



## Vorwort



Das Jahr 2023 stand im Zeichen der Umorganisation der Leitung der Fraunhofer-Gesellschaft, wie auch des Fraunhofer IME. Der neue Fraunhofer-Präsident Prof. Holger Hanselka widmet seine Präsidentschaft dem Ziel einer Rückbesinnung der Fraunhofer-Gesellschaft auf das primäre Ziel der angewandten Forschung für die Industrie, verbunden mit einer Konsolidierung der Größe bei gleichzeitiger Konzentration auf die Qualität der Arbeitsabläufe und Ergebnisse. Um der thematischen und strategischen Ausrichtung des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME Rechnung zu tragen, wurde zu Jahresbeginn 2024 der langjährige Bereichsleiter Prof. Dr. Christoph Schäfers in die Institutsleitung des Fraunhofer IME berufen. Hauptverantwortlich für den Bereich Angewandte Oekologie in Schmallenberg leitet er gemeinsam mit Prof. Dr. Stefan Schillberg, hauptverantwortlich für die Bereiche Molekulare Biotechnologie und Bioressourcen an den Standorten Aachen und Münster sowie Gießen, die Positionierung des Instituts innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft und auf dem Markt für Forschungsdienstleistungen.

Im Jahr 2023 wurden am Standort Aachen die Nachwuchsgruppen »Cultured Meat« und »Single Cell Protein« zur Verstärkung der Abteilung »Neue Agrarsysteme« geschaffen. Im Fokus dieser Gruppen steht die Etablierung von Verfahren zur Bereitstellung alternativer Proteinquellen für die menschliche Ernährung. Auch rekombinante Proteine werden in der Agrar- und Lebensmittelindustrie verstärkt nachgefragt und hier konnte der Standort mehrere Proteinkandidaten im größeren Maßstab in unterschiedlichen Expressionssystemen produzieren und für die Industrie bereitstellen. Die Aktivitäten der Nachwuchsgruppen wurden im vergangenen Jahr auch auf der Lebensmittelmesse »Food ingredients Europe« in Frankfurt am Main von den Gruppenleitungen am Fraunhofer IME-Stand vorgestellt.

Ein wichtiges Ereignis war der Besuch des neuen Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Holger Hanselka, am Fraunhofer IME in Aachen im Dezember 2023. Hierbei erhielt der Präsident im Rahmen eines Institutsrundgangs zahlreiche Einblicke in unsere Forschungsaktivitäten, darunter auch in den Bereich Vertical Farming. Unser Standort in Münster mit der Abteilung »Funktionelle und Angewandte Genomik« präsentierten im Zuge des Besuchs die aus dem Russischen Löwenzahn hergestellten und kommerziell erhältlichen Fahrradreifen. Im Mittelpunkt des Besuchs von Herrn Prof. Hanselka stand jedoch der Dialog mit den Mitarbeitenden und deren Fragen zu wissenschaftlichen und organisatorischen Themen der Fraunhofer-Gesellschaft, auf die der Präsident sehr offen einging.

Die Herausforderungen durch die Energiekrise und die Umstellung des ERP-Systems dauerten auch 2023 an und führten im zweiten Jahr in Folge zu einem negativen Jahresergebnis. Der Laborneubau am Standort Gießen ist ebenso noch nicht voll funktionsfähig wie der Labor-Großbau in Schmallenberg, der im Juni 2023 feierlich durch Ministerpräsident Hendrik Wüst eröffnet wurde. Während die Büroetage von den Mitarbeitenden bezogen werden konnte, dauert die Inbetriebnahme der Laboretagen noch an und trägt durch die deutliche Verzögerung zum Jahresergebnis bei. Es wurden aber bauliche und strategische Grundlagen geschaffen, um 2025 wieder einen Haushalt zu erreichen, der den unter der neuen Präsidentschaft konsolidierten Fraunhofer-Regeln folgt; der Budgetplan 2024 weist bereits eine deutliche Erholung auf. Als neue Dienstleistungsangebote wurden Verflüchtigungsstudien sowie ökotoxikogenomische Tests zur Bestimmung des molekularen Schwellenwerts einer Gefährdung erfolgreich etabliert.

