ein anderer Anwendungsbereich ist die Landwirtschaft. Die gezielte Zufuhr des Gases in Gewächshäusern und Vertical-Farming-Anlagen kann das Wachstum der Pflanzen verbessern und die Ausbeute an Lebensmitteln erhöhen. Damit wird deutlich: CO₂ ist ein viel zu wertvoller Rohstoff, als ihn nur in die Luft zu pusten.

Herzlichst,
Ihr Prof. Dr. Ralf Kindervater

Auch wenn der Einsatz zu Ausgleichszwecken nicht in jedem Fall empfehlenswert scheint, sind CO₂-Binde-Maßnahmen in jedem Fall zu begrüßen. Unabhängig von ihrer Funktion als CO₂-Senke ziehen sie in der Regel eine Reihe von anderen positiven Effekten nach sich. Trotz dieser Vorteile sollte jedoch nicht vergessen werden, dass die Reduktion von Treibhausgasemissionen das zentrale Ziel aller Klimaschutzmaßnahmen ist. Aus diesem Grund verwendet beispielsweise die Europäische Union zunehmend eine weiter gefasste Definition des Carbon Farming respektive der CO₂-Bindung, die dieser Anforderung besser gerecht wird. Es ist zu hoffen, dass dieses Verständnis auch in der öffentlichen Wahrnehmung an Bedeutung gewinnt.

Dr. Jan Lask, Simone Giesler, Dr. Ariane Pott

▶ QUELLEN

Literaturquellen können bei der Redaktion unter redaktion@bio-pro.de angefragt werden.

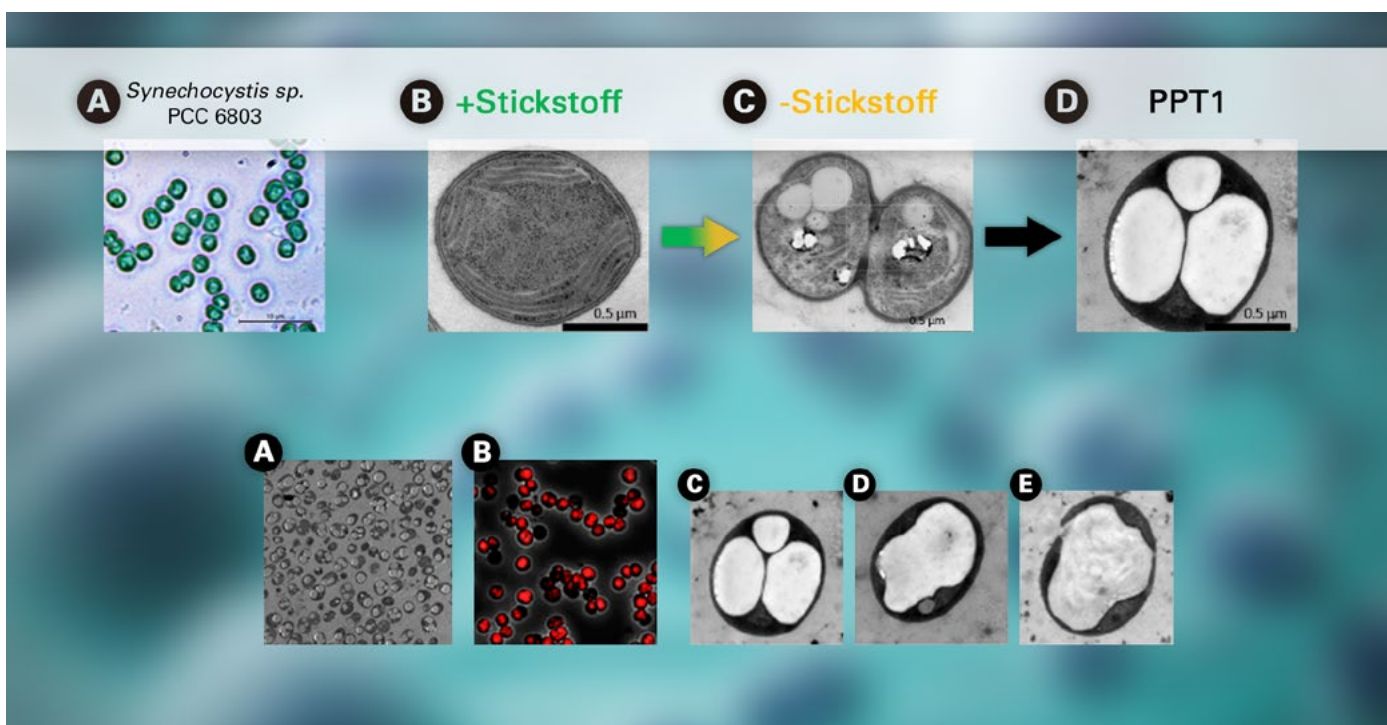


Abb. oben: Schematische Darstellung des PHB-Produktionsprozesses: Mikroskopische (A) bzw. elektronenmikroskopische (B) Aufnahme von Bakterien mit ausreichend Stickstoff im Medium (C). Wird die Stickstoffquelle entfernt, startet die PHB-Biosynthese (D). Mittels Metabolic Engineering konnten die Mengen deutlich gesteigert werden, wie im Stamm PPT1 gezeigt.; Abb. unten: Elektronenmikroskopische Darstellung der Bioplastikproduktion in der Mutante PPT1 des Cyanobakterium *Synechocystis* sp.: Die *Synechocystis*-Zellen zeigen viele große Granula (A), deren Anfärbung mit Nilrot sie als PHB bestätigt (B). Manche Zellen enthalten mehrere Granula (C), andere nur ein einziges (D). In manchen Zellen kam es zum Aufplatzen der Zellhülle (E) © Universität Tübingen (Aufnahmen bereits veröffentlicht in: *BIOspektrum* 02.21, DOI: 10.1007/s12268-021-1541-4)

Minifabriken für die Produktion von Biokunststoff Bakterien produzieren Bioplastik: ressourcenschonend und sehr umweltfreundlich

Lebende Zellen als Minifabriken, die nur aus Wasser, Sonnenlicht und Kohlendioxid Plastik herstellen, das auch noch zu 100 Prozent wieder abbaubar ist – was sich fantastisch anhört, gelingt tatsächlich: Forschende der Universität Tübingen haben Cyanobakterien gentechnisch so verändert, dass sie ihre Zellen prall mit Polyhydroxybutyrat füllen. Die Entwicklung von Pilotanlagen, um den Biokunststoff in größerem Stil produzieren zu können, wird nun angegangen.

Ob in Verpackungen, Textilien, als Klebstoff oder in Fahrzeugteilen – Plastik ist aus unserem Alltag nicht mehr

wegzudenken. Leider – denn zur Herstellung von synthetischem Kunststoff werden fossile Ressourcen verbraucht. Außerdem sind diese Produkte nicht biologisch abbaubar und belasten damit die Umwelt, da sie sich zu einem Großteil in der Natur oder auf Deponien anlagern, statt sich zu zersetzen.

An nachhaltigeren Alternativen wird deshalb seit Jahren unter Hochdruck gearbeitet. Technologien gibt es zwar, um Bioplastik aus unterschiedlichen natürlichen Quellen wie Stärke, Cellulose oder Milchsäure herstellen zu können – auch schon im industriellen Maßstab. Dennoch machen sie bislang nur einen sehr kleinen Teil des insgesamt produzierten Kunststoffs aus: 2021 lediglich rund 6 Prozent. Und: Obwohl wesentlich umweltfreundlicher als das petrochemische Pendant, so ist doch auch Bioplastik nicht immer zu 100 Prozent biologisch abbaubar. Der derzeit am häufigsten eingesetzte Biokunststoff PLA (Polylaktat) ist in Salzwasser beispielsweise fast gar nicht zersetzbar. Die bislang existierenden Lösungen sind also noch lange nicht zufriedenstellend.

