



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bioökonomie International

Globale Forschungsallianzen für ein nachhaltiges Wirtschaften



Vorwort

Knapper werdende Ressourcen, eine schwindende biologische Vielfalt und die Auswirkungen des Klimawandels stellen uns vor große Herausforderungen. Gleichzeitig soll eine wachsende Weltbevölkerung ernährt und wirtschaftlicher Wohlstand ermöglicht werden. Krisen, Kriege und Konflikte verschärfen die komplexe Lage noch zusätzlich. Ressourceneffiziente und klimaneutrale Strategien sind gefragter denn je, um die Transformation hin zu einer nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise zu gestalten.

Die Bioökonomie ist ein solches nachhaltiges Wirtschaftskonzept. Sie nutzt biologische Ressourcen und das Wissen darüber, um mithilfe innovativer Technologien Produkte und Prozesse zu entwickeln. Deutschland ist international Vorreiter in Sachen Bioökonomie. Seit 2010 fördert die Bundesregierung den Wandel hin zum biobasierten nachhaltigen Wirtschaften. Die 2020 veröffentlichte „Nationale Bioökonomiestrategie“ setzt den Rahmen für eine nachhaltige Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen und für umweltschonende und naturverträgliche Produktionsverfahren in allen Wirtschaftsbereichen.

Mit dem Weg in eine kreislaforientierte Bioökonomie leistet Deutschland einen Beitrag zum Erreichen der UN-Nachhaltigkeitsziele und stellt die Weichen für die Technologien und Arbeitsplätze von morgen. Daher spielen Bioökonomie-Ansätze eine wesentliche Rolle, um einige der sechs Missionen der „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ der Bundesregierung zu erreichen. Klar ist aber auch: Eine nachhaltige Bioökonomie kann angesichts globaler Herausforderungen, Märkte und Handelsbeziehungen nur durch internationale Zusammenarbeit gelingen. Mit der verstärkten

Internationalisierung von Wissenschaft und Forschung übernimmt die Bundesregierung Verantwortung für die globalen Herausforderungen Welternährung, Klima- und Umweltschutz und stärkt gleichzeitig den Bioökonomie-Standort Deutschland.

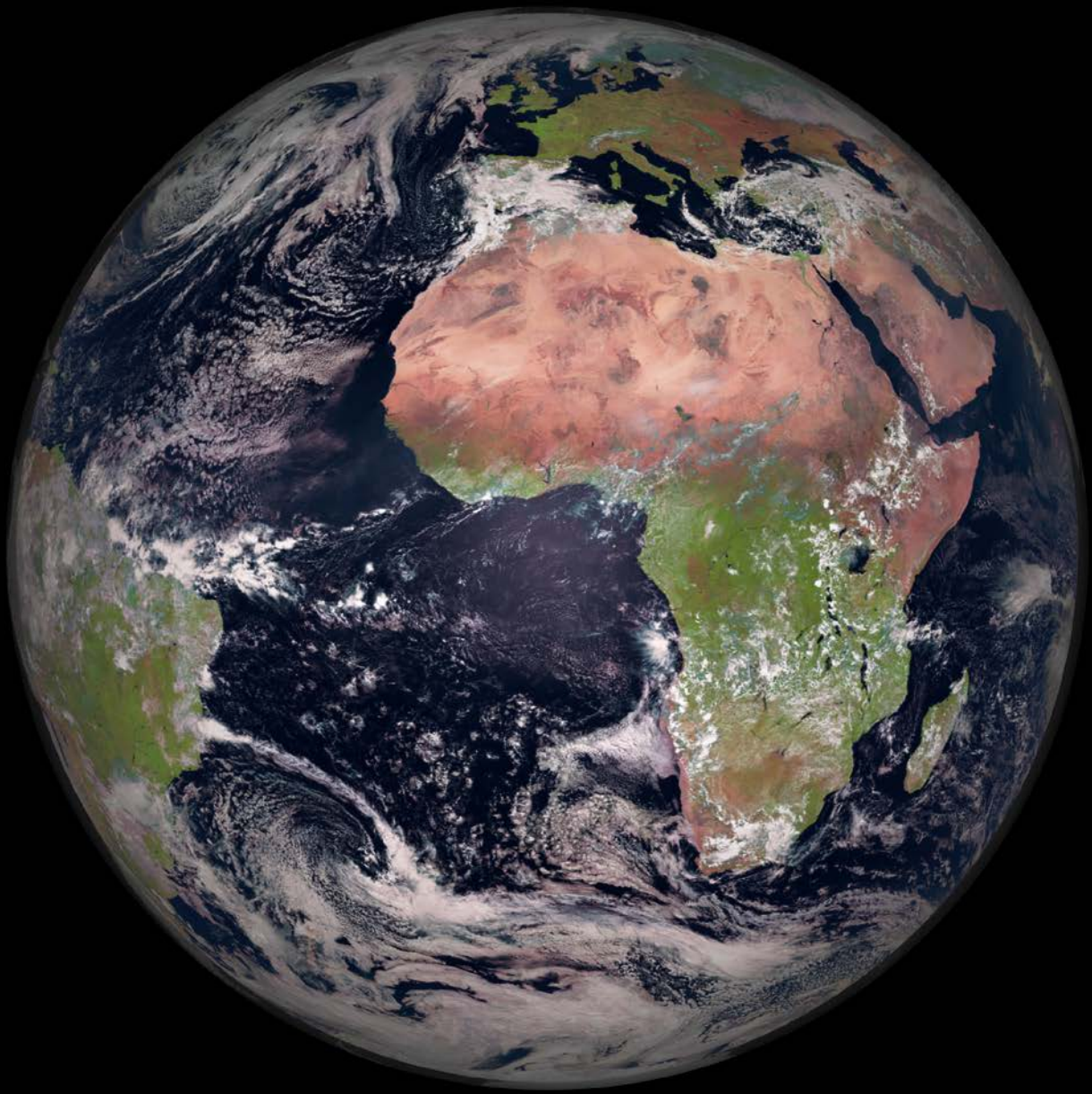
Im Jahr 2012 startete das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Initiative „Bioökonomie International“. Das Ziel ist es seitdem, die Forschungszusammenarbeit mit den weltweit Besten zu stärken und internationale Innovationspotenziale zu erschließen. Im Fokus stehen modellhafte Forschungs- und Entwicklungsprojekte zwischen deutschen und außereuropäischen Partnern. Hierbei geht es nicht nur um technologische Fragestellungen und Entwicklungsziele, sondern auch um sozioökonomische Aspekte und Systemansätze.

Die Bilanz ist beeindruckend: Allein in den ersten acht Ausschreibungsrunden wurden mehr als 120 internationale Verbünde mit rund 74 Millionen Euro von Seiten des BMBF gefördert. Die Liste der Länder, mit denen kooperiert wurde, ist mit mittlerweile 21 Partnerländern aus vier Kontinenten beeindruckend lang. Die Vielfalt der Ansätze, des ausgetauschten Know-hows und der Ergebnisse ist groß. Diese Broschüre blickt auf Höhepunkte aus den ersten zehn Jahren der Fördermaßnahme „Bioökonomie International“ und stellt erfolgreiche Projekte in kurzen Steckbriefen vor. Ein spannender Streifzug um die Welt mit hochrelevanten Forschungsthemen und einer faszinierenden Vielfalt der Ansätze und der beteiligten Partnerländer. So wird anschaulich, wie weltweite Bioökonomie-Allianzen helfen können, die globalen Herausforderungen besser zu bewältigen.

Ihr Bundesministerium für Bildung und Forschung

Inhaltsverzeichnis

10 Jahre Bioökonomie International	2
Mit Bioökonomie zukunftsfähig wirtschaften.....	3
Globale Forschungskooperatione als Schlüssel	3
Bioökonomie International: Weltweite Allianzen im Fokus	4
Erfolgreiche Bilanz: Globales Wissen, das Innovationen fördert.....	5
Große Bandbreite der Themen	6
Erfolgreiche Allianzen im Porträt: MOPSACI	8
BINOM	9
CLOOP	10
ProBioSyn.....	11
Acrowards	12
ESTASA	13
IMPREGPACK	14
Thio-As-Rice.....	15
CARE	16
OMCBP	17
FusResist	18
Bio-MS.....	19
BioInsectonomy.....	20
BURPED	21
CASSAVASTORE	22
TrickleZyme	23
AgroGuard.....	24
VnmDiv	25
Statements der Akteure	26
Netzwerk-Karte Publikationen.....	28
Impressum	29



10 Jahre Bioökonomie International

Der Wandel hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie ist eine internationale Aufgabe. Es bedarf globaler Anstrengungen auch in der Forschung, um die Welt mit ausreichend nachhaltig produzierten Nahrungsmitteln und nachwachsenden Rohstoffen zu versorgen. Internationale Zusammenarbeit und innovative Ansätze sind hierfür der Schlüssel.

Die Förderrichtlinie Bioökonomie International setzt genau hier an. Seit ihrem Start vor zehn Jahren hat sie die Grundlage für weitreichende Forschungsk Kooperationen zum biobasierten nachhaltigen Wirtschaften gelegt. Diese Broschüre porträtiert „Bioökonomie International“ und stellt eine Auswahl erfolgreicher Allianzen in kurzen Steckbriefen vor.

Die Ernährung einer stark wachsenden Weltbevölkerung, der Klimawandel, der Rückgang der Biodiversität, eine zu ressourcenintensive Wirtschaftsweise: Diese zunehmend komplexer werdenden Herausforderungen unserer Zeit werden durch globale Krisen wie die Corona-Pandemie und geopolitische Konflikte und Kriege noch weiter verschärft. Sie machen zudem deutlich, dass soziale, ökologische und wirtschaftliche Themen stärker miteinander verzahnt sind als je zuvor. Um die Welt nachhaltig mit Nahrungsmitteln, nachwachsenden Rohstoffen und umweltfreundlicher Energie zu versorgen, bedarf es einer biobasierten Wirtschaft – und weltweiter Forschungsk Kooperationen.

Mit Bioökonomie zukunftsfähig wirtschaften

Die Bioökonomie, eine auf biologischen Ressourcen und Verfahren basierende Wirtschaftsform, hält hochrelevante Lösungsansätze für die globalen Herausforderungen bereit und kann einen wichtigen Beitrag für den Strukturwandel in Richtung Nachhaltigkeit leisten. Die Forschung ist ein wichtiger Schlüssel, um die Potenziale der Bioökonomie zu identifizieren, zu erschließen und zu nutzen. Forschung zur Bioökonomie erstreckt sich auf die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Systeme, um die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, biobasierte nachhaltige Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitstellen zu können.