Der Strategieprozess 2028 des Fraunhofer IME ist in einer dynamischen Phase und hat mit der Entwicklung der Methodenplattform mit dem Namen »Agri'n'Omics« einen ersten, wichtigen Output für die strategische Ausrichtung und das kooperative Zusammenwirken aller Standorte für die Zukunftsfähigkeit des Instituts erzielt. Lesen Sie hierzu auf den nächsten Seiten: »Agri'n'Omics: Gemeinsame Methodenplattform für eine strategische Ausrichtung des Fraunhofer IME«.

Prof. Dr. Stefan Schillberg

Prof. Dr. Christoph Schäfers

## Inhalt

### Vorwort 2

### Agri'n'Omics: Gemeinsame Methodenplattform für eine strategische Ausrichtung des Fraunhofer IME 4

#### Das Institut

Das Fraunhofer IME im Profil	8
Das Fraunhofer IME in der Fraunhofer-Gesellschaft	10
Kuratorium	11
Geschäftsfelder und -bereiche	12
– Geschäftsfelder Molekulare Biotechnologie	13
– Geschäftsbereiche Bioressourcen	14
– Geschäftsfelder Angewandte Oekologie	16
Institutsleitung und Standorte	18

#### Highlight:

AlterN'omics: Alternative Tiermodelle für die biomedizinische Forschung	26
---	----

#### Einblicke in unsere Forschung

– »NovelSweets«: Neuartige proteinbasierte Zuckerersatzstoffe	34
– Multifunktionale Saatgutbeschichtung zur Ertragssicherung und -steigerung bei Kulturpflanzen durch Schutz und Versorgung des Keimlings - SeedPlus	36
– Das Exzellenznetzwerk RobustNature untersucht den Zusammenhang von chemischer Belastung und Biodiversität	40
– Steroidhormone der Neuen Generation – Angepasste Teststrategien zur Identifizierung hormonaktiver Wirkungen	42
– Antimikrobielle Peptide aus <i>Hermetia illucens</i> zur Konservierung von Lebens- und Futtermitteln	44
– Die Entwicklung eines holistisch biologischen Pflanzenschutzes	46

#### Ausgewählte Publikationen

– Simulation und Optimierung von Nährstoffaufnahme und Biomassebildung	51
– Die Zähmung der Teufelszwirne - Blühzeitkontrolle von <i>Cuscuta</i> spp.	53
– Immune-Challenge Analysen im Zebrafisch Embryo Modell für Human- und Umweltfragestellungen	55
– Chronische Toxizität und Genexpressionsanalyse in <i>Cloeon dipterum</i>	57
– Bewertung des Umweltrisikos von Desinfektions-Nebenprodukten	59
– Molekulare Marker für sexual-endokrine Disruption im embryonalen Zebrafisch	61
– Hoffnung im Kampf gegen Antibiotika-resistente Krankheitserreger	63
– Salinitätsveränderungen bedrohen die Weltmeere und die Artenvielfalt	65
– Schlangengifte – Zwischen Gefahr und Gelegenheit	67

#### Ausgewählte Promotionsarbeit

Gekommen, um zu bleiben? Zum Verhalten von PFAS in Ackerböden	69
---	----

### Im Gespräch mit Dr. Che Julius Ngwa & Dr. Monika Konarzycka-Bessler 70

### Menschen und Ereignisse 78

### Fakten 92

### Impressum 94



# Agri'n'Omic: Gemeinsame Methodenplattform für eine strategische Ausrichtung des Fraunhofer IME

von Prof. Dr. Christoph Schäfers & Prof. Dr. Stefan Schillberg

Das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME gliedert sich in den Bereich »Angewandte Oekologie« am Standort Schmallenberg und den Bereich »Molekulare Biotechnologie« an den Standorten Aachen und Münster sowie »Bioressourcen« am Standort Gießen. Nach der Ausgründung des Bereichs »Translationale Medizin« als eigenständiges Fraunhofer-Institut (Fraunhofer ITMP) 2021 erfolgte eine verstärkte Fokussierung der Forschungsschwerpunkte »Molekulare Biotechnologie« und »Bioressourcen« auf bioökonomische Inhalte, während der Bereich »Angewandte Oekologie« seine führende Stellung in der Methodenentwicklung für die stoffbezogene Umweltrisikobewertung von synthetischen und biogenen Stoffen aller Art europaweit weiter ausbaute. Aus dieser Entwicklung ergeben sich zwei wesentliche Vorgaben für die zukünftige strategische Ausrichtung des Fraunhofer IME:

1. Die Institutsschwerpunkte haben unterschiedliche Geschäftsmodelle und Transferpfade, die auch zukünftig eigenständig geleitet werden:
  - a. Produkt- und Prozessentwicklung mit Schutz und Verwertung der IP-Rechte (Molekulare Biotechnologie und Bioressourcen)
  - b. Richtlinienentwicklung und regulatorische Stoffprüfung (Angewandte Oekologie).
2. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass im thematischen und methodischen Überschneidungsbereich der Agrar- und Ernährungswirtschaft ein gemeinsames Profil geschärft wird, das die Integration der vier Standorte fördert.