Cyanobakterien: Plastikproduzenten, die kein Ackerland verbrauchen

Eine Möglichkeit aus natürlichen Rohstoffen, und auch noch wesentlich besser abbaubar, sind Polyhydroxyalkanoate

(PHAs). Ihre häufigste Variante, das Polyhydroxybutyrat (PHB), entsteht im natürlichen Stoffwechsel verschiedener Mikroorganismen – praktisch „von alleine“. PHB hat ähnliche Materialeigenschaften wie Polypropylen, ein häufig verwendeter konventioneller Kunststoff, und ist bei Wärme formbar. Die Herstellung mit heterotrophen Bakterien ist deshalb tatsächlich eine schon gut etablierte Methode, auch in größeren Anlagen. Allerdings brauchen die lebenden Plastikproduzenten Energie und müssen mit Nahrung in Form von Zucker gefüttert werden – was Ressourcen bindet, die eigentlich für die menschliche Ernährung benötigt werden.

Unabhängig von der Nutzung von Ackerland sind dagegen phototrophe Organismen, die lediglich Licht als Energiequelle brauchen und so PHB völlig kohlenstoffneutral synthetisieren: Solche Lebewesen sind Cyanobakterien. „Diese ökologisch relevanten Mikroorganismen kann man biotechnologisch gut manipulieren, um in ihren Stoffwechsel einzugreifen“, erklärt Prof. Dr. Karl Forchhammer, der den Lehrstuhl für Mikrobiologie/Organismische Interaktionen an der Universität Tübingen leitet und sich schon seit drei Jahrzehnten mit Cyanobakterien beschäftigt.

Zellen prall gefüllt mit vollständig abbaubarem Kunststoff

Die Forschenden gehen davon aus, dass Cyanobakterien das fettartige PHB als eine Art Speicherstoff verwenden. Allerdings in Mengen von lediglich etwa 15 Prozent pro Zelltrockengewicht (CDW) – zu gering, um überhaupt annähernd wirtschaftlich zu sein. So machte man sich in Tübingen daran, die Synthesemengen zu steigern.

Mit Erfolg: Forchhammer hat gemeinsam mit seinem ehemaligen Doktoranden Dr. Moritz Koch einen neuen Stamm geschaffen, der bis zu 81 Prozent pro CDW enthält. Das produzierte Polymer besteht aus reinem PHB, das hoch isotaktisch ist. Die Seitengruppen dieses Makromoleküls sind also regelmäßig angeordnet, was Voraussetzung für wichtige Eigenschaften eines Kunststoffes ist. Und das nicht nur, was die Ausgangsstoffe angeht: Das in Cyanobakterien produzierte Plastik ist innerhalb von sechs Monaten komplett wieder abgebaut.

Plastikherstellung trägt aktiv zur CO₂-Reduktion bei

Der erste Schritt zur Produktion des nachhaltigen Bioplastiks ist die Photosynthese, die die grünen Bakterien zur Synthese von Zellbausteinen aus CO₂, Sonnenlicht und Wasser prinzipiell genauso wie die Pflanzen betreiben. Wird das Wachstum aus irgendeinem Grund eingeschränkt, so schalten die Bakterien auf den Überlebensmodus um: Anstatt notwendige Zellbausteine herzustellen, produzieren sie nun

Glykogen, das anschließend zu einem kleinen Teil in PHB umgewandelt wird.

In diesem Zusammenhang steht eine entscheidende Entdeckung, die die Tübinger Biologen machten: Sie fanden die Schaltstelle, die die Verteilung des fixierten Kohlenstoffs in der Zelle steuert. Sobald man diesen Schalter entfernt und die Zellen zudem unter Stickstoffmangel setzt, entsteht aus dem fixierten Kohlenstoff kein Glykogen mehr, sondern PHB. Dieses lässt sich anschließend leicht mithilfe von Lösungsmitteln aus den Zellen extrahieren und als Rohstoff für praktische Anwendungen einsetzen.

Damit aber des Guten noch nicht genug: Da bei der Photosynthese CO₂ in nicht unbeträchtlichen Mengen verbraucht wird, ist die Bioplastikproduktion nicht nur ressourcenschonend, sondern kann auch noch aktiv zur Reduktion des Treibhausgases beitragen. Eine konkrete Verwendung des Verfahrens als CO₂-Falle in Kombination mit Anlagen, die das Gas produzieren, soll getestet werden. „Dieser Zusatznutzen macht das Verfahren überhaupt erst rentabel“, so Forchhammer. Für ihr nachhaltiges Bioplastik wurden die Forschenden Ende 2021 mit dem 2. Platz beim Ideenwettbewerb Science2Start ausgezeichnet.

Upscaling bietet noch mehr Potenzial für Nachhaltigkeit

Nun steht der Transfer aus dem Labor in den großtechnischen Maßstab an. „Dieser Übergang verlangt nochmals viel neue Technologie“, erklärt Forchhammer, der diesen selbstverständlich weiterhin biowissenschaftlich begleitet. In einem ersten Upscaling soll die Kultivierung der lebenden Minifabriken in 500-Liter-Bassins getestet, dann die Produktivität modular gesteigert werden, eventuell auch in Flachbettreaktoren. Dabei sind eine Menge Parameter zu beachten, etwa die richtige Lichtdosierung oder die Wasserqualität. Gerade das eingesetzte Wasser birgt auch noch viel Potenzial für noch mehr Nachhaltigkeit: „Eventuell könnte man Abwasser oder sogar Salzwasser verwenden, das wären wahnsinnig günstige Quellen“, meint der Biologe.

Und auch an der Verwendung der restlichen Biomasse, die nach der PHB-Extraktion übrigbleibt, soll noch gearbeitet werden. Zum Beispiel wäre es denkbar, Pigmente daraus zu gewinnen. Ebenso wäre es natürlich theoretisch möglich, die Cyanobakterien zur Herstellung noch ganz anderer Rohstoffe zu nutzen. „An solchen Green-Cell-Factories wird weltweit intensiv gearbeitet – von Biokraftstoff bis hin zu Ethylen für die chemische Industrie –, da sind wir nicht die Einzigen“, so Forchhammer. „Aber beim Bioplastik sind wir auf jeden Fall ganz vorne dabei: Das endgültige Rennpferd haben wir noch nicht, aber einen gut funktionierenden Prototyp bestimmt.“

Dr. Petra Neis-Beeckmann



Braugerste und Linsen werden auf dem Biohof Häußler geerntet. ©Thomas Stephan

Linsenanbau in einer Erzeugergemeinschaft Vom Anbau bis zum Verkauf – die Alblinsen

Komplizierter Anbau, schwankende Erträge und aufwendige Reinigung: Leisa – so heißen Linsen auf Schwäbisch – sind anspruchsvoll. Um wirtschaftlich produzieren zu können, haben sich auf der Schwäbischen Alb 130 Landwirte zur Öko-Erzeugergemeinschaft Alb-Leisa zusammengeschlossen und lassen ihre Linsenernte von den Lauteracher Alb-Feld-Früchten verarbeiten und vermarkten.

Die Linse ist eine krautige Pflanze, die je nach Sorte bis zu 50 cm hoch wird. Alleine angebaut, legt sie sich gerne um, vor allem wenn es stark regnet. Das erschwert die Ernte und erhöht das Risiko für Pilzkrankheiten. Daher werden Linsen meist zusammen mit einer Stützfrucht angebaut. Für die Landwirte der Öko-Erzeugergemeinschaft Alb-Leisa auf der Schwäbischen Alb haben sich Hafer, Braugerste und Leindotter als Stützfrüchte für die von ihnen angebaute Linsensorten bewährt. Um den Linsenanbau zu stärken, haben sich zwei Landwirte aus der Erzeugergemeinschaft auch an den Feldversuchen im Projekt Rhizo-Linse beteiligt. Ziel des Projekts ist es, die Stickstoffversorgung der Linsenpflanzen auf natürliche Weise zu verbessern und das bioökonomische Potenzial im Linsenanbau zu identifizieren.