Auf dem Weg in eine biobasierte Wirtschaft und die Forschungsförderung hierzu nimmt Deutschland eine internationale Vorreiterrolle ein. Maßgeblich dafür ist die im Jahr 2020 veröffentlichte „**Nationale Bioökonomiestrategie**“, mit der die Bundesregierung ihre bisherige Bioökonomiepolitik noch stärker an dem übergeordneten Ziel der nachhaltigen und klimaneutralen Entwicklung ausgerichtet hat. Die Nationale Bioökonomiestrategie wird unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) umgesetzt. Die Bioökonomie kann aus Sicht der Bundesregierung zu elf der 17 globalen Nachhaltigkeitsziele (**Sustainable Development Goals – SDGs**) unmittelbar Beiträge leisten. Bioökonomie-Ansätze sind zudem enorm bedeutend

für die Anfang 2023 veröffentlichte „**Zukunftsstrategie Forschung und Innovation**“ der Bundesregierung, – mit der die Schwerpunkte und Meilensteine der Forschungs- und Innovationspolitik Deutschlands für die kommenden Jahre formuliert werden. Die federführend vom BMBF entwickelte Zukunftsstrategie benennt sechs zentrale Zukunftsfelder (Missionen), in denen eine nachhaltige Entwicklung durch Forschung und Innovation beschleunigt werden soll. Die Bioökonomie trägt dazu bei, die in Mission eins und zwei definierten Ziele zu erreichen: Mission 1 zielt etwa darauf ab, eine „ressourceneffiziente und auf kreislauffähiges Wirtschaften ausgelegte wettbewerbsfähige Industrie und nachhaltige Mobilität [zu] ermöglichen“. Mission 2 hat zum Ziel, „Klimaschutz, Klimaanpassung, Ernährungssicherheit und Bewahrung der Biodiversität voranzubringen“.

Globale Forschungsk Kooperationen als Schlüssel

Angesichts globaler Herausforderungen, Märkte und Wertschöpfungsnetzwerke ist die internationale Zusammenarbeit für das Gelingen einer nachhaltigen Bioökonomie unverzichtbar. Das gilt besonders für die Forschung: Durch den Austausch von Know-how und dank komplementärer Expertise und Erfahrungen lässt sich enormer Mehrwert erzeugen. Zudem lassen sich durch globale Kooperation in der Forschung auch Zielkonflikte besser verstehen und auf Basis wissenschaftlicher Forschungsarbeiten und daraus gewonnener Erkenntnisse mindern. Sowohl auf europäi-

Kennzahlen zu Bioökonomie International

125 Verbundprojekte wurden in den ersten acht Runden gefördert, aus der neunten Runde werden voraussichtlich weitere 17 Projekte bewilligt.

74 Mio. Euro hat das BMBF in diese 125 Projekte investiert, in der neunten Runde sind nochmal 8 Mio. Euro in der Bewilligung.

21 Länder waren bisher als Kooperationspartner an Bioökonomie International beteiligt (inkl. neunte Runde).

scher Ebene als auch weltweit wird die Bioökonomie in immer mehr Ländern als Baustein zur Gestaltung eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems betrachtet und gewinnt deshalb mehr und mehr an Bedeutung. Die Forschung zu den globalen Herausforderungen stärker zu vernetzen, ist eines der zentralen Ziele der unter Federführung des BMBF formulierten **Strategie der Bundesregierung zur Internationalisierung von Bildung, Wissenschaft und Forschung**. Auch in der „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ wird die Notwendigkeit, die europäische und internationale Zusammenarbeit zu intensivieren, betont. Solche Kooperationen zu stärken und auszubauen, ist auch einer von sechs Bausteinen der Forschungsförderung im Rahmen der Nationalen Bioökonomiestrategie. Die Bundesregierung ist überzeugt: Jedes Land und jede Region kann einen individuellen Beitrag zur globalen Bioökonomie leisten, durch eine eigene Mischung aus Rohstoffen, Technologien, Wissen und Ideen. Kooperationen helfen, international voneinander zu lernen und die jeweiligen nationalen oder regionalen Ansätze bestmöglich miteinander zu verzahnen.

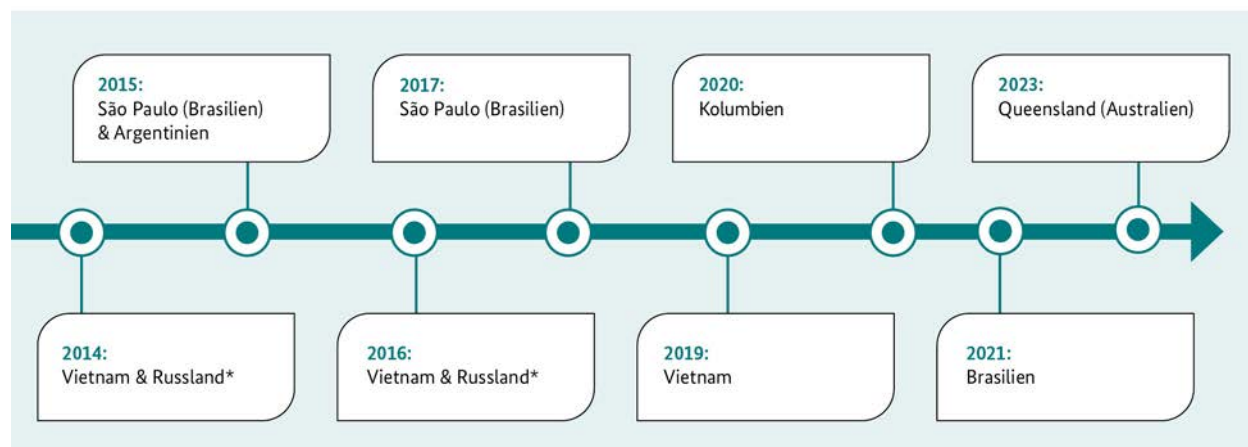
Bioökonomie International: Weltweite Allianzen im Fokus

Bereits vor zehn Jahren startete das Bundesforschungsministerium die Initiative „**Bioökonomie International – Bioeconomy International**“, seinerzeit als Förderrichtlinie im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“. Das Ziel ist es seitdem, die Forschungszusammenarbeit mit den weltweit Besten zu stärken und internationale Inno-

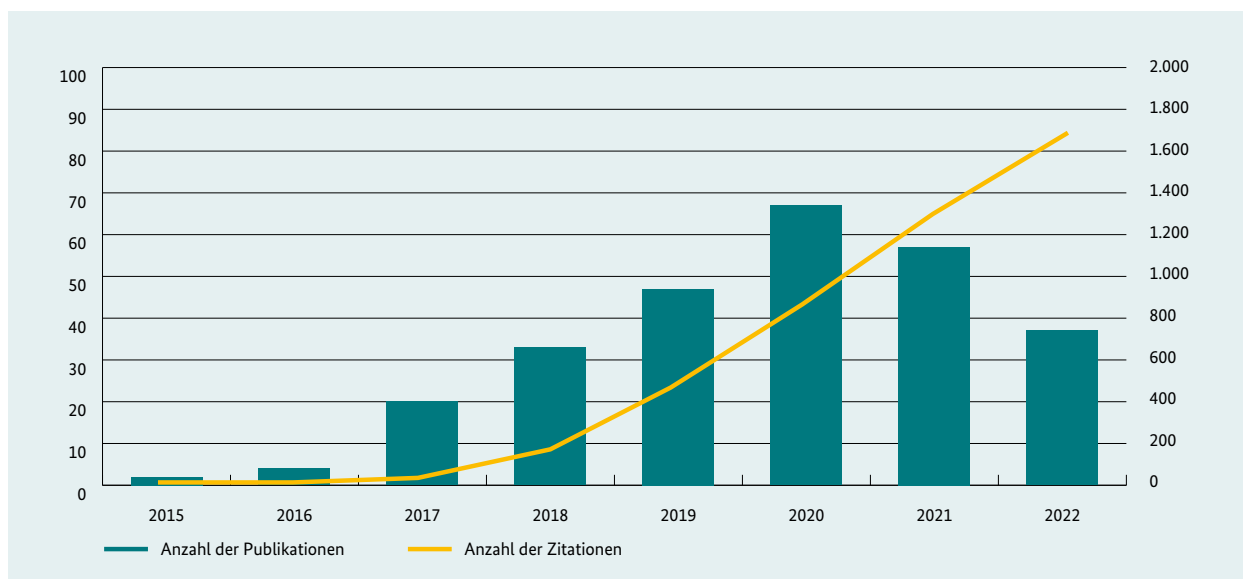
vationspotenziale zu erschließen. Bei den in „Bioökonomie International“ geförderten Vorhaben handelt es sich um modellhafte Projekte internationaler Forschungs- und Entwicklungspartnerschaften. Dabei stehen nicht nur technologische Fragestellungen und Entwicklungsziele, sondern auch sozioökonomische Aspekte und Systemansätze im Fokus.

Im Rahmen von „Bioökonomie International“ werden internationale Forschungsverbünde im gesamten thematischen Bereich der Bioökonomie mit deutscher Beteiligung gefördert. Im Modul „**Basis Bioökonomie International**“ wird die Zusammenarbeit mit allen Ländern weltweit außerhalb Europas unterstützt. Neben diesem internationalen Modul werden zusätzlich regelmäßig **bilaterale Module** mit spezifischen Partnerländern oder Partnerregionen ausgeschrieben. Hier wurden bislang Verbundprojekte mit Argentinien, Kolumbien, Russland*, Vietnam sowie den Regionen São Paulo in Brasilien und Queensland in Australien gefördert (vgl. Grafik S.4). Durch das BMBF wird ausschließlich die Arbeit der deutschen Forschungspartner gefördert, wobei Co-Finanzierungen der internationalen Partner durch die nationalen oder regionalen Förderorganisationen bereitgestellt wurden.

Die Laufzeit der Förderprojekte beträgt bis zu drei Jahre. Im Rahmen der Nationalen Bioökonomiestrategie gliedert sich die korrespondierende Forschungsförderung zur Bioökonomie durch das BMBF in sechs Bausteine, von denen der erste Baustein „Biologisches Wissen als Schlüssel der Bioökonomie“ eine besondere Relevanz für „Bioökonomie International“ besitzt. Da-



Regelmäßig wurden bilaterale Module in der Fördermaßnahme Bioökonomie International ausgeschrieben. *Projekte seit 2022 gestoppt.



Anzahl der Publikationen und Zitationen im Rahmen von Bioökonomie International (2015-2022). Bedingt durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie ging die Anzahl der Publikationen in den vergangenen Jahren zurück. Die Zitationen hingegen steigen weiter linear an.

her wird eine **große inhaltliche Bandbreite** von Projekten gefördert – von Pflanzenzüchtung und -schutz über Lebensmitteltechnologien bis hin zur Entwicklung von Biomaterialien und Reststoffnutzung in der industriellen Biotechnologie. Dabei stehen insbesondere solche Vorhaben im Fokus, die auf die Nutzung biologischer Ressourcen und Verfahren setzen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern.

Erfolgreiche Bilanz: Globales Wissen, das Innovationen fördert

Die Fördermaßnahme „Bioökonomie International“ hat sich in den letzten zehn Jahren zu einem attraktiven und erfolgreichen Förderinstrument entwickelt. Das zeigt nicht nur das steigende Interesse von Forschenden an der Maßnahme, sondern verdeutlichen auch die langfristigen Partnerschaften mit zahlreichen Ländern. Seit dem Start der Initiative im Jahr 2012 wurden zehn Ausschreibungen veröffentlicht. Insgesamt wurden in diesen zehn Ausschreibungsrunden 755 Projektskizzen eingereicht. 125 internationale Verbundprojekte mit einem Gesamtfördervolumen von etwa 74 Mio. Euro wurden in den ersten acht Ausschreibungsrunden vom BMBF finanziert. Aus der neunten Ausschreibungsrunde werden bis Ende des Jahres 2023 weitere 17 Projekte mit einem Volumen von weiteren 8 Mio. Euro bewilligt. Damit werden

insgesamt bisher **142 Projekte aus 21 Partnerländern** durch das BMBF mit **81 Mio. Euro gefördert** sein.