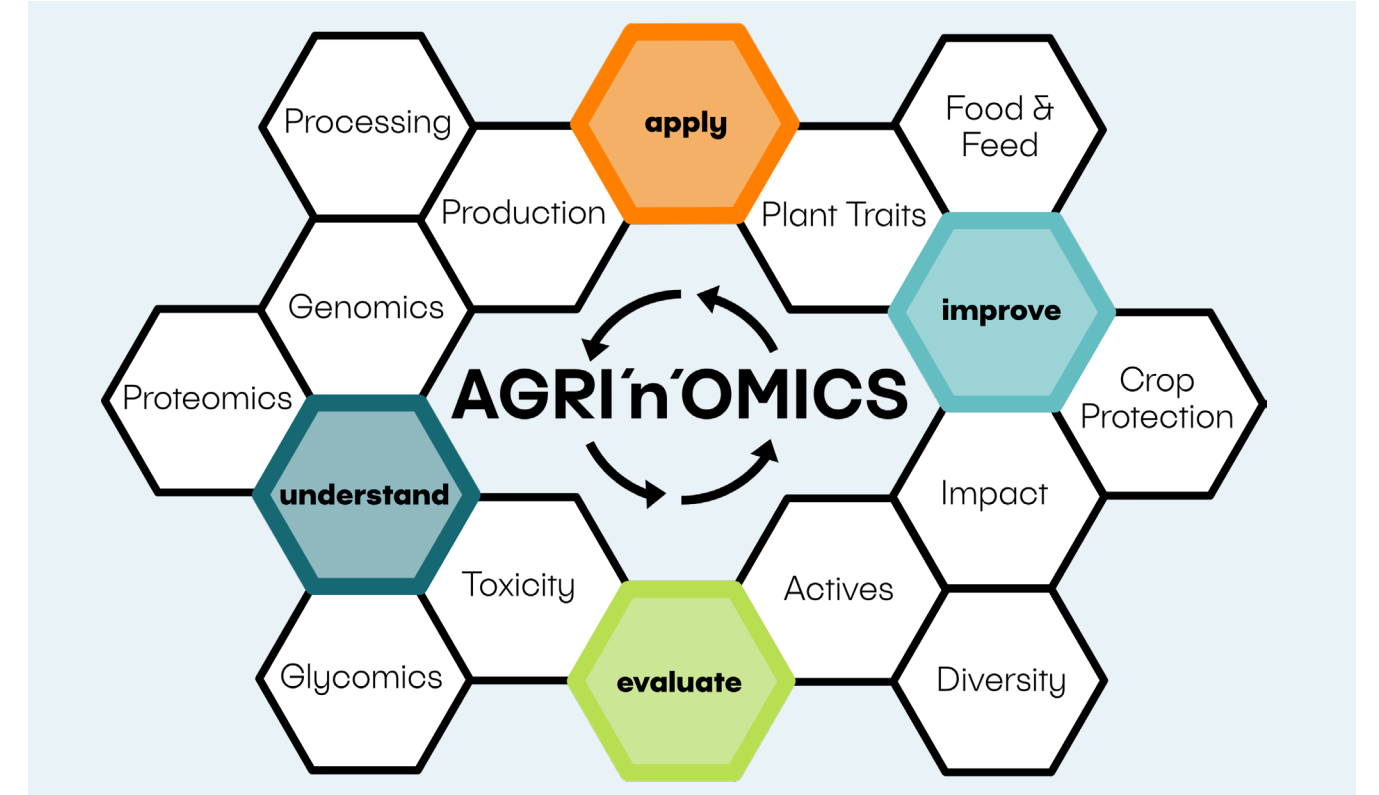
Im Rahmen der Ausarbeitung der Institutsstrategie 2028 wurde zu diesem Zweck der Begriff **Agri'n'Omic** geprägt. Wir verstehen darunter die Betrachtung/Untersuchung der Gesamtheit der molekularen Prozesse der Agrarproduktion, mit dem Ziel, diese Prozesse zu verstehen, zu bewerten, zu nutzen und zu verbessern - sowohl aus Sicht der Pflanzen- und Tierproduktion, als auch aus Sicht der Agrarökologie. Die sehr unterschiedlich ausgerichteten Institutsschwerpunkte bilden durch Agri'n'Omic eine gemeinsame Methodenplattform, die Genom-, Transkriptom- und Proteomuntersuchungen ebenso ermöglicht, wie davon abhängige Metabolom- und Lipidombetrachtungen, sowie die Bearbeitung von Themen aus den Forschungsgebieten (Eco-) Toxicogenomics und Nutriogenomics. Die Forschung der weiteren, eher verfahrenstechnisch orientierten Institute wird dadurch komplementär ergänzt.