Begonnen hat alles auf dem Bioland-Hof Mammel in Lauterach, der seit 1985 Linsen anbaut, anfangs auf wenigen Hektar. Die Nachfrage wurde immer größer, sodass mehr Bauern Linsen

anbauen. Die Erzeugergemeinschaft wurde 2001 gegründet und zählt heute 130 Landwirte, die auf insgesamt 400 bis 450 ha Alb-Linsen kultivieren. Sie alle gehören einem ökologischen Anbauverband an und beziehen das Saatgut für Linsen und Stützfrüchte von den Lauteracher Alb-Feld-Früchten. Das ebenfalls Bioland-zertifizierte Unternehmen ist aus dem Bioland-Hof Mammel hervorgegangen und wurde 2009 von Lutz Mammel übernommen, damals noch unter anderem Namen. Hier ist er mit zwölf Mitarbeitern damit beschäftigt, die Linsenernte anzunehmen, aufzuarbeiten, zu verpacken und zu vermarkten. Neben Linsen sind Buchweizen, Leindotteröl, Nudeln, Leinsamen, Hanfsamen und Nacktgerste die wichtigsten Eigenprodukte. Im Hofladen kaufen etwa 1.000 Kunden pro Jahr ein, über einen Onlineshop werden jährlich über 8.000 Pakete verschickt. Zudem werden 1.300 Einzelhändler, 100 Unverpackt-Läden sowie 450 Gastro- und Großküchen mit Produkten beliefert.

Auf einem Acker werden mindestens sechs Jahre Linsenpause eingelegt

„Die Mitglieder der Öko-Erzeugergemeinschaft sind über Anbauverträge mit den Lauteracher Alb-Feld-Früchten verbunden“, erklärt Franz Häußler, der dort die Linsensbauern betreut. Das sind einjährige Verträge, in denen festgelegt wird, wie viel Hektar Linsen pro Anbaujahr ausgesät werden, und welche Linsensorte mit welcher Stützfrucht angebaut wird. Außerdem wird festgehalten, was in den Vorjahren auf dem Acker kultiviert wurde. „Es müssen mindestens sechs Jahre Linsenpause eingehalten werden, weil die Fruchtfolgekrankheiten sonst den Ertrag schmälern bis ganz ausfallen lassen“, beschreibt Häußler. „Linsen sind heikel“, sagt er.

Die Erzeugergemeinschaft baut drei Linsensorten an: „Späths Alblinse I Die Große“, „Späths Alblinse II Die Kleine“ und die Dunkelgrün marmorierte Linse. Sie alle können mit Leindotter und Hafer angepflanzt werden, die Dunkelgrün marmorierte auch mit Braugerste. Die Ernte nehmen die Lauteracher Alb-Feld-Früchte auf der südlichen Alb sowie zwei weitere Landwirte auf der westlichen und mittleren Alb an. Dort werden Linse und Stützfrucht im ersten Schritt bei maximal 40 °C bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt der Linsen von 13 Prozent getrocknet. Das Trocknungsgut wird dabei immer wieder durchmischt und mit Sieben von Sand, Steinen und Unkrautsamen vorgereinigt. So getrocknet, kann die Ernte mehrere Wochen gelagert werden. Alle weiteren Reinigungsschritte werden in Lauterach durchgeführt.

Trieur trennt Rundes und Längliches

Dort wandern Linsen und Stützfrucht im nächsten Schritt in den Trieur. Dieser trennt die runden Linsen von der länglichen Stützfrucht. Er besteht aus einer Blechtrommel, in der innen Vertiefungen eingearbeitet sind, in die die runden

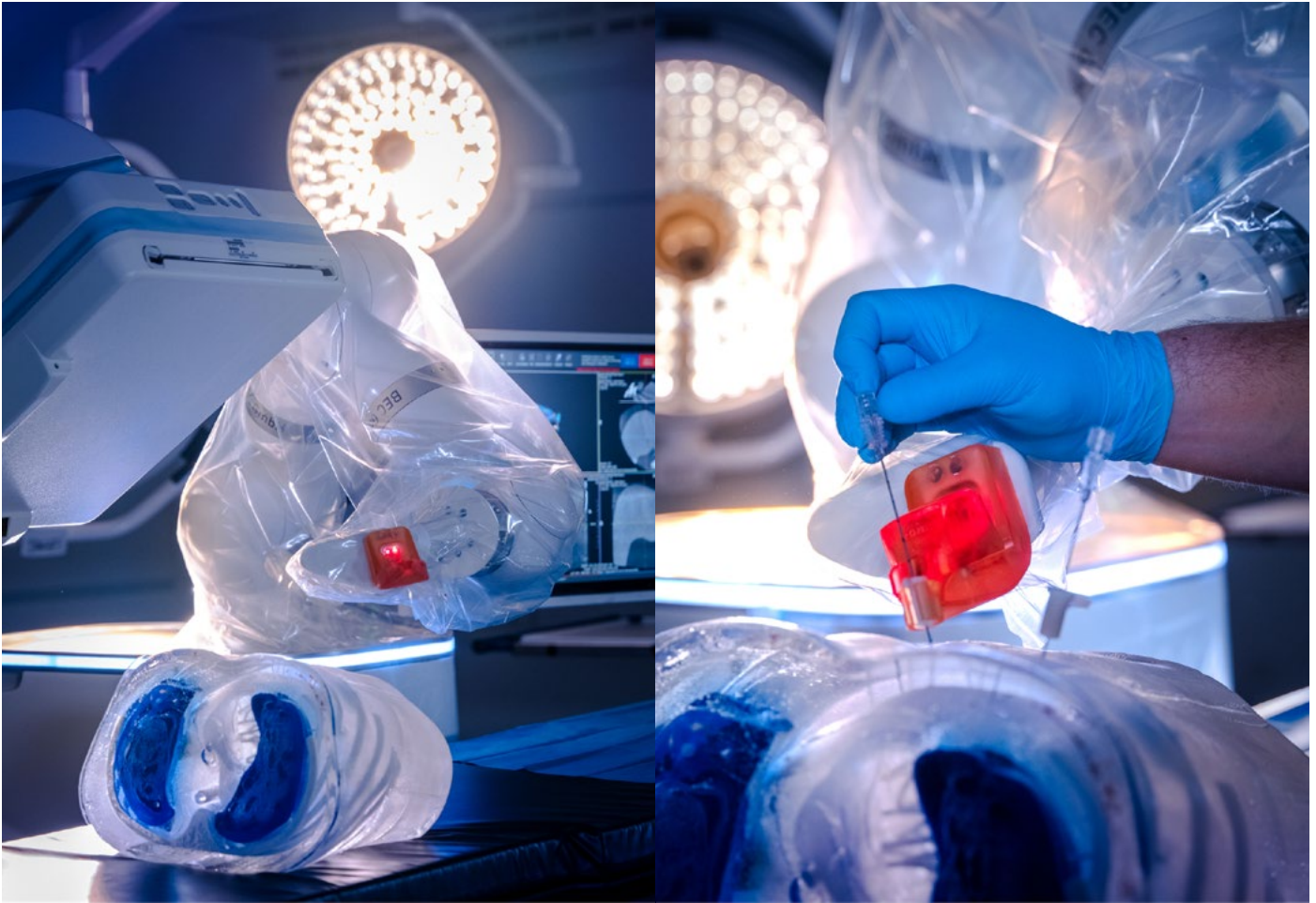
Linsenkörner ganz hineinpassen, die längliche Stützfrucht aber formbedingt nicht ganz. Dreht sich die Trommel, bleiben die beiden Körnersorten unterschiedlich lang in den Vertiefungen, bevor sie herausfallen, und können so an verschiedenen Stellen gesammelt werden. Als Ergebnis dieses Reinigungsschrittes erhält man Linsen und Stützfrucht jeweils mit Verunreinigungen. Im nächsten Schritt trennt der Gewichtsausleser Schweres von Leichtem. Hier werden Linsen, Klein- und Bruchkorn, Unkrautsamen, Steine, Erdbrocken und Spelzen voneinander getrennt.