„Bioökonomie International“ hat die Forschungs- und Innovationslandschaft weltweit zusammengebracht und einen Mehrwert für alle Partner generiert. Einen Überblick über die Anzahl der Projekte in den beteiligten Partnerländern bietet die Weltkarte auf S. 6/7. Dabei bestehen besonders viele Verbundprojekte mit Brasilien (25 Vorhaben) und Vietnam (18), Kanada (17) und China (15).

Die Bioökonomie-International-Projekte haben eine große Vielfalt herausragender Ergebnisse hervorgebracht. Das lässt sich an der großen Zahl entstandener Publikationen in Fachjournals, aber auch an der hohen und stetig zunehmenden Zitationshäufigkeit ablesen. Eine bibliometrische Analyse der Zentralbibliothek des Forschungszentrums Jülich zeigt dies. Demnach wurden im Kontext von „Bioökonomie International“ im Zeitraum 2015 bis Sommer 2023 insgesamt **286 Artikel in Fachjournals veröffentlicht**. Diese kommen auf **5.743 Zitationen**. Auch die durchschnittliche **Zitationsrate von 20,08** belegt, wie relevant die Forschungsergebnisse für die wissenschaftliche Community sind und dass diese erfolgreich aufgegriffen werden. Der Anteil der Selbstzitationen an allen Zitationen beläuft sich auf 5,5 %. In der Grafik zur Anzahl der Publikationen und Zitationen im Zeitverlauf sieht man, dass die Anzahl der Publikationen bis 2020 kontinuierlich

lich gestiegen ist (vgl. Grafik S. 5). Betrachtet man im Rahmen der bibliometrischen Analyse, mit welchen Ländern im Rahmen von „Bioökonomie International“ gemeinsame Publikationen entstanden sind, so wird deutlich, dass auch Akteure aus Ländern beteiligt sind, die nicht im Rahmen der Fördermaßnahme unterstützt wurden, darunter viele europäische Länder (vgl. Netzwerk-Grafik S.28). „Bioökonomie International“ hat also weit über die geförderten Projekte und ihre Partner intensive internationale Kooperation ermöglicht und einen enormen Impuls in die Forschungscommunity gesetzt. Das ist Forschung mit Mehrwert. Doch Wissen muss auch in die Anwendung kommen.

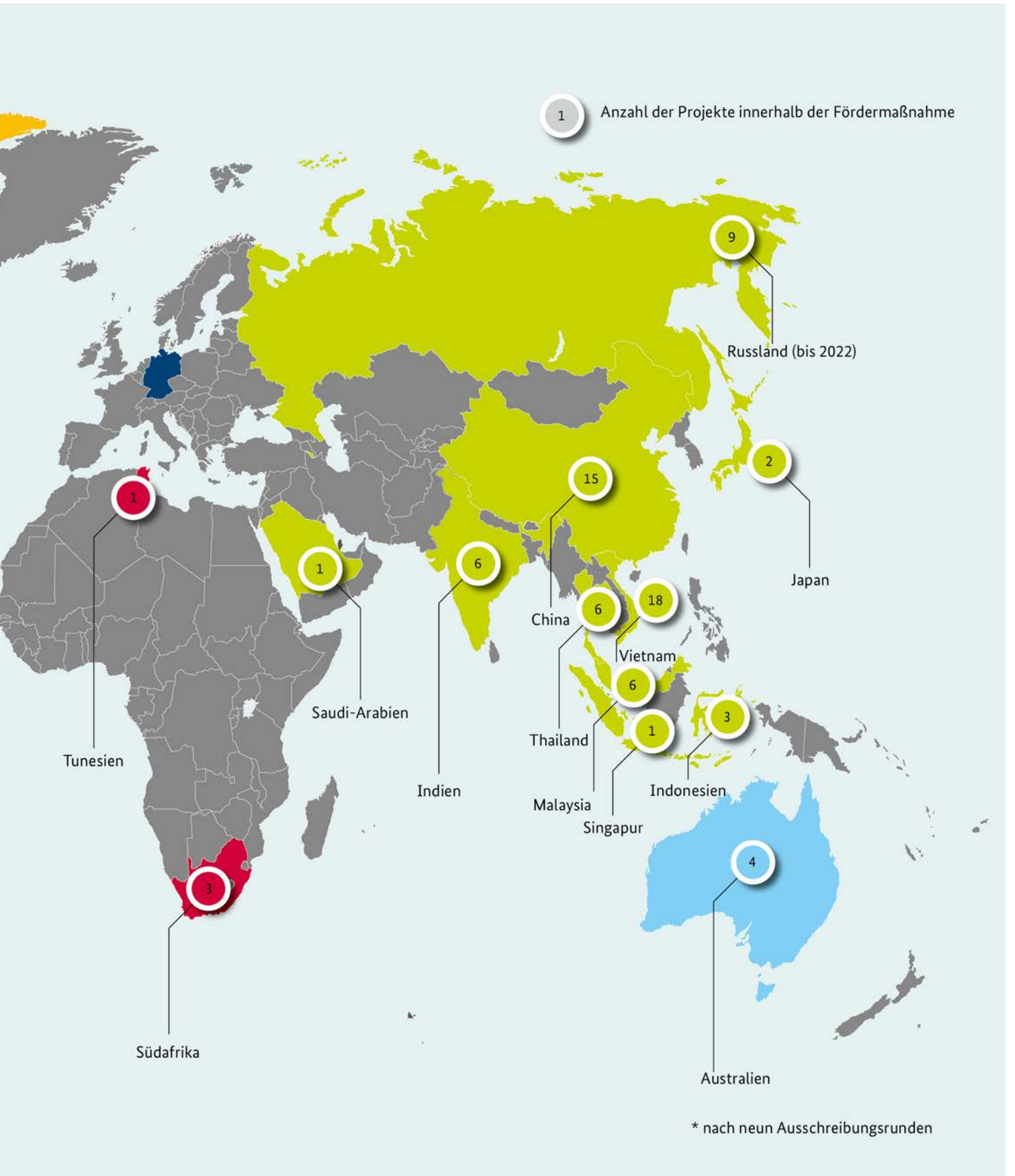
Auch wenn dies nicht das vorrangige Ziel der Fördermaßnahme ist, so haben viele Verbundprojekte bereits erfolgreich biobasierte nachhaltige Innovationen hervorgebracht. Das zeigen zahlreiche **Patentanmeldungen**, etwa in den Projekten MOPSACI zu Aromastoffen aus Pilzen (S. 8), Korallenwirkstoffen aus Bakterien (OMCBP, S.17) und Pilzenzyme aus dem Bioreaktor (TrickleZyme, S. 23). Im Projekt Acrowards führte die erfolgreiche Forschung sogar zur Gründung eines **Start-ups** (S. 12). Die kurzen Statements der Projektkoordinatorinnen und -koordinatoren spiegeln wider, wie die Projekte das Verständnis zu den Herausforderungen und Bedürfnissen der jeweiligen Partnerländer erweitert haben (S. 26/27).

Große Bandbreite der Themen

In dieser Broschüre wird eine Auswahl von 18 erfolgreichen Förderprojekten aus „Bioökonomie International“ vorgestellt. Aus nahezu jeder Ausschreibungsrunde sind Beispiele dabei. Sie werden in kurzen Projektsteckbriefen porträtiert. So bietet die Broschüre einen spannenden Streifzug um die Welt mit hochrelevanten Forschungsthemen und einer faszinierenden Vielfalt der Ansätze und der beteiligten Partnerländer. Von der Züchtung ertragreicherer und resistenter Nutzpflanzen, der schnelleren Diagnose von Pflanzenkrankheiten, nachhaltigeren Verfahren zur Gewinnung von Biogas, Biowasserstoff, Biokraftstoffen und Düngemitteln bis zur biotechnologischen Produktion von Lebensmitteln und Wirkstoffen oder Werkstoffen. So wird anschaulich, wie weltweite Bioökonomie-Allianzen helfen können, die globalen Herausforderungen besser zu bewältigen.

Die Partnerländer von „Bioökonomie International“*







MOPSACI

Neue Aromen aus Orangenschalen

Basidiomyceten – zu denen auch die Speisepilze gehören – produzieren aufgrund ihrer großen genetischen Vielfalt ein breites Spektrum von Naturstoffen wie Aromen oder Farbstoffe, werden bisher aber nur selten biotechnologisch eingesetzt. Sie können landwirtschaftliche Reststoffe und sogar Holz als Nährstoffquelle verwenden und so zu einer ressourcenschonenden Herstellung von Produkten beitragen. Forschende der Leibniz Universität Hannover haben das bislang

wenig genutzte Potenzial der Basidiomyceten für die Bioökonomie erkannt. Unter der Leitung des Lebensmittelchemikers Prof. Ralf Günter Berger demonstrierten sie im Projekt MOPSACI, dass sich die Pilze eignen, um aus pflanzlichen Reststoffen industriell relevante Produkte herzustellen.

Gemeinsam mit weiteren deutschen und argentinischen Forschenden zeigte das Team, dass monokaryotische Stämme des Seitlings *Pleurotus sapidus* auf Citrusrestströmen wachsen und dabei verwertbare Naturstoffe herstellen. Sie identifizierten Pilzstämmen, die waldmeister- und anis-ähnliche Aromastoffe, Enzyme, natürliche Farbstoffe und Biopestizide produzieren und patentierten biotechnologische Verfahren zur großtechnischen Herstellung dieser Produkte.

Basierend auf den Ergebnissen der Studie konzipierten die argentinischen Kooperationspartner um Alejandra Omarini eine Citrus-Bioraffinerie, in der die pflanzliche Biomasse fast vollständig verwertet wird. Ihre originelle Idee war es, das verbrauchte Pilzmyzel als Fischfutter zu verwenden und damit den Stoffkreislauf zu schließen. Der Erfolg von MOPSACI hat eine Vielzahl von Folgeprojekten inspiriert. So fanden die Forschenden heraus, dass Basidiomyceten auch auf Kaffeesatz oder Rapspresskuchen wachsen können. Aktuell untersuchen sie die Herstellung weiterer pilzlicher Naturfarbstoffe, Aromastoffe und Enzyme, um der Industrie Optionen für naturnähere Produkte zu eröffnen.