Um die gemeinsame Methodenplattform Agri'n'Omic zu etablieren, auszubauen und ganzheitlich zu nutzen, ist zukünftig eine intensivere Koordination der Forschungsaktivitäten der vier Standorte des Fraunhofer IME unerlässlich.

Ziel ist es, Fraunhofer sowohl im Forschungsfeld Bioökonomie als auch in der regulatorischen Stoffbewertung in eine weltweit führende Rolle zu heben. Das Fraunhofer IME bearbeitet die molekularen Interaktionen im Hinblick auf den bioökonomischen Nutzen (Molekulare Biotechnologie und Bioressourcen) und auf den ökologischen »adverse outcome« (Angewandte Oekologie), um Maßstäbe und Lösungen für eine gesunde, nachhaltige, klimafreundliche, ressourcenschonende Landwirtschaft und resiliente Agrarsysteme bereitzustellen.

Drei wesentliche Themenfelder sind

- **Pflanzenbau:** Die molekulare Expertise der Pflanzenzüchtungsforschung des Bereichs »Molekulare Biotechnologie« (MB) und der Abteilung Umweltmikrobiologie des Bereichs »Angewandte Oekologie« (AE) am Standort Münster legen die Grundlagen für Fragestellungen des Pflanzenbaus (Optimierung von Pflanzen- und Saatgut-Eigenschaften für die Bioökonomie, MB) und der Bodenbewertung (AE). Der am Standort Schmallenberg (AE) etablierte Nutzpflanzen-Metabolismus zur Bewertung der Nebenwirkungen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf den Verbraucher kann in Zusammenarbeit mit der Pflanzenbiotechnologie am Standort Aachen genutzt werden, um qualitative Aspekte von Lebens- und Futtermitteln zu erfassen und zu optimieren. Gleichzeitig werden am Standort Schmallenberg weiterhin Belastungen von Wasser und Böden durch Pflanzenbau- und Pflanzenschutzmaßnahmen erfasst und bewertet, die durch die Biodiversitätsforschung am Standort Gießen ergänzt werden.
- **Geschlossene Agrarsysteme:** Geschlossene Systeme zeichnen sich durch ihre Kontrollierbarkeit, ihre Unabhängigkeit von



Klima und Jahreszeit und ihre Ressourceneffizienz in Bezug auf Nährstoffe, Wasser, Platz und Transportwege aus. Das Vertical bzw. Contained Farming von Nahrungspflanzen am Standort Aachen, könnte mit Hilfe der Plattform Agri'n'Omic durch Konzepte zur ernährungsphysiologischen Optimierung der Produkte ergänzt werden. Für die Erzeugung von Cultured Meat mit fleischtypischer Textur ergeben sich interessante Ansätze zur Reduktion gesundheitsgefährdender Eigenschaften roten Fleisches, welche durch die ernährungswissenschaftlichen Kompetenzen am Standort Gießen ergänzt werden. Forschende in Gießen erproben die Co-Kultivierung von Insekten, Fischen und Pflanzen, deren Proteinproduktion gleichzeitig auf unerwünschte Nebenwirkungen untersucht werden könnte. Das Know-how wird am Standort Schmallenberg durch Technologie (RAS-Anlagen im 14C-Überwachungsbereich) und Wissen im Bereich Aquakultur ergänzt. Geschlossene Systeme sind auch in der Produktion hochwertiger non-food-Produkte unabdingbar. Das gilt für mikrobiologische Expressionssysteme genauso wie für auf bestimmte Eigenschaften optimierte Pflanzen.