Farbausleser pustet unerwünschte Körner aus

Im letzten Reinigungsschritt werden die Linsen durch den sogenannten Farbausleser geschickt. Diesen gibt es seit ungefähr vier Jahren bei Lauteracher. Im Computer wird eingestellt, welche Körnerfarbe nicht erwünscht ist und aussortiert werden muss. Die Linsen mit Verunreinigungen werden auf einer Rutsche vereinzelt. Am Ende der Rutsche werden sie im freien Fall von Kameras farblich analysiert und unerwünschte Körner blitzschnell ausgepustet. So können schlechte Linsen, Steine, Erdbrocken, Unkrautsamen, Klein- und Bruchkorn aussortiert werden. Der Farbausleser kann eine Tonne Linsen pro Stunde reinigen. Bei ihm liegt ein begrenzender Faktor, was die Linsen-Stützfrucht-Kombination betrifft: Späths Alblinsen I und II lassen sich im Farbausleser schlechter von Braugerste trennen, da sie sich farblich zu ähnlich sind. Wie oft einzelne Reinigungsschritte wiederholt werden müssen, hängt von der Qualität der Ernte ab. „Weil es sehr nass war, hatten wir 2021 mit 100 Tonnen weniger als die Hälfte des üblichen Ertrags, aber mehr Aufwand“, beschreibt Häußler. „Würden wir die Linsenreinigung heute neu bauen, würden eine Million Euro nicht reichen“, sagt er. Aber sie ist nach und nach entstanden, es wurde viel gebastelt und optimiert. Die Reinigung ist in alten Gebäuden des Biohofs untergebracht, verpackt wird in einem Neubau. Siebausleser und Trieur gab es bereits, Gewichts- und Farbausleser waren dagegen sehr große Investitionen und wurden extra für die Linsenreinigung angeschafft. Diese können mit geänderten Einstellungen aber auch anderes Erntegut bearbeiten.

Was die Zukunft der Linsen betrifft, sieht Häußler bei der Vermarktung gar kein Problem. Grenzen setzen aus seiner Sicht die langen Anbaupausen und die Verarbeitung. Die Linsensbauern müssten bereit sein, Risiken einzugehen, und das Ganze langfristig sehen. Es herrsche eine große Solidarität unter den Linsensbauern. Auch kleine Landwirte und Nebenerwerbsbetriebe können einsteigen und sich bei den größeren und besser ausgestatteten Betrieben anhängen. „Das ist Kleinbauernerhaltung“, freut er sich. „Landwirte werden immer mehr zu Einzelkämpfern. Dazu ist die Öko-Erzeugergemeinschaft das Gegenstück, das beflügelt mich am meisten.“

Nadine Fritschka



Die „Hand“ (rot) des Roboterarms *guidoo* platziert unter CBCT-Kontrolle (Gerät vorne links) Führungshülsen an der richtigen Position und im richtigen Winkel, durch die die Operierenden die Biopsienadel stechen können. © Fraunhofer IPA

Roboterarm für mehr Zielgenauigkeit *guidoo*: Robotische Assistenz für schnelle und präzise Biopsien

Nadelbasierte Eingriffe durch die Haut, wie beispielsweise Biopsien bei inneren Organen, erfordern nicht nur viel Geschick und Erfahrung, sondern auch Zeit. Das Fraunhofer IPA Mannheim entwickelt gemeinsam mit der BEC GmbH aus Pfullingen ein robotisches OP-Assistenzsystem, das die richtige Positionierung und Ausrichtung der Nadel mithilfe einer Führungsschiene unterstützt und so den Eingriff bei gleichbleibender Präzision erheblich beschleunigt.

„Die knappste Ressource der Ärztinnen und Ärzte ist Zeit“, beschreibt Diplom-Ingenieur Johannes Horsch die Problematik in der aktuellen medizinischen Versorgung. Als Leiter der Gruppe medizintechnische Assistenzsysteme in der Abteilung Klinische Gesundheitstechnologien am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Mannheim arbeitet er deshalb seit Jahren intensiv daran, diese Situation zu verbessern. „Wenn wir es schaffen, durch intelligente Assistenz – in diesem Fall durch Roboter – bei gleichbleibender Qualität Zeit zu gewinnen, dann profitieren sowohl Patientinnen und Patienten als auch die Klinik davon.“ In derselben Zeitspanne können mehr Kranke behandelt werden, und bei Kosten von 40 bis 60 Euro pro OP-Minute verbessert sich die Kosteneffizienz eines Eingriffs deutlich.

***guidoo* lenkt die Biopsienadel zum Ziel**

Ein wichtiges, aber bisher sehr zeitaufwendiges medizinisches Diagnoseverfahren ist die Biopsie bei inneren Organen, also die Entnahme kleiner Gewebemengen zu Untersuchungszwecken.

Erfolgt diese mithilfe einer Nadel von außen durch die Haut, benötigen die Durchführenden viel Geschick und Erfahrung, um die Zielstruktur im Körperinneren genau zu treffen und umliegendes Gewebe möglichst wenig zu verletzen. Trotz der Unterstützung durch bildgebende Verfahren kann es durchaus 30 bis 45 Minuten dauern, bis die Nadel richtig positioniert ist. Werden mehrere Proben entnommen, verlängert sich der Eingriff entsprechend.

Im Rahmen des Mannheimer Forschungscampus M²OLIE (Mannheim Molecular Intervention Environment), dessen Ziel die Etablierung einer patientenzentrierten und zeitoptimierten Infrastruktur für innovative Tumortherapien ist, startete das Fraunhofer IPA 2013 deshalb auf Anregung aus der Klinik die Entwicklung eines neuen Assistenzsystems: „Mithilfe des Roboterarms guidoo wollen wir es den Anwendenden ermöglichen, eine Biopsie genauso präzise durchzuführen wie eine erfahrene Person, aber deutlich schneller“, erläutert Horsch. In engem Austausch mit den Medizinerinnen und Medizinern der Universitätsklinik Mannheim wurde in den folgenden Jahren ein erstes Gerät konstruiert, das die Positionierung und Ausrichtung der Biopsienadel unterstützt, indem es eine Führungshülse präzise und im richtigen Winkel über der geplanten Einstichstelle platziert. Bereits 2017 zeigte sich in ersten Nutzerstudien an Phantomen (künstlichen Körperteilen), dass ungeübte Medizinstudierende nach zehn roboterassistierten Eingriffen eine sehr hohe Genauigkeit in einer durchschnittlichen Zeit von 6,5 Minuten erreichten. Diese Ergebnisse waren das Startsignal für eine Kommerzialisierung.

Interdisziplinäre Kooperation zwischen Forschung, Industrie und Klinik

Seit 2018 arbeitet das Fraunhofer IPA mit dem Automatisierungsunternehmen BEC GmbH aus Pfullingen zusammen, um den Einsatz von guidoo in der klinischen Praxis zu erproben und ein marktreifes Gerät zu entwickeln. Der zertifizierte Medizinproduktehersteller hat langjährige Erfahrung mit Positioniersystemen auf dem Gebiet der Medizintechnik. „Der Neuheitswert von guidoo ist ganz klar die verbesserte zeitliche Effizienz, und nicht eine erhöhte Genauigkeit im Vergleich zum Menschen“, erläutert Andreas Rothfuss. Er ist seit Beginn an dem Projekt beteiligt; erst als Mitarbeiter des Fraunhofer IPA, und jetzt als Verantwortlicher für die Entwicklung und Zulassungsanstrengungen bei BEC. „guidoo übernimmt das Platzieren und Angulieren der Nadel, also den Teil der Prozedur, in dem wir Menschen sehr langsam sind.“ – „Die Ärztin bzw. der Arzt hat aber immer noch die Hoheit über die Behandlung und entscheidet, wie tief die Nadel eingestochen wird. guidoo assistiert nur“, ergänzt Armin Schäfer, der den Bereich Medizintechnische Assistenzsysteme am Fraunhofer IPA betreut.