Partnerland: Argentinien

Projekttitel: MOPSACI – Monokaryotische Stämme von *Pleurotus sapidus* zur Gewinnung natürlicher Produkte mit biologischer Aktivität aus Nebenströmen der Citrus-Industrie

Runde: Bioökonomie International 2015

Projektpartner in Deutschland: Leibniz Universität Hannover, Justus-Liebig-Universität Gießen, Constructor University Bremen gGmbH

Projektpartner in Argentinien: National Scientific and Technical Research Council, Multidisciplinary Institute of Plant Biology, Biotechnology Research Institute, IIB-INTECH

Projektlaufzeit: 01.04.2017 – 30.06.2021

Fördersumme: 804.495 Euro

BINOM

Mit Enzym-Tandems zu Biokraftstoffen

Klimaschädliche fossile Kraftstoffe dominieren zwar den Verkehrssektor, doch inzwischen kommen auch Biokraftstoffe in den Tank. Sie gelten als nachhaltige Alternative, da sie auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden. Bioalkohole werden beispielsweise durch die mikrobielle Fermentation von pflanzlichen Zuckern gewonnen. Das Fermentationsverfahren ist jedoch bisher nicht sehr effizient. Der Chemiker Prof. Dr. Volker Sieber von der Technischen Universität München sieht die Lösung in der enzymatischen Herstellung von Bioalkoholen – außerhalb lebender Zellen – und arbeitet an der Etablierung eines neuen Verfahrens.

Sieber initiierte das deutsch-australische Kooperationsprojekt BINOM, in dem Chemikerinnen und Chemiker beider Länder gemeinsam sogenannte „Biokatalytische Nanomaschinen“ entwerfen. Dabei werden Enzyme, die für die Fermentation erforderlich sind, aus Mikroorganismen isoliert und durch einen so genannten „Linker“ miteinander verbunden. Jeweils zwei verbundene Enzyme bilden eine Nanomaschine. Durch die direkte Nähe sollen Kofaktoren, die für die Reaktion unentbehrlich sind, effizienter genutzt werden. Um die richtige Linker-Länge und geeignete Ankerpunkte zu finden, untersuchten die Forschenden die Struktur der jeweiligen Enzyme und erstellten digitale Model-

le. Insgesamt konstruierten sie vier Nanomaschinen und simulierten deren Aktivität am Computer. Durch gezielte Modifikationen gelang es dem Team, die Aktivität der Nanomaschinen weiter zu steigern und so die Umwandlung von Zuckern in Bioalkohole zu beschleunigen.

Im nächsten Schritt wollen die Forschenden die vier Nanomaschinen mit Protein-Markierungen – sogenannten Affinitäts-Tags – an eine Oberfläche binden und stufenweise in Bioreaktoren zur Produktion von Isobutanol aus Glukose einsetzen. Langfristig könnten die Ergebnisse des Projekts dazu beitragen, die Produktion von Biokraftstoffen nachhaltiger und wirtschaftlicher zu gestalten und damit einen Beitrag zur biobasierten Kreislaufwirtschaft der Zukunft zu leisten.

Partnerland: Australien

Projekttitle: BINOM – Biokatalytische Nanomaschinen

Runde: Bioökonomie International 2019

Projektpartner in Deutschland: Technische Universität München

Projektpartner in Australien: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, The University of Queensland

Projektlaufzeit: 01.11.2020 – 31.10.2023

Fördersumme: 455.910 Euro



CLOOP

Recyclingdünger der nächsten Generation

In der Landwirtschaft werden große Mengen an Phosphatdünger eingesetzt. Das Phosphor (P) für dessen Herstellung wird aus Phosphatgestein gewonnen – doch die Reserven sind begrenzt. Die P-Rückgewinnung aus Klärschlamm bietet eine nachhaltige und umweltschonende Alternative. Das Unternehmen Metso hat in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung ein Verfahren zur Herstellung von Recyclingdünger aus Klärschlammasche entwickelt.

Ziel des Verbundprojekts CLOOP war es, die Akzeptanz der Recyclingdünger bei Landwirten zu fördern und sie zu effizienteren Düngemitteln der nächsten Generation weiterzuentwickeln. Die Ingenieurin Tanja Schaaf und ihr Team von Metso arbeiteten mit Projektpartnern in Deutschland, Australien und Brasilien daran, den Herstellungsprozess und die Eigenschaften der Recyclingdünger zu optimieren und sie im semi-industriellen Maßstab herzustellen. Projektpartner aller drei Länder untersuchten in Topf- und Feldversuchen, welchen Einfluss die lokalen klimatischen Bedingungen und die Bodenbeschaffenheit auf die Nährstoffaufnahme verschiedener Nutzpflanzen haben. Im Vergleich zu konventionellen P-Düngemitteln lieferten die Recyclingdünger vergleichbare Erträge und zeichneten sich durch eine gleichwertige Löslichkeit und P-Aufnahme in die Pflanzen aus.

Im Rahmen des Folgeprojekts R-Rhenania wird das Verfahren bereits in eine bestehende Klärschlammanlage in Bayern integriert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden bei der Auslegung zukünftiger Anlagen eine wichtige Rolle spielen und für die Vermarktung des Recyclingdüngers genutzt.

Partnerland: Australien, Brasilien

Projekttitle: CLOOP – Schließen globaler Nährstoffkreisläufe durch Weiterentwicklung der Recyclingdünger AshDec und Struvit zu Düngern der nächsten Generation

Runde: Bioökonomie International 2016

Projektpartner in Deutschland: Metso, KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Universität Bonn

Projektpartner in Australien und Brasilien: University of Queensland, Universidade de São Paulo

Projektlaufzeit: 01.11.2017 – 30.04.2021

Fördersumme: 1.193.650 Euro





ProBioSyn

Energie-Zuckerrohr für die Biogasproduktion

Erdgas ist derzeit ein knappes und teures Gut und es ist absehbar, dass diese fossile Ressource in wenigen Jahrzehnten erschöpft sein wird. Als vielversprechende Alternative gilt Biogas, das durch die Fermentation von Biomasse gewonnen wird. Aufgrund des tropischen Klimas werden in Brasilien bereits biomasse-reiche Pflanzen wie Zuckerrohr angebaut. Besonders hohe Biomasserträge liefern aber die als „Energy Cane“ bezeichneten Zuchtformen von Zuckerrohr. Die Ingenieurin Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans – Leiterin des Instituts NOWUM-Energy – hat das Potential dieser Zuchtformen für die Biogasproduktion erkannt.

Prof. Kuperjans und ihr Team initiierten eine deutsch-brasilianische Forschungsk Kooperation, die ein stabiles und effizientes Verfahren zur Erzeugung von Biogas aus Energy Cane entwickelt und in den industriellen Maßstab überführt hat. Eine Herausforderung dabei war die Haltbarmachung der halbjährlich geernteten Pflanzen, die Voraussetzung für eine ganzjährige Biogasproduktion ist. Die Forschenden lösten das Problem, indem sie Techniken zur Konservierung durch Milchsäuregärung entwickelten, die die Biogasbildung nicht beeinträchtigen. Durch gezielte Optimierung weiterer Prozessschritte gelang es ihnen, in kleineren Versuchsreaktoren mit einem Fassungsvermögen von etwa 10 Litern, kontinuierlich Biogas aus Energy Cane zu erzeugen. Zudem definierten sie alle notwendigen Faktoren, um bestehende Biogasanlagen für den Betrieb mit Energy Cane umzurüsten.

Der deutsche Industriepartner PlanET Biogastechnik GmbH nutzte die Ergebnisse der Kooperation als Grundlage, um das Verfahren am brasilianischen Standort in den großtechnischen Maßstab zu übertragen. Das Unternehmen hat auf diese Weise Geschäftsbeziehungen nach Brasilien aufgebaut und betreibt dort mittlerweile eine Niederlassung.

Partnerland: Brasilien

Projekttitle: ProBioSyn – Bereitstellung von Biogas für die Synthesegasproduktion mittels anaerober Vergärung von Energy Cane

Runde: Bioökonomie International 2015

Projektpartner in Deutschland: Fachhochschule Aachen – Institut NOWUM-Energy, PlanET Biogastechnik GmbH

Projektpartner in Brasilien: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiás, Goiânia

Projektlaufzeit: 01.10.2016 – 30.04.2019

Fördersumme: 301.813 Euro



Acrowards

Macauba-Palmen als nachhaltige Ressource

Die südamerikanische Macauba-Palme könnte eine nachhaltige Alternative zur bekannten Ölpalme sein. Sie hat geringe Standortansprüche und kann auf bestehenden Weideflächen wachsen. Die Lebensmittelwissen-

schaftlerin Dr. Isabel Muranyi und ihr Team vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung wollen mit ihrer Forschung dazu beitragen, die Palme als Rohstoffquelle für die Produktion von Lebensmitteln, technischen Produkten und Energie zu erschließen.

Partnerland: Brasilien

Projekttitel: Acrowards – Entwicklung eines nachhaltigen Anbausystems für Macauba Palmen und Identifizierung nachhaltiger Verarbeitungsmethoden zur Bereitstellung wertvoller Macauba-Fraktionen für Lebensmittel- und technische Anwendungen

Runde: Bioökonomie International 2016

Projektpartner in Deutschland: Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Carl Bechem GmbH, Naturhaus Naturfarben GmbH, HPX Polymers GmbH, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH

Projektpartner in Brasilien: Instituto Agrônômico, Institute for Food Technology, São Paulo's Agency for Agribusiness Technology, Life Company Ltda., Paradigma Óleos Vegetais Ltda.

Projektlaufzeit: 01.11.2016 – 31.12.2020

Fördersumme: 639.601 Euro

Im Projekt Acrowards schloss sich das Fraunhofer-Team mit zahlreichen deutschen und brasilianischen Partnern aus Industrie und Forschung zusammen, um Methoden für den nachhaltigen Anbau der Macauba-Palme und die ganzheitliche Nutzung ihrer Früchte zu entwickeln. Die Fraunhofer Forschenden erarbeiteten Fraktionierungstechniken, um die Früchte in ihre einzelnen Bestandteile zu trennen und qualitativ hochwertige Öle, Fasern und Proteine für die Lebensmittelherstellung zu gewinnen. Die Industriepartner zeigten, dass sich die Rohstoffe als Zutaten in veganen Brotaufstrichen und als Ei-Ersatz in Mayonnaise und Feinbackwaren eignen. Im Fokus der brasilianischen Forschenden standen die landwirtschaftlichen Untersuchungen zu Anbau, Ernte und Züchtung besonders ertragreicher Macauba-Sorten. Zudem zeigten sie in einer sozioökonomischen Studie, dass die Macauba-Ernte eine wichtige zusätzliche Einkommensquelle für die ländliche Bevölkerung Brasiliens darstellen kann.

Das Projekt führte zur Gründung der Start-ups Macauba Ingredients GmbH in Deutschland und ACROS - Bioeconomia em Macaúba Ltda. in Brasilien und stieß zwei Folgeprojekte an, die auf die Verwertung der Macauba-Palme abzielen.

ESTASA

Tomatenzucht im Zeitraffer

Heutige Nutzpflanzen wie Tomaten oder Weizen sind das Ergebnis eines jahrtausendelangen Züchtungsprozesses. Ein Motiv der Züchter ist und bleibt die Ertragssteigerung, die jedoch oft auf Kosten anderer nützlicher Eigenschaften wie des Nährstoffgehalts oder Geschmacks geht. Der Biologe Prof. Jörg Kudla und sein Team von der Universität Münster sehen die Lösung in neuen molekularbiologischen Techniken und erforschen, wie die Genscher CRISPR-Cas die Pflanzenzüchtung optimieren kann.