- **Neue/Biologische Pflanzenschutzmittel:** Am Standort Gießen entwickelten Forschende zahlreiche Ansätze zur Bekämpfung von Schad- und Vektorinsekten, etwa durch die Sterile Männchen-Methode, RNAi oder den Einsatz von Parasiten. Daneben wird die Nutzung von Tiergiften und antimikrobiellen Peptiden erprobt. Am Standort Münster identifizieren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe mit Abwehrpotenzial. Forschende in Schmallenberg können diese Ansätze analytisch unterstützen und als Standardmethoden validieren, damit sie der Industrie als GLP-Studien für neuartige Wirksamkeitsprüfungen von Biopestiziden angeboten werden können.

Die Methodenplattform Agri'n'Omic bietet somit zahlreiche Möglichkeiten die Forschungsaktivitäten der vier Standorte zu verknüpfen, Synergien zu nutzen und neue Themenfelder gemeinsam zu entwickeln.

## Kooperation mit Universitäten und Hochschulen

Das Fraunhofer IME pflegt einen engen Austausch mit verschiedenen Universitäten und Hochschulen. Grundpfeiler der Zusammenarbeit ist die enge personelle Verflechtung von Führungskräften des Fraunhofer IME als Lehrstuhlinhaber\*innen und weiteren Professuren an den Kooperationsuniversitäten in Aachen, Münster und Gießen. Eine Vielzahl der universitären Forschungsschwerpunkte lässt sich zielführend mit der Plattform Agri'n'Omic verknüpfen: So sind beispielsweise Synergieeffekte durch das Zusammenwirken der Pflanzenbiotechnologie (Universität Münster), der Molekularen Biotechnologie (RWTH Aachen University) und den Schwerpunkten Agrarwissenschaften und Lebensmittelforschung an der Justus-Liebig-Universität Gießen mit den Kernthemen Pflanzenbau/Bodenkunde und Tierproduktion/Aquakultur an den vier Standorten des Fraunhofer IME zu erwarten.

# Das Institut

---

Das Fraunhofer IME im Profil

Das Fraunhofer IME in der Fraunhofer-Gesellschaft

Kuratorium

Geschäftsfelder und -bereiche:

Geschäftsfelder Molekulare Biotechnologie

Geschäftsbereiche Bioressourcen

Geschäftsfelder Angewandte Oekologie

Institutsleitung und Standorte



## Das Fraunhofer IME im Profil

Das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME umfasst den Bereich »Molekulare Biotechnologie« und den dazugehörigen Institutsteil »Bioressourcen« sowie den Bereich »Angewandte Oekologie«. Prof. Dr. Stefan Schillberg ist seit 2022 geschäftsführender Institutsleiter, Prof. Dr. Christoph Schäfers ist Anfang 2024 in die Institutsleitung berufen worden.

Das Fraunhofer IME ist ein starker Partner für Vertragsforschung in den Bereichen Landwirtschaft, Bioökonomie, Chemie sowie Umwelt- und Verbraucherschutz. Unser Forschungs- und Dienstleistungsangebot richtet sich an die Industrie und die öffentliche Hand. Im Jahr 2023 bestanden Kooperationen mit etwa 150 nationalen und internationalen Kunden aus der Industrie sowie mit mehreren internationalen Industrieverbänden, für die vertrauliche Projekte realisiert wurden. Die interdisziplinäre Organisation des Instituts ermöglicht dabei das bereichs- und schwerpunktübergreifende Bearbeiten komplexer Projekte, bei Bedarf auch in Kooperation mit externen Instituten und Partnern. Wir arbeiten eng verzahnt mit der Grundlagenforschung und sind international vernetzt. Unsere Labore mit modernster Ausstattung und komplexen Umweltsimulationsanlagen ermöglichen ein breites Forschungs- und Dienstleistungsangebot sowie Studien nach guter Laborpraxis (GLP).

Ende 2023 hatte das Institut 424 Mitarbeitende an den Standorten Aachen, Münster, Schmalenberg und Gießen. Es ist personell und inhaltlich eng verknüpft mit dem Institut für Molekulare Biotechnologie der RWTH Aachen University, dem Institut für Biologie und Biotechnologie der Pflanzen der Universität Münster, dem Institut für Insektenbiotechnologie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Wir stehen in einem regen wissenschaftlichen Austausch mit weiteren Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen. Ziel der Zusammenarbeit ist es, Trends und Entwicklungen frühzeitig zu erkennen und neue Forschungsansätze und Technologien zu entwickeln und umzusetzen.