Die praktische Umsetzung verläuft folgendermaßen: Der Roboterarm wird auf seinem mobilen Untersatz direkt an den Operationstisch geschoben, auf dem die erkrankte Person gelagert ist. Mittels Cone-Beam-Computertomografie (CBCT) wird zuerst ein 3D-Bild erstellt, auf dem die Zielstrukturen erkennbar sind. Da sich die Roboterhand ebenfalls im Bildgebungsbereich befindet, kann anhand integrierter Marker eine automatische Kalibrierung zwischen Roboter und Bildgebung erfolgen. Anschließend definiert die Operateurin bzw. der Operateur den Biopsiepunkt sowie die gewünschte Einstichstelle, woraufhin guidoo den besten Zugangsweg berechnet und innerhalb von wenigen Minuten die Nadelführung platziert. Der Mensch kann dann die Nadel, geleitet von der Hülse, einstecken und nach Kontrolle der Position durch ein weiteres CBCT die Gewebeprobe entnehmen.

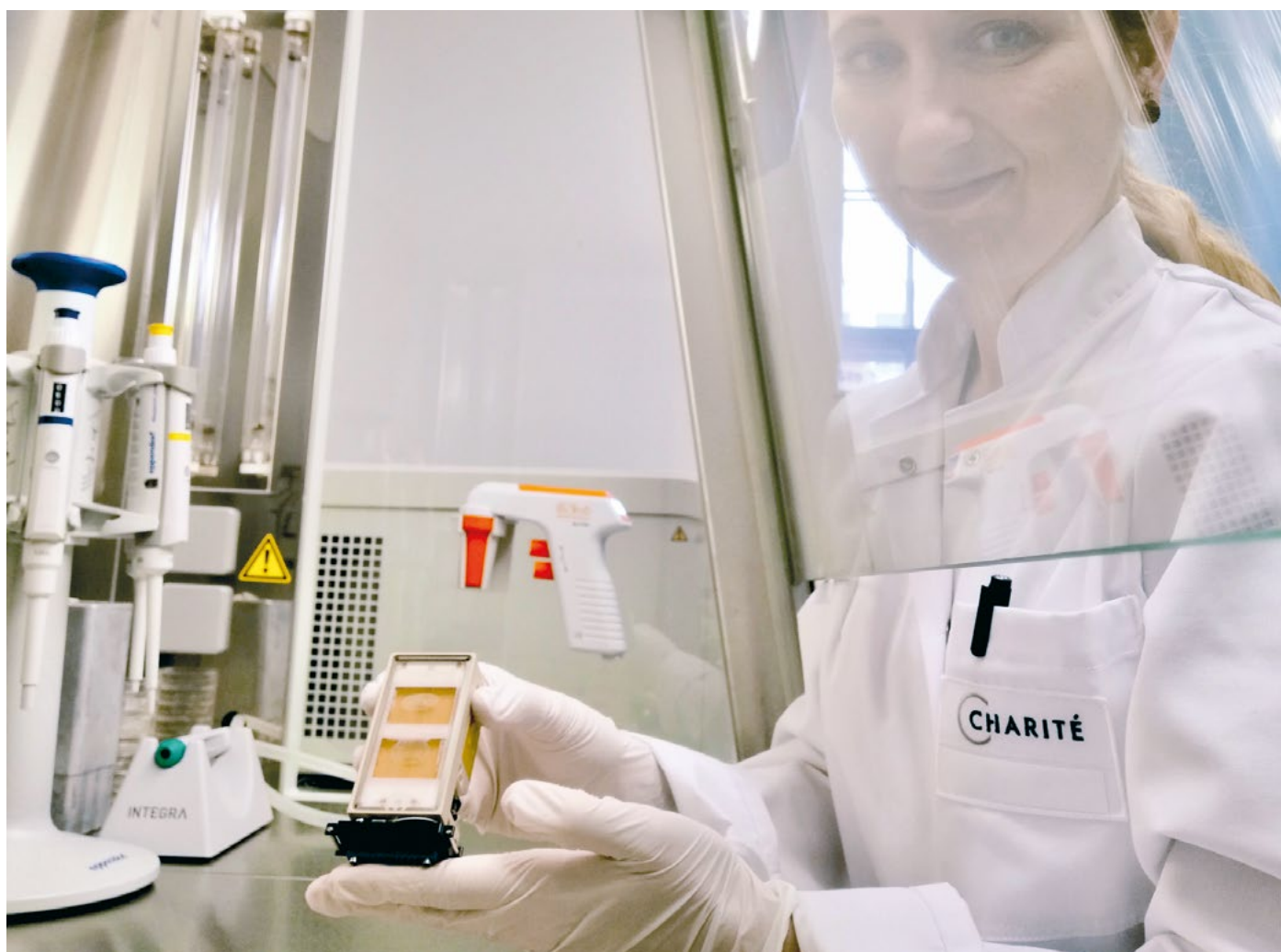
Zum Nachweis der Sicherheit und Leistungsfähigkeit von guidoo führte der zweite klinische Partner, das Kantonsspital Baden, Anfang 2021 erfolgreich erste In-vivo-Versuche an Tieren in einem chirurgischen Schulungszentrum in Straßburg durch. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse werden derzeit in die Steuerung eingearbeitet. Des Weiteren wird die Technische Dokumentation erstellt, auf deren Basis bis zum Herbst 2022 eine Zulassung als Medizinprodukt der Klasse IIb erreicht werden soll, sodass ein erster Einsatz am Menschen voraussichtlich noch in diesem Jahr möglich ist.

guidoo bietet viele Vorteile

guidoo beschleunigt den Biopsieprozess deutlich und unterstützt so die zügige Abklärung eines Tumorverdachts. Vor allem wenn aufgrund von Metastasen mehrere Proben entnommen werden müssen, ist die Zeitersparnis hoch. Des Weiteren erhöht guidoo die Sicherheit und Verträglichkeit für die Patientinnen und Patienten, denn aufgrund der verbesserten Zielgenauigkeit nimmt die Wahrscheinlichkeit für Verletzungen des umliegenden Gewebes ab, und die Dauer der Strahlenbelastung während des Verfahrens verringert sich deutlich – auch für das medizinische Fachpersonal. Unter wirtschaftlichen Aspekten profitieren die Kliniken gleichermaßen von dem Roboterarm, da die Eingriffe kosteneffizienter werden und sich besser planen lassen.

Die Biopsieunterstützung ist aber nur eine mögliche Anwendung von guidoo. Nach der Zulassung sind weitere Einsätze bei Eingriffen denkbar, die ebenfalls lange und dünne Instrumente benötigen, wie beispielsweise chirurgische Bohrer oder die Thermoablation (Gewebezerstörung durch Hitze).

Dr. Ruth Menßen-Franz



Wissenschaftlerin der Charité mit den Zellkulturforschungskammern. Die Zellen in der Kammer werden durch eine integrierte Pumpe und angebrachte Tanks mit Nährstofflösung versorgt. © yuri GmbH

Biotech im Weltall

Raumfahrt-Start-up yuri: Schwereelosigkeit für die kommerzielle Forschung

Zellen ohne Einwirkung der Schwerkraft zu züchten könnte die Medikamentenentwicklung revolutionieren. Das Start-up yuri am Bodensee ermöglicht passgenaue Experimente auf der ISS – ob mit Stammzellen, künstlichen Organen, Oberflächen oder Materialien. Aktuell dabei: Mini-Zelllabore der Berliner Charité und der Goethe-Universität Frankfurt.