Im Projekt ESTASA zeigten die Forschenden gemeinsam mit ihren brasilianischen Kolleginnen und

Kollegen der Universität São Paulo, dass es möglich ist, innerhalb kürzester Zeit aus einer Wildpflanze eine neue Kulturpflanze zu erschaffen. Mit Hilfe der so genannten Multiplex-CRISPR-Cas9-Technologie statteten sie die südamerikanische Wildtomate *Solanum pimpinellifolium* innerhalb nur einer Generation mit ausgewählten Eigenschaften heutiger Kulturpflanzen aus. Wertvolle genetische Eigenschaften der Wildpflanze blieben dabei erhalten. Die so entstandenen Tomatenpflanzen weisen gegenüber der ursprünglichen Wildtomate zahlreiche Veränderungen auf: Ihre Früchte sind dreimal so groß wie die der Wildpflanze, die Anzahl der Früchte hat sich verzehnfacht, und ihre Form ist ovaler – was die Früchte stabiler macht. Außerdem gelang es dem Team, den Lycopingehalt der Früchte zu verdoppeln – auf das Fünffache des Gehalts von Cocktailtomaten. Der sekundäre Pflanzenstoff verleiht den Früchten ihre rote Farbe und gilt als Radikalfänger.

Die Ergebnisse des Projekts zeigen das enorme Potenzial der Genom-Editierung und könnten die Pflanzenzüchtung grundlegend verändern. Die von den Biotechnologen entwickelte Methode gleicht einer Züchtung im Zeitraffer. Sie erlaubt es, den Prozess der Domestikation noch einmal bei „Null“ zu starten und viel gezielter zu steuern, als es mit der traditionellen Züchtung möglich ist.

Partnerland: Brasilien

Projekttitle: ESTASA – Verbesserung der Salztoleranz in Tomaten für nachhaltige Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion

Runde: Bioökonomie International 2015

Projektpartner in Deutschland: Universität Münster

Projektpartner in Brasilien: Universidade de São Paulo

Projektlaufzeit: 01.04.2017 – 31.03.2021

Fördersumme: 1.073.850 Euro



IMPREGPACK

Antimikrobiell aktive Verpackungsfolien

Lebensmittel wie geschnittene Früchte, Fertigsalate oder Fleisch sind leicht verderblich. Ihre Haltbarkeit lässt sich durch antimikrobiell wirkende Verpackungsfolien verlängern. Für deren Herstellung kommen synthetische Konservierungsstoffe und umweltbelastende Lösungsmittel zum Einsatz. Unter der Leitung des Lebensmitteltechnologen Julian Thielmann suchten die Forschenden des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung nach einer nachhaltigeren Alternative.

Dafür schlossen sie sich im Verbundprojekt IMPREGPACK mit zwei deutschen Unternehmen und Forschenden der Universität Santiago de Chile zusammen. Das Team entwickelte ein lösungsmittelfreies Imprägnierverfahren, bei dem Naturstoffe mit Hilfe von so genanntem überkritischem Kohlenstoffdioxid (CO₂) in den Kunststoff eingebracht werden. Die chilenischen Projektpartner hatten bereits erste Erfolge mit der CO₂-Imprägnierung erzielt und ihr Know-how zu Beginn des Projekts mit den deutschen Partnern geteilt. Diese entwickelten das Verfahren mit der Zielsetzung weiter, Verpackungsfolien mit antimikrobiellen Pflanzenextrakten zu imprägnieren. Dafür stellte das Unternehmen AcanChia zahlreiche Extrakte her, z. B. aus Oregano, Ingwer und Kümmel. Auf Grundlage der antimikrobiellen Wirkspektren und sensori-

schen Eigenschaften wählten die Lebensmittelwissenschaftler geeignete Extrakte für die Imprägnierung aus und belegten die Wirksamkeit der hergestellten Verpackungsfolien in Lagertests mit ausgewählten Lebensmitteln. Die weitere Prozessoptimierung und großtechnische Herstellung der imprägnierten Folien erfolgte auf den Anlagen der NateCO₂.

Mit dem hier entwickelten Verfahren können zukünftig Verpackungsmaterialien mit antimikrobiellen Pflanzenextrakten ausgerüstet werden, sobald die jeweiligen Pflanzenextrakte in der EU als Konservierungsmittel zugelassen sind. Die dafür notwendigen Daten müssen noch erhoben werden.

Partnerland: Chile

Projekttitle: IMPREGPACK – Nachhaltige Funktionalisierung von Verpackungsfolien unter Verwendung von überkritischem CO₂

Runde: Bioökonomie International 2015

Projektpartner in Deutschland: Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Hopfenveredlung St. Johann GmbH (NateCO₂), AcanChia UG & Co. KG

Projektpartner in Chile: Universität Santiago de Chile

Projektlaufzeit: 01.12.2016 - 31.05.2019

Fördersumme: 368.324 Euro





Thio-As-Rice

Bedenkliche Arsenverbindungen im Reis

Reis ist das wichtigste Grundnahrungsmittel weltweit, gleichzeitig enthält das Getreide krebserregendes Arsen, das die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen. Deshalb müssen bei Reisprodukten Grenzwerte eingehalten werden. Doch Reis könnte weit mehr bedenkliches Arsen enthalten als bisher angenommen. Vor etwa 15 Jahren entdeckte die Umweltgeochemikerin Prof. Dr. Britta Planer-Friedrich von der Universität Bayreuth eine Gruppe von Arsen-Schwefel-Verbindungen, so genannte Thioarsenate, die mit den üblichen Messmethoden bis dahin nicht erfasst wurden. Ihr Team fand später erste Hinweise darauf, dass Thioarsenate auch in Reisfeldern entstehen und über die Wurzeln in Reispflanze und Reiskorn gelangen können.

Im BMBF-Projekt Thio-As-Rice untersuchte das Team gemeinsam mit dem Pflanzenphysiologen Prof. Dr. Stephan Clemens und Kooperationspartnern in China, welche Bedingungen die Bildung von Thioarsenaten in Reisfeldern begünstigen, ob es Reissorten gibt, die Thioarsenate besonders gut aufnehmen, und ob sich die Verbindungen im Reiskorn anreichern. Die Forschenden wiesen vor allem DMMTA (Dimethylmonothioarsenat) – das in Zellstudien als toxisch eingestuft wird – in mehr als 200 Proben von Reiskörnern aus China und kommerziell erhältlichem Reis aus aller Welt nach. DMMTA trägt bis zu 20 Prozent zum Gesamtarsen in Reiskörnern bei. In Reiswaffeln ist der Anteil deutlich höher. Damit stellt DMMTA womöglich eine bisher unterschätzte Gefahr für den Menschen dar.

Das Bayreuther Team hat mit seiner Forschung dazu beigetragen, Thioarsenate in den Fokus der internationalen Forschung, Politik und Medien zu rücken. Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob die Grenzwerte für Arsenverbindungen in Lebensmitteln angepasst werden müssen und ob der Thioarsenatgehalt im Reis durch landwirtschaftliches Management, Standortwahl oder den Einsatz von gezielter Züchtung mit Hilfe biotechnologischer Methoden, wie der Genschere CRISPR/Cas minimiert werden kann.

Partnerland: China

Projekttitle: Thio-As-Rice – Herausforderungen und Chancen der Entdeckung neuer Arsen Spezies in Reisböden für die Produktion von Arsen-sicherem Reis

Runde: Bioökonomie International 2017

Projektpartner in Deutschland: Universität Bayreuth

Projektpartner in China: Nanjing Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement und Chinese Academy of Sciences Xiamen

Projektlaufzeit: 01.07.2019 – 31.10.2022

Fördersumme: 601.613 Euro



CARE

Strom und Wärme aus Reisschalen

Indonesien ist einer der größten Reisproduzenten der Welt. Schätzungen zufolge fallen dabei jährlich bis zu 12 Millionen Tonnen organischer Abfälle an, die bisher weitgehend ungenutzt blieben. Die Wissenschaftlerin Dr.-Ing. Esther Stahl vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik und ihr Team sehen in diesen Reststoffen eine wertvolle Energiequelle und forschten daran, sie für die lokale Strom- und Wärmeversorgung nutzbar zu machen.

Im Projekt CARE schloss sich das Team mit deutschen und indonesischen Partnern zusammen, um Technologien, Geschäftsmodelle und Handlungsempfehlungen für die energetische Nutzung von Reisspelzen zu entwickeln.

Um die sehr leichten Reisspelzen in eine kompaktere und damit lager- und transportfähige Form zu bringen, untersuchten die Ingenieurinnen und Ingenieure zunächst die Herstellung von handelsüblichen Briketts und Pellets. In einer Pilotanlage gelang es ihnen, diese im Tonnenmaßstab zu produzieren. Anschließend erprobte das Team die Nutzung der Briketts und Pellets in verschiedenen Anlagen zur Biomassevergasung, um brennbares Gas für die lokale Stromerzeugung zu gewinnen. Die Reisspelzen erwiesen sich jedoch nicht als idealer alleiniger Brennstoff für die Festbettvergasung. Hier sind weitere Entwicklungen erforderlich. Die Pellets hingegen eigneten sich als teilweiser Ersatz für Holzhackschnitzel, die in Indonesien zur Wärmegewinnung eingesetzt werden.

Ausgehend von den verschiedenen Anwendungsoptionen erarbeiteten die Projektpartner Ansatzpunkte für die wirtschaftliche Nutzung von Reisspelzen, die auch auf andere Reisanbaugebiete weltweit übertragbar sind.

Partnerland: Indonesien

Projekttitel: CARE – Towards Circular Indonesian Agriculture: Promoting Rice Husk-to-Electricity for clean rural electrification

Runde: Bioökonomie International 2017

Projektpartner in Deutschland: Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie, MicroEnergy International GmbH

Projektpartner in Indonesien: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Projektlaufzeit: 01.02.2020 – 31.07.2023

Fördersumme: 1.021.018 Euro

OMCBP

Korallenwirkstoffe aus Bakterien

Die Natur ist reich an bioaktiven Substanzen mit medizinischem Potenzial. Ein Beispiel dafür ist das so genannte Pseudopterosin, das von der karibischen Hornkoralle *Antillologorgia elisabethae* produziert wird. Um an den entzündungshemmenden Wirkstoff zu gelangen, werden wilde Korallen herausgerissen und dadurch Riffe in der Karibik zerstört. Der Biotechnologe Prof. Dr. Thomas Brück von der Technischen Universität München sucht seit etwa 15 Jahren nach Wegen, Pseudopterosin nachhaltiger herzustellen und damit einen Beitrag zum Schutz der Korallenriffe zu leisten.

Brück initiierte das Projekt OMCBP, in dem sein Team gemeinsam mit weiteren deutschen und kanadischen Arbeitsgruppen die biotechnologische Herstellung des Korallenwirkstoffs erprobte. Die Forschenden wussten, dass das Bakterium *Streptomyces clavuligerus* über einen natürlichen Stoffwechselweg verfügt, bei dem Pseudopterosin-ähnliche Verbindungen entstehen. Durch gezielte genetische Veränderung eines Schlüsselenzyms und dem anschließenden genetischen Transfer des Stoffwechselweges in Kolibakterien, gelang es ihnen eine Vorstufe des Pseudopterosins, das Isoelisabethatriene, zum Hauptprodukt zu machen. Die Biotechnologen reinigten die Verbindung aus der Fermentationsbrühe auf und wandelten sie mit einem Lipase-Enzym in Erogorgiaene um. Erogorgiaene wirkt antibiotisch und ist eine weitere Vorstufe des Pseudopterosins. Das Team zeigte, dass die Erogorgiaene-produzierenden Kolibakterien auch auf Zucker aus enzymatisch verflüssigtem Stroh – sogenanntem Strohhlysate – wachsen.