„Experimente in Schwerelosigkeit können neue Erkenntnisse für Medizin, Biowissenschaften und Physik liefern“, erklärt Mark Kugel, Chief Commercial Officer beim Meckenbeurer Start-ups yuri. „Bislang waren Experimente auf der ISS jedoch schwierig, teuer und sehr zeitaufwendig.“ Kugel ist einer der vier Gründer von yuri, zusammen mit der Weltraum-Ingenieurin Maria Birlem und den Ingenieuren Christian Bruderrek und Philipp Schulien – alle mit Airbus- und NASA-Erfahrung. „Bisher war der Markt nur für Raumfahrtunternehmen offen“, so Kugel weiter. „Mit yuri ermöglichen wir nun jeglichen Forschungseinrichtungen Projekte auf der ISS.“

Durch Bündelung mehrerer Experimente in einer Mission, Fachkompetenz zu spezieller Hardware und auf sechs Monate reduzierte Zeit kann yuri die Kosten erheblich senken: Unter 100.000 Euro statt bisher 1 Mio. Euro soll eine ISS-Forschungsmission kosten – Downscaling für Experimente

upstairs. Der Weltraum-Dienstleister agiert dabei als One-Stop-Shop und kümmert sich um die Vorbereitung der modularen Experimentierbox, das Management aller Formalitäten und Personen bis hin zu Flug und Expedition. Steil bergauf geht es vor allem im Biotech-Bereich: Um naturwissenschaftliche Erkenntnisse unter Schwerelosigkeit zu gewinnen, nutzen aktuell die Berliner Charité und die Goethe-Universität Frankfurt das kommerzielle Angebot von yuri. Beide Projekte sind bei der NASA gelistet.

Immunsystem und künstliche Organe unter Schwerelosigkeit

Das Projekt SHAPE (Spheroid Aggregation and Viability in Space) unter wissenschaftlicher Leitung von Dr. Francesco Pampaloni der Goethe-Universität hat zum Ziel, ein besseres Verständnis zu erhalten, wie Mikrogravitation das menschliche Immunsystem auf zellulärer Ebene beeinflusst. Der Gedanke dahinter: Die Erkenntnisse könnten für zukünftige Langzeitaufenthalte im Weltraum bedeutsam sein. Denn unter nahezu fehlender Schwerkraft wird das Immunsystem geschwächt, eine potenzielle Infektion kann nur schwer abgewehrt werden.

Es geht aber um noch viel mehr: Die Erkenntnisse können als Grundlagen für zukünftige Therapieentwicklungen bei Infektionskrankheiten oder Erkrankungen des Immunsystems dienen. Dazu schickt das Forschendeteam Stammzellen in vollautomatischen Mikrolabor-Boxen von yuri auf die ISS. Zwei Zellarten wurden in Hydroxylapatit präpariert, einem Hauptbestandteil in Knochen. Das Besondere: Erst in gravitationsarmer Umgebung bilden sich Sphäroide, dreidimensionale Zellnester, so wie das Knochenmark im menschlichen Körper vorliegt – und wie es in keinem Labor auf der Erde stabil dargestellt werden kann. Dort, wo sich Schwer- und Zentrifugalkraft infolge der Orbitbewegung fast aufheben und es weder Ablagerungen noch Konvektionen gibt, sind dreidimensionale Zellgewebe möglich. Nach der Landung auf der Erde sollen die Zellgewebe mittels 3D-Lichtscheibenmikroskopie analysiert werden. Auch die Genexpression wird ermittelt. Die genaue Kenntnis der räumlichen Struktur sowie beteiligter Gene hilft, Funktionen und Eigenschaften besser zu verstehen, um pharmazeutische Anwendungen entwickeln zu können.

Muskelzellen wachsen lassen

Bereits nach ein bis zwei Wochen Aufenthalt im All beginnt sich Muskelmasse abzubauen, da sie im gravitationsfreien Zustand keine Körperlast trägt. „Wichtig wäre, im Detail zu verstehen, wie es zur Muskelrückbildung kommt. So könnte man Parallelen bei Betroffenen aufdecken, die an Muskelschwund leiden“, so Kugel. Hier kommt das Institut für Integrative Neuroanatomie der Berliner Charité ins Spiel. Das Team um Dr. Michele Salanova geht im Projekt NEMUCO

(Nerve-Muscle Co-culture) der Frage nach, welche Faktoren bei der Entmineralisierung der Knochen und der Sensibilitätsstörung bestimmter Nervenendigungen eine Rolle spielen.

Auch hier erhofft man sich tiefe Einblicke „out of the box“: Dafür werden isolierte Nervenzellen zusammen mit jungen Muskelzellen gezüchtet und in Zellboxen auf die ISS geschickt. Noch in Schwerelosigkeit werden die Zellen in ihrem 3D-Gebilde fixiert und die Proben nach Rückkehr an der Charité ausgewertet. Dabei sollen Zusammenhänge entdeckt werden, die zu einer Verschlechterung von Struktur und Funktion der neuromuskulären Verbindungsstellen führen und so Muskelkontrolle und Feinmotorik beeinträchtigen – ein möglicher Meilenstein für die Entwicklung neuer Therapien zum Aufbau gesunden Muskelgewebes. Denn Autoimmunerkrankungen, Myo- und Polyneuropathien, Alterungsprozesse oder längere Bettlägerigkeit führen genauso zu einer Verschlechterung der Muskulatur wie Aufenthalte im Weltraum.

Biotech-Pionier im All

Bevor ein Experiment den Weg in die Science-Box fürs All findet, gibt es einige Schritte am Boden, wie Kugel erklärt: „Wir analysieren mit den Forschendenteams die Machbarkeit. Dabei können unsere bisherigen Erkenntnisse mit 3D-Gewebsmodellen für künftige Experimente wertvoll sein, etwa für das Screening von Medikamenten, Toxizität oder zur Entwicklung von gesundem Gewebe.“ Damit im engen Zeitfenster kurz vor Raketenstart die Präparation der Proben gelingt, haben die Forschenden die Abläufe unter Realbedingungen geübt. Knifflig dabei: Es dürfen keine Luftblasen in den Zellkulturen eingeschlossen sein oder durch Dichtungsprobleme entstehen, sonst sterben die Zellen ab. Am Starttag heißt es dann: Ab in die Boxen, die nach Installation in einem ISS-Inkubator nach vorgegebenem Zeitplan automatische Medienwechsel und Fixierungen erfahren und anschließend bei 4 °C gelagert werden.

Dass das Start-up am Bodensee einen Senkrechtstart hingelegt hat, zeigt sich an der Entwicklung seit Gründung 2019. Unzählige Auszeichnungen bestätigen das Potenzial der Gründungsidee, die yuri inzwischen zu einem 30-köpfigen Team an den Standorten Meckenbeuren und Luxemburg hat wachsen lassen. Das Ziel ist gesteckt: yuri will zum Weltraum-Biotechunternehmen werden und so Treiber vieler Innovationen: Stress- und Hirnforschung, Forschung zu neurodegenerativen Erkrankungen, Immun- und Infektionskrankheiten oder Entstehung von Tumoren bis hin zu Materialwissenschaften und Mikroelektronik für die Medizintechnik – der Horizont scheint unendlich. Man darf gespannt sein, was yuri alles hervorbringen wird.

Simone Giesler



Dr. Janina Beha, Vize-Geschäftsführerin des ZPM Tübingen
 © Universitätsklinikum Tübingen

Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg „Wir sind die Schnittstelle zwischen Innovation, Forschung und Regelversorgung“

Maßgeschneiderte Therapien dank molekularer Diagnostik – auf diesem Gebiet leisten die vier Zentren für Personalisierte Medizin (ZPM) in Baden-Württemberg Pionierarbeit: Die Universitätskliniken Freiburg, Heidelberg, Tübingen und Ulm verfolgen gemeinsam das Ziel, Personalisierte Medizin fest in der Patientenversorgung zu etablieren. Über Erfolge und Zukunftspläne spricht Dr. Janina Beha, Vize-Geschäftsführerin des ZPM Tübingen, im Interview.

Wie funktioniert Personalisierte Medizin?

Bei der Personalisierten Medizin versucht man, maßgeschneiderte Therapien anzubieten, die für jeden die optimale Behandlungsstrategie zum richtigen Zeitpunkt darstellen. Dazu werden möglichst verschiedene Parameter bei der Therapieentscheidung berücksichtigt: molekulare Marker – wie beispielsweise Informationen auf genetischer Ebene –, aber auch die Lebensweise oder bildgebende Diagnoseverfahren.