Eine biotechnologische, nachhaltige und ökonomisch sinnvolle Produktion der Korallenwirkstoffe ist mit dieser Studie in greifbare Nähe gerückt. Die Ergebnisse wurden bereits erfolgreich publiziert und patentiert. Die Herausforderung besteht nun darin, den biotechnologischen Herstellungsprozess zu skalieren.

Partnerland: Kanada

Projekttitel: OMCBP – Optimierte mikrobielle Umsetzung von Biomassereststoffen zur nachhaltigen Herstellung hochwertiger bioaktiver Diterpene

Runde: Bioökonomie International 2013

Projektpartner in Deutschland: Technische Universität München, Ruhr Universität Bochum, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik

Projektpartner in Kanada: University of Prince Edward Island, Nautilus Biosciences Canada Inc.

Projektlaufzeit: 01.09.2014 – 28.02.2018

Fördersumme: 1.420.000 Euro



FusResist

Fusarium-resistenter Weizen

Weizen ist eines der wichtigsten Nahrungsmittel weltweit. In vielen Anbaugebieten werden Ertrag und Qualität durch Pilzkrankheiten wie die Ährenfusariose stark beeinträchtigt. Verursacht wird sie durch Schimmelpilze der Gattung *Fusarium*. Da der Erreger nur schwer zu bekämpfen ist, sieht der Agrarbiologe Prof. Thomas Miedaner von der Universität Hohenheim einen wichtigen Lösungsansatz in der Züchtung neuer fusariumresistenter Weizensorten.

Unter seiner Leitung hat ein deutsch-kanadisches Forscherkonsortium vier Jahre lang daran gearbeitet, den Züchtern entsprechende genomische Werkzeuge an die Hand zu geben. In Feldversuchen in Deutschland und Kanada baute das Team rund 1,200 Weizengentypen an und testete, welche am wenigsten von Fusarien befallen werden. Anschließend identifizierten sie mit Hilfe von zahlreichen molekularen Markern Bereiche im Erbgut, die die Resistenzbildung und andere wichtige Merkmale beeinflussen. Die anhand der Genomdaten selektierten Pflanzen wiesen im Freiland eine um durchschnittlich 10 % höhere Fusarienresistenz auf. Darunter waren etwa ein Dutzend neuer Weizenlinien mit sehr hoher Resistenz, bei denen nur 5-25 % (statt 80-100 %) der Pflanzen befallen wurden.

Weizenzüchter können nun auf diese Sorten sowie das Know-how der Genomanalyse zurückgreifen, was die Züchtung neuer Sorten deutlich effizienter machen wird. Weitere Erkenntnisse aus dem Projekt könnten helfen, in der Zukunft noch bessere Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Ährenfusariosen zu entwickeln.

Partnerland: Kanada

Projekttitle: FusResist – Genombasierte Analyse des Pathosystems Weizen/Fusarium für die Entwicklung von gesunden Nahrungs- und Futtermitteln

Runde: Bioökonomie International 2014

Projektpartner in Deutschland: Universität Hohenheim, Forschungs- und Züchtungsallianz pro Weizen, GFPi-Service GmbH, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, KWS LOCHOW GmbH

Projektpartner in Kanada: Agriculture and Agrifood Canada, University of Saskatchewan, University of Manitoba, University of Guelph, National Research Council of Canada

Projektlaufzeit: 01.07.2015 – 31.03.2019

Fördersumme: 1.200.000 Euro





Bio-MS

Transportboxen aus Biokunststoff

Empfindliche Exportgüter aus Südamerika, wie Blumen, Obst oder Gemüse werden beim Transport durch Kunststoffkartons geschützt. Diese bestehen aus sogenannten Hohlkammerstegplatten, die meist aus erdölbasierten Kunststoffen gefertigt werden. Marktvorbereitbare Biokunststoffe waren für die Herstellung der Stegplatten bisher ungeeignet. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik sind auf die Entwicklung neuer Biokunststoffe spezialisiert. Ein Team um den Chemieingenieur Dr. Stephan Kabasci hat die ersten biobasierten Hohlkammerstegplatten entwickelt.

Im Verbundprojekt Bio-MS suchten die Fraunhofer-Forschenden gemeinsam mit einem deutschen Unternehmen und zwei kolumbianischen Partnern nach einem geeigneten Biokunststoff. Neben Funktionalität und Nachhaltigkeit stand auch die Wirtschaftlichkeit des neuen Materials im Fokus. Die deutschen Projektpartner testeten verschiedene Mischungen aus handelsüblichen Biokunststoffen und Additiven und prüften deren Verarbeitungseigenschaften. Sie entschieden sich für eine Rezeptur auf Basis von Polymilchsäure (PLA). Dieser vergleichsweise kostengünstige Biokunststoff ist unter den Bedingungen der industriellen Kompostierung biologisch abbaubar. Das kolumbianische Forschungsteam unterstützte die Materialentwicklung und der kolumbianische Industriepartner zeigte in einem Pilotversuch, dass das Material zur industriellen Herstellung von Hohlkammerstegplatten eingesetzt werden kann.

Derzeit arbeiten die Forschenden an der Weiterentwicklung des Materials für Produkte im Blumenzucht- und Gartenbaubereich. Aufgrund der niedrigen Preise fossiler Kunststoffe hat es bisher noch keine der Anwendungen in die industrielle Umsetzung geschafft. Dazu müssten die Rahmenbedingungen verbessert werden. Beispielsweise durch die Bevorzugung biobasierter Produkte in der öffentlichen Beschaffung nach dem Vorbild des US-amerikanischen „BioPreferred“-Programms, oder eine stärkere Besteuerung fossiler Rohstoffe, bzw. deren CO₂-Fußabdrucks.

Partnerland: Kolumbien

Projekttitle: Bio-MS – Entwicklung einer neuartigen Stegplatte aus Biokunststoffen

Runde: Bioökonomie International 2015

Projektpartner in Deutschland: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, FKUR Kunststoff GmbH

Projektpartner in Kolumbien: Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho (ICIPC), Compañía de Empaques S.A.

Projektlaufzeit: 01.07.2016 – 31.07.2018

Fördersumme: 231.037 Euro



BioInsectonomy

Mit Insekten zur nachhaltigen Aquakultur

Etwa die Hälfte des weltweit konsumierten Fisches stammt aus Aquakulturen. Für die Aufzucht der Tiere wird dabei unter anderem Fischmehl verwendet, das ökologische Herausforderungen mit sich bringt. Futtermittel aus Insekten sind eine nachhaltigere Alternative, denn Insekten können organische Reststoffe in hochwertiges Eiweiß umwandeln. Der Biologe Hermann Broll vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) will mit seiner Forschung dazu beitragen, den Einsatz von insektenbasierten Futtermitteln in der Aquakultur voranzutreiben.

Broll initiierte das Projekt BioInsectonomy, um Forschungsexpertise aus Deutschland, Kolumbien und Norwegen zu bündeln und gemeinsam alle Schritte in der Produktionskette zu analysieren und zu optimieren. Die kolumbianischen Kolleginnen und Kollegen erproben die Insektenaufzucht und die Fischfütterung mit unterschiedlichen Insekten- und Fischarten. Gleichzeitig testen sie, welche lokal anfallenden ungenutzten Ressourcen – beispielsweise pflanzliche Ernterückstände oder Lebensmittelreste – sich für die Insektenzucht eignen und wie sich die Wahl des Substrates auf die Fischzucht auswirkt. Ein weiterer deutscher und der norwegische Projektpartner untersuchen die Lebensmittelsicherheit der mit Insektenprotein gefütterten Fische. Parallel dazu entwickeln die deutschen Forschenden moderne Nachweismethoden zur Rückverfolgbarkeit der Insektenarten in den Futtermitteln.

Aus den Daten aller Untersuchungen wird das BfR-Team Standardarbeitsanweisungen (Standard Operating Procedures, SOPs) erstellen, die zum Beispiel aufstrebenden Start-ups beim Aufbau von Insektenfarmen helfen sollen. Mit Hilfe der SOPs können sie u. a. geeignete Insektenarten zur Aufzucht und als Futtermittel auswählen, entsprechende Nachweismethoden implementieren oder sich umfassend über die rechtlichen Rahmenbedingungen in Kolumbien und in der Europäischen Union informieren.

Kolumbien, Norwegen

Projekttitle: BioInsectonomy – Bioökonomische Erzeugung von Insekten-basierenden Futtermitteln für die Aquakultur

Runde: Bioökonomie International 2020

Projektpartner in Deutschland: Bundesinstitut für Risikobewertung, Signatope GmbH

Projektpartner in Kolumbien und Norwegen: Nationale Universität von Kolumbien, Norwegian Institute of Marine Research

Projektlaufzeit: 01.07.2022 – 30.06.2025

Fördersumme: 482.213 Euro

BURPED

Biowasserstoff aus Industrieabgasen

Wasserstoffgas gilt als zentrales Element der Energiewende: In Zukunft soll Wasserstoff klimafreundliche Flugzeuge, Schiffe und Lastwagen antreiben und die Produktion von grünem Stahl ermöglichen. Doch die derzeitigen industriellen Ansätze zur Wasserstoffproduktion sind teuer, oft nicht nachhaltig und umweltschädlich. Die Biotechnologin Dr. Anke Neumann und ihr Team vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sind überzeugt, dass biologische Strategien zur Wasserstoffherzeugung diese Probleme umgehen können.

Gemeinsam mit ihrem langjährigen Projektpartner Prof. Pieter De Maayer von der Witwatersrand-Universität in Südafrika, initiierte Neumann das Projekt BURPED. Das Team entwickelte dabei ein biotechnologisches Verfahren zur bakteriellen Herstellung von

Wasserstoff aus Kohlenmonoxid- und Sauerstoffhaltigen Industrieabgasen. Ihre Forschung konzentriert sich auf das Bakterium *Parageobacillus thermoglucosidasius*, das bei einer Temperatur von 55 °C aus Wasser und Kohlenmonoxid Wasserstoff herstellen kann. Die Forschenden sehen in ihm den idealen Kandidaten für die kommerzielle Wasserstoffproduktion, da ihm der für andere wasserstoffbildende Bakterien schädliche Sauerstoffanteil in Industrieabgasen nichts anhaben kann. Die südafrikanischen Projektpartner gelten als Spezialisten auf dem Gebiet der Molekularbiologie dieses Bakteriums. Ihre Aufgabe war es, zu verstehen, wie *P. thermoglucosidasius* die Wasserstoffbildung reguliert, und mit Hilfe genomischer Techniken die Effizienz der Wasserstoffbildung zu optimieren. Die Forschenden des KIT fokussierten sich auf die Prozessentwicklung der Bioreaktoren. Es gelang ihnen, den Prozess von kleinen Flaschen in den Bioreaktormaßstab zu vergrößern und den über mehrere Wochen kontinuierlich zu betreiben.