Das kann im Idealfall ein breites Spektrum sein, um für jeden Patienten die optimale, möglichst effektive und nebenwirkungsarme Therapie zu finden.

Können Sie Ihre Ziele anhand der Onkologie näher erklären?

Das Ziel ist, die Behandlung von Krebserkrankungen durch den Einsatz innovativer, zielgerichteter Therapieansätze zu verbessern. Dabei sollen Nebenwirkungen möglichst reduziert und unwirksame Therapien von vornherein vermieden werden. Im Bereich der Onkologie spielt insbesondere die genetische Tumordiagnostik eine große Rolle, ebenso die darauf gestützte biomarkerbasierte Therapie. Kurz zur Erläuterung: Biomarker ist der Überbegriff für alle messbaren Eigenschaften eines Tumors. Ihre Bestimmung gibt uns Aufschluss zur Krankheitssituation, zum anzunehmenden Krankheitsverlauf und zur Wirksamkeit von Behandlungen.

Wir versuchen, auf der molekularen genetischen Ebene die Erkrankungen zu charakterisieren und Ähnlichkeiten ausfindig zu machen, die wir auch in ähnliche Therapien überführen können. Schlussendlich erhofft man sich auch gesundheitsökonomisch positive Effekte, indem potenziell unwirksame Therapien leichter vermieden werden können.

Was hat das ZPM im Bereich Onkologie schon erreicht?

Ein zentrales Element am ZPM ist das Molekulare Tumorboard (MTB). Das ist eine Versorgungsstruktur, in der zwischen verschiedenen Fachbereichen zusammengearbeitet wird. Das MTB schließt nicht nur die Kliniker ein, sondern auch Humangenetiker, Pathologen, Radiologen, Bioinformatiker, Molekularbiologen, die ihre Expertise bündeln, um die molekulare Diagnostik zu interpretieren. Das sind sehr komplexe Befunde. Um aus diesen in erster Linie genetischen Untersuchungen eine individuelle Therapieentscheidung für den Patienten ableiten zu können, wurde das MTB etabliert.

Haben bei den Patienten, die zu Ihnen kommen, andere Krebstherapien zuvor versagt?

Ja. Beim ZPM-Konzept in Baden-Württemberg geht es zunächst darum, Patienten, die die leitliniengerechten Therapien schon durchlaufen haben, neue Therapiemöglichkeiten anbieten zu können. Wenn die Standardtherapien ausgeschöpft sind, versuchen wir, noch mal ein bisschen genauer hinzuschauen: Welche Eigenschaften hat der Tumor – gibt es da molekulare Zielstrukturen, an denen eine Therapie effizienter ausgerichtet werden kann als mit den herkömmlichen Therapien? Dementsprechend versuchen wir auch, unser Angebot und das Angebot an klinischen Studien kontinuierlich auszuweiten und den Zugang für Patienten im ganzen Land so einfach wie möglich zu gestalten. Wir befinden uns

hier an der Schnittstelle zwischen Innovation, Forschung und Regelversorgung und möchten den Patienten neue Technologien und Therapeutika zugänglich machen. Perspektivisch wird es vermutlich so sein: Wenn wir sehr wirksame Therapieansätze bei uns ermitteln, könnten diese eines Tages in die Leitlinientherapien mit aufgenommen werden bzw. diese ablösen.

Wie wollen Sie eine größere Zugänglichkeit des ZPM-Angebots für mehr Patienten erreichen?

Ein Schritt wurde schon erreicht: Unser Zentrum wurde 2019 krankenhausplanerisch nach Sozialgesetzbuch ausgewiesen. Damit wurde uns die Möglichkeit gegeben, unsere Leistungen auch im kassenfinanzierten System abzubilden. Es war außerdem ein wichtiger Schritt, dass ein Baden-Württemberg-Verbund der ZPM aufgebaut wurde: An den Unikliniken Freiburg, Heidelberg, Ulm und Tübingen wurden ähnliche Zentrumsstrukturen etabliert, die in die jeweiligen Klinikstrukturen eingebettet sind. Die Molekularen Tumorboards wurden zwischen den ZPM harmonisiert, um ein qualitätsgesichertes Versorgungsangebot sicherzustellen. Dass im Bereich der hochdimensionierten Molekulardiagnostik zunehmend auch ein Angebot kommerzieller Art vorhanden ist, kann für den Patienten recht verwirrend sein. Daher wollten wir mehr Transparenz hineinbringen. Vor allen Dingen wollten wir eine vergleichbar hohe Qualität und Anbindung an klinische Strukturen sicherstellen.

Welches weitere Einsatzgebiet soll neben der Onkologie hinzukommen?

Das ist der Bereich der entzündlichen Erkrankungen. Hier hat man sich bisher auf drei Modellerkrankungen fokussiert: die

entzündlichen Darmerkrankungen, die Psoriasis (Schuppenflechte) und rheumatische Erkrankungen. Im Unterschied zur Onkologie hat man hier keine Palliativpatienten, sondern Patienten mit langen chronischen Verläufen, die eine stark eingeschränkte Lebensqualität und Leistungsfähigkeit haben. Hier gibt es einen starken Bedarf, Therapieschemata zu optimieren. Dazu werden auch Biomarker erhoben, die dann die Basis für die darauffolgenden Therapieentscheidungen bilden.

Wie sieht die Ideal-Zielvorstellung des ZPM-Netzwerks aus?

Perspektivisch würden wir gern so viele automatisierte Datenflüsse wie möglich zwischen den ZPM und den Kliniken aus der Region, aus denen Patienten zu uns kommen, einrichten. Um unsere Datenbank mit molekularen Daten in Kombination mit den Therapieverlaufsdaten zu befüllen, brauchen wir eine strukturierte Datenerfassung gemäß unserer einheitlichen Datensätze.

Zudem gib es nationale Aktivitäten, ein deutschlandweites Netzwerk an Zentren für Personalisierte Medizin zu etablieren. Das wird über das Innovationsfonds-Projekt „Deutsches Netzwerk für Personalisierte Medizin DNPM“ gefördert. An verschiedenen Standorten der onkologischen Spitzenforschung in Deutschland werden derzeit ZPM-Strukturen aufgebaut. Hier besteht auch die Chance, eine noch größere Datengrundlage zu schaffen, sodass wir aus noch mehr Gesundheitsdaten lernen können für die Zukunft. Es ist auch im Gespräch, in die Bereiche Infektiologie, Neurologie oder Altersmedizin vorzudringen, um dort die Ansätze der personalisierten Versorgung ebenfalls anbieten zu können.

Quelle: Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg

▶ FORUM GESUNDHEITSSTANDORT BADEN-WÜRTTEMBERG

Zum Projekt: An den ZPM wird ein breites Spektrum an Tumorerkrankungen, wie zum Beispiel Krebserkrankungen des Magen-Darm-Traktes, ausgewertet. Die Fallzahlen, die derzeit in den Molekularen Tumorboards besprochen werden, liegen bei mehr als 500 pro ZPM und pro Jahr – Tendenz steigend. Für 70 bis 80 Prozent der Patientinnen und Patienten kann auf Basis der Molekularen Untersuchungen eine weiterführende Therapieoption identifiziert werden. Die Kooperationspartner der ZPM nehmen kontinuierlich zu: Am ZPM Tübingen beispielsweise sind es momentan mehr als zehn verschiedene Städte in der Region, deren Kliniken dem MTB Patientinnen und Patienten zuweisen. Das Projekt wird unter dem Dach des Forums Gesundheitsstandort Baden-Württemberg seit 2020 mit insgesamt mit rund 15,4 Mio. Euro durch das Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration gefördert.