Damit entwickelte das Team ein neues und effizientes Verfahren zur Produktion von Biowasserstoff. Im nächsten Schritt soll das Verfahren mit realen Industrieabgasen validiert werden. Hierfür müsste eine kleine Pilotanlage an das Abgas eines Industriepartners gekoppelt werden.

Partnerland: Südafrika

Projekttitle: BURPED – Wasserstoffbildung unter Verwendung rekombinanter *Parageobacillus* Prozessoptimierung und Aufarbeitung

Runde: Bioökonomie International 2019

Projektpartner in Deutschland: Karlsruher Institut für Technologie

Projektpartner in Südafrika: University of the Witwatersrand

Projektlaufzeit: 01.10.2020 - 29.02.2024

Fördersumme: 275.062 Euro



CASSAVASTORE

Ertragreichere Maniokwurzeln

Maniok – oder Cassava – ist eine wichtige Nutzpflanze, die vor allem in den Tropen und Subtropen angebaut wird. Ihre stärkehaltigen Speicherwurzeln dienen etwa 800 Millionen Menschen als Grundnahrungsmittel. Für die Bioökonomie gewinnt Maniok zunehmend an Bedeutung, da er vollständig verwertet werden kann. Insbesondere die Stärke der nicht essbaren Sorten kann als Rohstoff für die Herstellung von Bioethanol oder Kleb- und Süßstoffen dienen. Die Blätter können als Gemüse verzehrt, als Viehfutter oder zur Bodenverbesserung genutzt werden. Doch im Gegensatz zu anderen wichtigen Nutzpflanzen wie Mais, Weizen oder Reis wurde Maniok bisher kaum erforscht und züchterisch optimiert.

Das wollen der Agrarwissenschaftler Dr. Tobias Wojciechowski und sein Team vom Forschungszentrum Jülich ändern. Sie erforschen, wie der Maniokanbau verbessert, und die Erträge gesteigert werden können. Im Projekt CASSAVASTORE schlossen sie sich die Jülicher mit 14 Molekularbiologen, Bioinformatikern, Pflanzenzüchtern und Ingenieuren aus Thailand zusammen. Sie konzentrierten sich besonders auf die Eigenschaften der Speicherwurzeln. Ziel war es, die Wurzelbildung zu verstehen und damit eine Grundlage zu schaffen, sie zu verbessern und die Erträge zu steigern. An rund 54.000 Pflanzen von 600 verschiedenen Genotypen untersuchten sie, wie die Wurzelmerkmale – beispielsweise das Volumen – mit der genetischen Ausstattung zusammenhängen. Darauf aufbauend identifizierten sie Gene, die die Wurzelbildung regulieren und für die Züchtung neuer, ertragreicher Sorten genutzt werden können.

Die im Projekt gesammelten Daten stehen in öffentlichen Datenbanken zur Verfügung und bilden eine Grundlage für die effizientere Maniokzüchtung weltweit. Ein Folgeprojekt, das gemeinsam mit den thailändischen Partnern durchgeführt wird, konzentriert sich auf die Verbesserung der Bewässerungseffizienz von Maniok.

Partnerland: Thailand

Projekttitle: CASSAVASTORE – Genetische und phänotypische Analysen zur Verbesserung der Speicherwurzelentwicklung von Maniok

Runde: Bioökonomie International 2015

Projektpartner in Deutschland: Forschungszentrum Jülich GmbH

Projektpartner in Thailand: The National Science and Technology Development Agency, Department of Agriculture, King Mongkut's University of Technology Thonburi

Projektlaufzeit: 01.01.2017 - 30.06.2021

Fördersumme: 805.000 Euro





TrickleZyme

Pilzenzyme aus dem Rieselstromreaktor

Pflanzliche Nebenprodukte aus der Forst- und Landwirtschaft sind eine attraktive Rohstoffquelle für die Erzeugung biobasierter Produkte. Der Schlüssel dazu sind Pilzenzyme, die selbst verholzte pflanzliche Biomasse zersetzen. Die biotechnologische Herstellung solcher Enzyme erfolgte bisher im klassischen Rührverfahren. Das Verfahren ist allerdings so teuer, dass es die Nutzung der Enzyme unwirtschaftlich macht. Um die Produktionskosten zu senken, initiierte der Biotechnologe Dr. Stefan Dröge vom Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e. V (PFI) eine Forschungs-kooperation mit US-amerikanischen Wissenschaftlern, die bereits Fortschritte bei der Entwicklung eines alternativen Herstellungsverfahrens gemacht hatten.

Im Projekt TrickleZyme entwickelten Dröge und sein Team gemeinsam mit den amerikanischen Kollegen einen Tropfkörper-Bioreaktor, der höhere Enzymausbeuten liefert als das Rührverfahren. Die Pilze wachsen dabei nicht in einer gerührten Nährlösung, sondern als Biofilm auf einer Oberfläche aus Kunststofffüllkörpern. Die Nährlösung rieselt von oben nach unten durch den Reaktor. Dadurch sind die Pilze nur geringen Scherkräften ausgesetzt und produzieren mehr Enzyme als beim klassischen Verfahren. Die Nährlösung mit den sekretierten Enzymen wird kontinuierlich gesammelt und aufgereinigt. Dazu muss der Prozess nicht gestoppt werden. Das ist ein weiterer Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Verfahren. Damit die Pilze den Reaktor nicht bewachsen und verstopfen, entwickelten die amerikanischen Projektpartner einen genetisch veränderten Pilz mit eingeschränktem Wachstum. Anschließend bauten sie den ersten Prototyp des Bioreaktors, den die Forschenden des PFI vom Labormaßstab auf 300 Liter hochskalierten.

Die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit werden bereits in verschiedenen Industrie- und Folgeprojekten genutzt, um Cellulasen kostengünstiger und effektiver zur Behandlung von Lignocellulose einzusetzen. Darüber hinaus wurden Teile des Verfahrens erfolgreich beim Europäischen Patentamt patentiert.

Partnerland: USA

Projekttitle: TrickleZyme – Wachstumslimitierte und kontinuierliche Enzymproduktion in einem Tropfkörperreaktor

Runde: Bioökonomie International 2014

Projektpartner in Deutschland: Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e. V.

Projektpartner in den USA: Oklahoma State University

Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.05.2018

Fördersumme: 297.417 Euro



AgroGuard

Schnelltest für Reismviren

Pflanzenpathogene verursachen weltweit erhebliche Ernteverluste. In Vietnam bedrohen vor allem Reismviren oder Aflatoxin produzierende Schimmelpilze die Ernährungs- und Lebensmittelsicherheit. Landwirte versuchen sie mit chemischen Mitteln einzudämmen. Doch ohne eine frühzeitige und korrekte Identifizierung der Erreger sind die Maßnahmen mitunter wirkungslos. Dadurch entstehen nicht nur hohe Kosten, es gelangen auch unnötig Agrochemikalien in die Umwelt.

Der Molekularbiologe Prof. Stefan Schillberg und sein Team vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME haben deshalb einen Schnelltest für Reismviren und *Aspergillus*-Schimmelpilze entwickelt. Damit ist es möglich die Erreger frühzeitig zu identifizieren und gezielt zu bekämpfen.

Im Projekt AgroGuard kooperierten die Aachener mit Pflanzenviren-Expertinnen und -Experten der Universität Hanoi. Diese führten Feldstudien in den Reisfeldern Vietnams durch, sammelten befallenes Pflanzenmaterial und stellten Sequenzdaten für gängige Reismviren zur Verfügung. Das Fraunhofer-Team stellte Antikörper gegen die Reismviren und *Aspergillus*-Stämme her. Sie dienten als Basis für die Entwicklung von zwei antikörperbasierten Nachweisverfahren: dem ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) und einem Lateral-Flow-Device. Der ELISA ermöglicht eine schnelle Diagnose von Erregern im Labor. Lateral-Flow Devices funktionieren nach dem Prinzip

der heute bekannten Corona-Schnelltests. Mit den Testkassetten sollen Landwirte künftig kostengünstig und direkt vor Ort Reismviren und *Aspergillus*-Befall in Nutzpflanzen nachweisen können.

Der Schnelltest wurde in Zusammenarbeit mit deutschen und vietnamesischen Firmen hergestellt und muss bis zur Marktreife noch weiter optimiert werden. Die Fraunhofer-Forschenden haben inzwischen weitere Testverfahren entwickelt, um beispielsweise auch Kartoffelviren schneller nachzuweisen.

Partnerland: Vietnam

Projekttitle: AgroGuard – Schnelle Diagnose von Pflanzenpathogenen in der Landwirtschaft mittels Antikörper-basierter Technologien

Runde: Bioökonomie International 2013

Projektpartner in Deutschland: Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie, Senova - Gesellschaft für Biowissenschaften und Technik mbH

Projektpartner in Vietnam: Hanoi University of Agriculture, Science Services and Consultation Co., Ltd, Red Rainbow Co., Ltd

Projektlaufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2017

Fördersumme: 589.380 Euro

VnmDiv

Pilzvielfalt im Regenwald

Pilze besitzen eine enorme Diversität und sind nach den Tieren die zweitgrößte Organismengruppe. Schätzungen zufolge gibt es bis zu 3,8 Millionen verschiedene Arten, von denen bisher nur ein Bruchteil bekannt ist. Besonders viele unbeschriebene Pilzarten vermuten Forschende in den Tropen. Der Umweltbiotechnologe Prof. Martin Hofrichter und sein Team von der Technischen Universität Dresden sind vor vier Jahren in den Regenwald Vietnams aufgebrochen, um Pilze aufzuspüren, die für die Bioökonomie relevant sein könnten.

Dabei hatten die Forschenden des Projekts VnmDiv vor allem die holzabbauenden Weißfäulepilze im Visier. Sie gehören zu den wenigen Organismen, die das komplexe pflanzliche Biomolekül Lignin substanziell zersetzen können. Pilzenzyme gelten daher als vielversprechende Biokatalysatoren für die Umwandlung von Nebenprodukten aus der Land- und Forstwirtschaft in Plattformchemikalien wie Zucker, Phenole, Terpenoide, Alkohole und organische Säuren.

Auf gemeinsamen Sammlungsexkursionen mit den vietnamesischen Partnern haben die Dresdner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über 150 Pilzstämme entdeckt und in eine eigene Stammsammlung überführt. Diese Exemplare repräsentieren einen Querschnitt der pilzlichen Biodiversität Vietnams und

werden nun Forschenden beider Länder für Jahrzehnte zur Verfügung stehen. Die Dresdner entschlüsselten die genetischen Daten von 22 besonders interessanten Pilzen und bestimmten die komplette Proteinausstattung von acht Pilzarten. Im Labor stellten sie 25 verschiedene Pilzenzyme her und untersuchten sie auf ihr Anwendungspotenzial. Einige erwiesen sich als geeignete Biokatalysatoren für die Gewinnung von Plattformchemikalien aus landwirtschaftlichen Reststoffen wie Reisstroh und könnten künftig in der chemischen und pharmazeutischen Industrie zum Einsatz kommen.

Partnerland: Vietnam

Projekttitle: VnmDiv – Integrierte Genom- und Sekretom-Studien zur Erschließung der funktionellen Biodiversität vietnamesischer Pilze für die Konversion nachwachsender Rohstoffe in organische Plattformchemikalien

Runde: Bioökonomie International 2016

Projektpartner in Deutschland: Technische Universität Dresden

Projektpartner in Vietnam: Vietnamese Academy of Science & Technology – VAST, Institute of Natural Products Chemistry – INPC

Projektlaufzeit: 01.08.2018 – 31.07.2022

Fördersumme: 479.840 Euro



Statements der Akteure

” Bioökonomie International erweitert den wissenschaftlichen und kulturellen Horizont und fördert den Aufbau von Forschungs Kooperationen weltweit. “

Prof. Dr. Stefan Schillberg, Fraunhofer IME

” Das Förderprogramm Bioökonomie International hat es uns erlaubt, ein internationales Forschungsprojekt von hoher wissenschaftlicher Qualität und Relevanz durchführen zu können. “

Prof. Dr. Jörg Kudla, Universität Münster



” An Bioökonomie International schätze ich, dass es möglich ist quasi weltweit mit nationalen und internationalen Partnern an spannenden Themen und Technologien zu arbeiten und diese vor Ort zu erproben. “

Dr.-Ing. Esther Stahl, Fraunhofer UMSICHT

” Bioökonomie International leistet wesentliche Beiträge zum Verständnis anderer Forschungskulturen und zur Schaffung künftiger globaler Wissenschaftsnetzwerke. “

Prof. Ralf Günter Berger, Leibniz Universität Hannover

” Bioökonomie International hat uns neue Wege in der Biodiversitätsforschung ermöglicht. “

Prof. Dr. Martin Hofrichter, TU Dresden

” Bioökonomie International hat es uns ermöglicht, Fachwissen aus verschiedenen Bereichen und Ländern in einem Projektteam zusammenzubringen und damit die Entwicklung nachhaltiger biotechnologischer Prozesse zu fördern. “

Prof. Dr. Volker Sieber, Technische Universität München

” An Bioökonomie International schätze ich insbesondere die Möglichkeit, über Kontinente hinweg Kooperationen einzugehen und wissenschaftliche Erkenntnisse zu schaffen, um zum Nutzen aller Partner praktische Wege für die Umsetzung bioökonomischer Ziele zu erreichen. “

Hermann Broll, Bundesinstitut für Risikobewertung



” Bioökonomie International bietet die Möglichkeit, wertvolle internationale Kontakte und Netzwerke zu Forschenden und der Industrie aufzubauen sowie ein besseres Verständnis für die gesellschaftlichen und politischen Herausforderungen der Projektpartner zu bekommen. “

Dr.-Ing. Tanja Schaaf, Metso



„iBioökonomie International hat unseren Horizont erweitert, indem es uns ermöglichte, uns mit internationalen Forschungs- und Industriepartnern zu vernetzen und andere Sichtweisen kennen und schätzen zu lernen.“

Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans,
Institut NOWUM-Energy

„Bioökonomie International hat uns einen interessanten Einblick in die kolumbianische Kunststoffverarbeitungsindustrie und sehr gute Kontakte zu einem Kunststoffforschungsinstitut in Medellín eröffnet.“

Chemieingenieur Dr.-Ing. Stephan Kabasci,
Fraunhofer UMSICHT

„Unsere langjährige Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen in Südafrika war und ist nur durch die BMBF-International Förderung möglich. Die Förderinitiative hat uns erlaubt, effizient an die Forschungserfolge des Vorgängerprojekts anzuknüpfen.“

Dr. Anke Neumann, Karlsruher Institut für Technologie

„Bioökonomie International hat uns den Zugang zu neuen Rohstoffen und Technologien ermöglicht.“

Prof. Dr. Thomas Brück, Technische Universität München

„Bioökonomie International ermöglicht es, die Kooperation zwischen unterschiedlichen internationalen Partnern zu intensivieren und verschiedene Kompetenzen zu bündeln.“

Dr. Isabel Muranyi, Fraunhofer IVV

„Die Bioökonomie International Förderung hat es uns ermöglicht, Expertisen vor Ort und in China synergetisch zu nutzen. Ein Einzelprojekt mit geringerem Budget hätte nicht annähernd einen solch hohen Beitrag zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt leisten können.“

Prof. Dr. Britta Planer-Friedrich, Universität Bayreuth



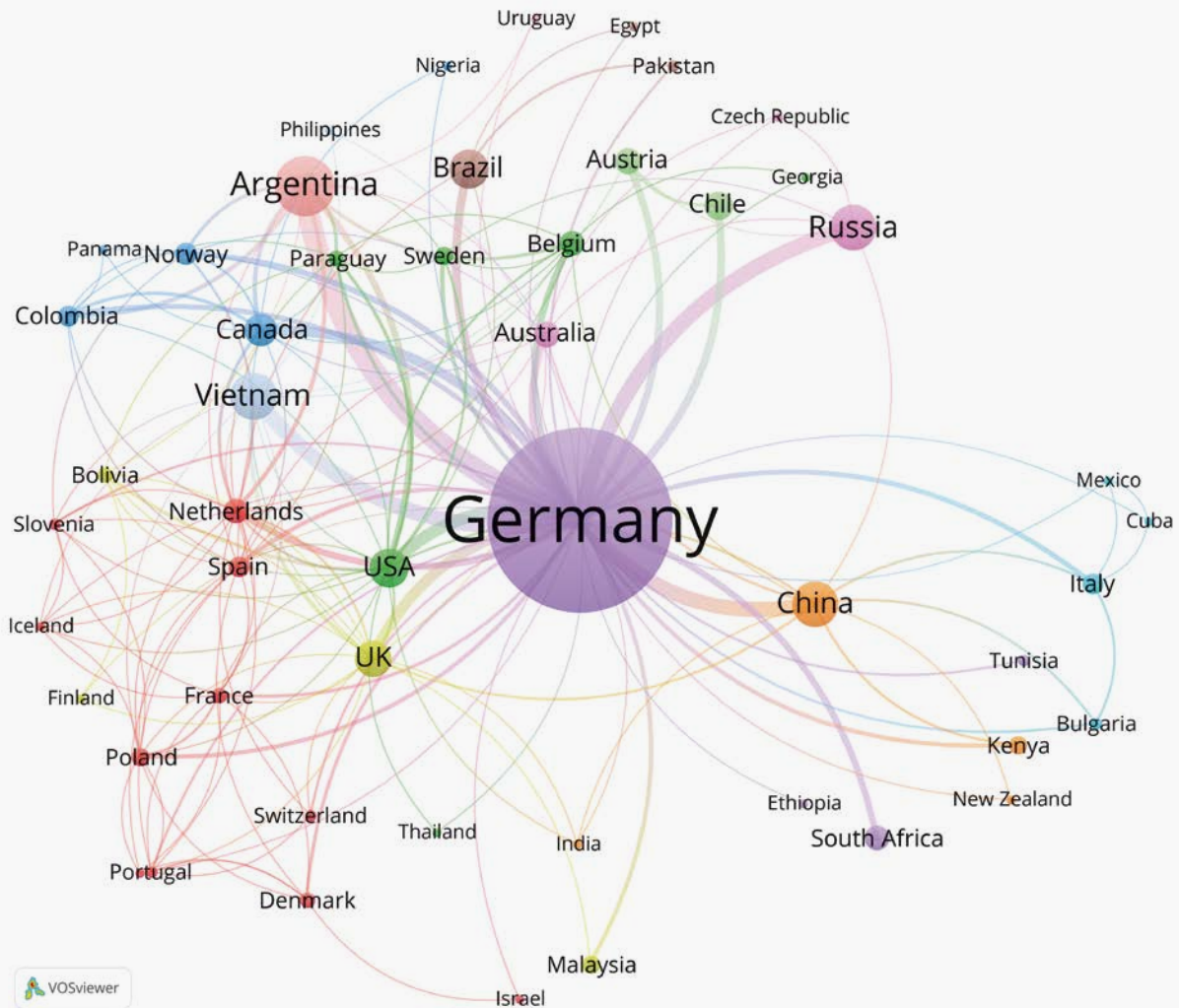
„iAn Bioökonomie International schätze ich die einmalige Möglichkeit auch jenseits der gängigen europäischen Forschungsprogramme mit Partnern aus verschiedenen Regionen der Welt an spannenden Themen der industriellen Biotechnologie zusammenarbeiten zu können.“

Dr. Stefan Dröge, Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e. V.

„Bioökonomie International hat uns ermöglicht langfristige Kooperationen mit thailändischen Partnern aufzubauen.“

Dr. Tobias Wojciechowski, Forschungszentrum Jülich

Publikationen-Netzwerk aus zehn Jahren „Bioökonomie International“



Diese Netzwerkkarte zeigt an, mit welchen Ländern im Rahmen der Fördermaßnahme „Bioökonomie International“ gemeinsame Publikationen entstanden sind. Bemerkenswert ist, dass auch Akteure aus Ländern beteiligt sind, die nicht im Rahmen der Fördermaßnahme unterstützt wurden, darunter viele europäische Länder sowie Beteiligte aus anderen Kontinenten. Ein weiterer Beleg, dass „Bioökonomie International“ seit 2012 einen erfolgreichen Impuls

für eine weitreichende und intensive internationale Kooperation gesetzt hat und somit einen erkennbaren Mehrwert für die globale Zusammenarbeit in der Bioökonomie erbracht hat.

Weitere Informationen:

bmbf.de

ptj.de

bioekonomie.de

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Nachhaltiges Wirtschaften; Bioökonomie
11055 Berlin

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

Bestellungen

schriftlich an
Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09
18132 Rostock
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: bmbf.de
oder per
Tel.: 030 18 272 272 1
Fax: 030 18 10 272 272 1

Stand

November 2023

Text

Informationsplattform bioökonomie.de
c/o BIOCOM Interrelations GmbH

Redaktionelle Begleitung

Projekträger Jülich

Gestaltung

BIOCOM Interrelations GmbH

Druck

BMBF

Bildnachweise

Titel: Grace/stock.adobe.com
S.2: EUMETSAT/ESA
S.6/7: brichuas/stock.adobe.com
S.8: Grace/stock.adobe.com
S.9: pixardi/stock.adobe.com
S.10: mastersky/stock.adobe.com
S.11: FH Aachen/NOWUM-Energy/Jörg Stanzick
S.12: Fraunhofer IVV/S.H. Toledo e Silva
S.13: Piman Khrutmuang/stock.adobe.com
S.14: Fraunhofer IVV
S.15: barmalini/stock.adobe.com
S.16: mrdoggs/stock.adobe.com
S.17: Technischen Universität München/Thomas Brück
S.18: Universität Hohenheim/Thomas Miedaner
S.19: Fraunhofer UMSICHT
S.20: bioökonomie.de
S.21: Karlsruher Institut für Technologie /Anke Neumann
S.22: tinglee1631/stock.adobe.com
S.23: Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e. V./
Stefan Dröge
S.24: Fraunhofer IME /Dr. Max Schubert
S.25: TU Dresden/Martin Hofrichter & Harald Kellner
S.26: links: Fraunhofer UMSICHT/Felix Homann;
rechts: T.W. Klein
S.27: links: FH Aachen; rechts: Prüf- und Forschungsinstitut
Pirmasens e. V./Luise Klemm
S.28: Zentralbibliothek FZ Jülich