Über das Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg: Im Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg sind derzeit mehr als 500 Akteure aus Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Gesundheitsversorgung miteinander vernetzt. Sie alle verfolgen das Ziel, den Gesundheitsstandort Baden-Württemberg in einem strategischen Prozess mit Unterstützung der Landesregierung zum führenden Standort für medizinische Forschung, für die Entwicklung und Herstellung medizinischer Produkte und für eine moderne und innovative Gesundheitsversorgung weiterzuentwickeln. Daher fördert das „Forum GSBW“ innovative Projekte aus den Bereichen Gesundheitsforschung, -wirtschaft und -versorgung.



Die Häute der Larven enthalten Chitin, das in InBiRa extrahiert und in wertvolles Chitosan umgewandelt wird. © Fraunhofer IGB

Klimaneutralität Mit Insekten zur Kreislaufwirtschaft

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und die Europäische Union fördern die Pilotanlage der Insekten-Bioraffinerie InBiRa, die am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart aufgebaut wird.

Einen neuen Weg, organische Reststoffe im Sinne der Kreislaufwirtschaft für eine erneute Wertschöpfung verwertbar zu machen, verfolgt das Verbundprojekt „InBiRa – Insekten-Bioraffinerie“, das vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart koordiniert wird. Möglich wird der neue Ansatz durch die Larven der Fliege *Hermetia illucens*, auch Schwarze Soldatenfliege genannt, der überlagerte Lebensmittel und Bioabfälle als Futter dienen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IGB arbeiten mit der Universität Stuttgart, dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) und der Hermetia Baruth GmbH, die langjährige Erfahrung in der Massenzucht der Schwarzen Soldatenfliege hat, an der Etablierung der Insekten-Bioraffinerie. Auf Seite der Universität Stuttgart sind das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie (IGVP) und das Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte

und Abfallwirtschaft (ISWA) beteiligt. Des Weiteren sind die Landesgesellschaft BIOPRO Baden-Württemberg (BIOPRO) und die PreZero Stiftung & Co. KG involviert.

Technische Nutzung aller Fraktionen

In dem Projekt wird erstmals am Fraunhofer IGB eine Insekten-Bioraffinerie-Pilotanlage gebaut, in der Insektenlarven auf Basis von Abfallstoffen gezüchtet werden. Aus den Larven sollen im großen Maßstab sekundäre Rohstoffe gewonnen und in hochwertige chemische Produkte umgewandelt werden. Der Anlagenkomplex umfasst die Abfall- und die Reststromaufbereitung, die Insektenlarvenmast, die Primärraffination zur Trennung und Aufarbeitung der Biomasse in hochreine Fraktionen von Proteinen und Fetten sowie eine Sekundärraffination dieser Stofffraktionen.

Einen dritten Stoffstrom bilden das in der Insektenlarvenherstellung nicht verwertete Restfutter, das vor allem aus pflanzlicher Cellulose besteht, sowie die Exuvien, die bei der Häutung der Larven beim Übergang ins nächste Larvenstadium abgeworfen werden, und schließlich auch Insektenexkremete. InBiRa hat sich zum Ziel gesetzt, auch diese Reste bestmöglich zu verwerten.

Mittels chemischer oder biotechnologischer Verfahren werden diese Stoffströme zu wertvollen Grundbausteinen und Zwischenprodukten in einer zweiten Raffineriestufe umgesetzt, um in Kraftstoffen, Kosmetika, Reinigungsmitteln, Kunststoffen und Pflanzendüngern eingesetzt werden zu können.

Aus den durch die PreZero Stiftung und Co. KG in Einzelhandel, Gastronomie und Kantinen eingesammelten Lebensmittelresten

bereitet das Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart geeignete Futtermischungen auf. Nach der Inaktivierung der Larven wird das Insektenfett in einer Presse vom proteinhaltigen Presskuchen getrennt.

Die Konversionsverfahren der Sekundärrefinanzierung, mit denen aus den drei Stoffströmen wertvolle Grundbausteine für chemische Produkte entstehen, entwickelt vorrangig das IGVP der Universität Stuttgart, mit dem das IGB eng zusammenarbeitet.

Die Projektpartner wollen eine alternative heimische Quelle zu Palmkern- und Kokosöl erschließen und einige der technisch eingesetzten Chemikalien ersetzen, die bislang aus importierten Ölen hergestellt werden. Das in den Puppenhüllen, Larvenhäuten und erwachsenen Fliegen enthaltene Chitin soll extrahiert und zu hochwertigem Chitosan, zum Beispiel für den Einsatz in der Textilindustrie, umgewandelt werden. Für eine ganzheitliche Bewertung des in InBiRa abgebildeten Verwertungs- und Produktionssystems ermittelt das Heidelberger ifeu im

engen Austausch mit den Projektpartnern Daten, die eine Bilanzierung der Massenströme in den einzelnen neu entwickelten Prozessen erlauben.

Bewertung des Gesamtsystems und Technologietransfer

Die BIOPRO Baden-Württemberg stellt schließlich die Anschlussfähigkeit des Vorhabens an Wirtschaft und Gesellschaft durch begleitende Kommunikationsmaßnahmen und Technologietransfer sicher. Denn nur wenn innovative Prozesse der Bioökonomie und deren Wertschöpfungsketten verstanden und auch sichtbar sind, können neue Produkte von der Wirtschaft und der breiten Öffentlichkeit unterstützt werden und einen Absatzmarkt finden. Das Projekt InBiRa wird von Oktober 2021 bis März 2024 durch die EU und das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Rahmen des EFRE-Förderprogramms „Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling“ gefördert mit Mitteln, die der Landtag beschlossen hat.

Fraunhofer IGB/BIOPRO

Impressum

Herausgeber:

BIOPRO Baden-Württemberg GmbH
Alexanderstr. 5
70184 Stuttgart
Tel. + 49 (0) 711 - 21 81 85 00
Fax + 49 (0) 711 - 21 81 85 02
E-Mail: redaktion@bio-pro.de
Internet: www.bio-pro.de

Vertretungsberechtigter Geschäftsführer:

Prof. Dr. Ralf Kindervater

Registergericht: Amtsgericht Stuttgart

Registernummer: HRB 23470

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer
gemäß § 27a Umsatzsteuergesetz:
DE 227283342

V. i. S. d. P.: Prof. Dr. Ralf Kindervater

Chefredaktion: Dr. Barbara Jonischkeit

Redaktion: Dr. Ariane Pott

Lektorat: Textstudio Eva Wagner

Autoren dieser Ausgabe:

Nadine Fritschka
Simone Giesler
Prof. Dr. Ralf Kindervater
Dr. Jan Lask
Dr. Ruth Menßen-Franz
Dr. Petra Neis-Beeckmann
Dr. Ariane Pott
Joanna Stier

Druck: Offizin Scheufele Druck und Medien,
Tränkestraße 17, 70597 Stuttgart

Gestaltung: Designwerk Kussmaul, Weilheim

Bildnachweis: Seite 2 unten: BIOPRO

Seite 2 oben: Didgeman / Pixabay

Seite 3 unten: Hans / Pixabay

Namentlich gekennzeichnete Artikel müssen nicht die Meinung des Herausgebers widerspiegeln. Alle Produkte und Dienstleistungen sind Marken der jeweiligen Unternehmen. Die in diesem Magazin veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers ist der Nachdruck verboten. Die Erstellung dieser Publikation wurde gefördert vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg.

© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH,
September 2022

Hinweis für Abonnenten:

Die Datenschutzerklärung der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH finden Sie unter www.bio-pro.de/de/datenschutzerklaerung. Jede Einwilligung in die Verwendung, Verarbeitung und Speicherung von Daten bei der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH kann jederzeit widerrufen werden.

schriftlich: BIOPRO Baden-Württemberg GmbH,
Alexanderstr. 5, 70184 Stuttgart

per E-Mail: datenschutz@bio-pro.de

www.bio-pro.de



BIOPRO Baden-Württemberg GmbH · Alexanderstr. 5 · 70184 Stuttgart/Germany
Phone: +49 (0) 711-21 81 85 00 · Fax: +49 (0) 711-21 81 85 02 · E-Mail: info@bio-pro.de