## Molekulare Biotechnologie

Als Basis der Bioökonomie trägt die Biotechnologie nachhaltig zur wissensbasierten Erzeugung und Nutzung biogener Rohstoffe in der Industrie bei. Wir etablieren bedarfsoptimierte Pflanzen, tierische Zellen und Mikroorganismen für verschiedene Anwendungen: Für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie nachwachsenden Rohstoffen, für technische und pharmazeutische Proteine sowie für den Umgang mit anthropogen erzeugten Schadstoffen, wie klimaschädlichen Gasen, die wir zur Herstellung wertvoller Stoffe erschließen. Durch Synergien unserer Aktivitäten in der Grünen und Weißen Biotechnologie haben wir uns in der Forschungslandschaft und am Markt erfolgreich etabliert. Wir bieten unseren Partnern in Behörden, Akademia und Industrie ein umfassendes Forschungs- und Dienstleistungsangebot.

## Bioressourcen

Wir erschließen Organismengruppen mit großer Biodiversität wie Insekten, Bakterien und Pilze als Bioressourcen, indem wir mit innovativen Technologien und etablierten Plattformen Naturstoffe isolieren und charakterisieren. Diese evaluieren wir im Hinblick auf Anwendungspotenziale in der Medizin, im Pflanzenschutz und in der industriellen Biotechnologie. So werden neue Moleküle identifiziert, um Antibiotika oder Substanzen für die Lebens- und Futtermittelindustrie wie Aromastoffe, Konservierungsmittel und Enzyme zu entwickeln, neuartige Anwendungen zu eröffnen und die Basis für den Aufbau von Wertschöpfungsketten zu legen. Zudem entwickeln wir Insektenmodelle für toxikologische Studien und wenden biotechnologische Methoden zur Kontrolle von Schad- und Vektorinsekten an, beispielsweise RNA-Interferenz im Pflanzenschutz oder die sterile Insektentechnologie.

## Angewandte Oekologie

Unser Ziel ist Risikobewertung synthetischer und biogener Stoffe für Umwelt und Verbraucher. Wir entwickeln experimentelle und modellbasierte Methoden zur Analyse und Vorhersage der Umweltkonzentration und Gefährlichkeit dieser Stoffe für die Umwelt sowie zur Analyse der Exposition von Verbrauchern durch Stoffe in der Umwelt. Dabei agieren wir häufig als wissenschaftlicher Vermittler zwischen kommerzieller Produktion und gesetzlicher Regulation und sind an der Neu- und Weiterentwicklung von internationalen Testrichtlinien beteiligt. Wir betreiben Auftragsforschung für Industrie und Öffentlichkeit und nutzen unsere analytische Kompetenz zur Erhöhung von Lebensmittelsicherheit und -qualität.

## Das Fraunhofer IME in der Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen.

Mehr als 30 800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 3,0 Milliarden Euro. Davon fallen 2,6 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung.

Die Fraunhofer-Institute sind in neun thematisch orientierten Verbänden gebündelt. Deren Ziele sind die fachliche Abstimmung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft, die Bündelung von Kernkompetenzen und ein gemeinsames Auftreten am Markt. Das Fraunhofer IME ist im Fraunhofer-Verbund Ressourcentechnologien und Bioökonomie organisiert, einer Kooperation von vier Fraunhofer-Instituten mit dem Ziel, einen entscheidenden Beitrag zur Erfüllung der nationalen, europäischen und internationalen Nachhaltigkeitsziele zu leisten.

[www.fraunhofer.de/de/institute/institute-einrichtungen-deutschland/fraunhofer-verbuende/ressourcentechnologien-und-biooekonomie.html](http://www.fraunhofer.de/de/institute/institute-einrichtungen-deutschland/fraunhofer-verbuende/ressourcentechnologien-und-biooekonomie.html)

Institute oder Abteilungen von Instituten mit unterschiedlichen Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und zu vermarkten. Das Fraunhofer IME engagiert sich in zwei Leitmarkt-Allianzen:

**Chemische Industrie:** [www.chemie.fraunhofer.de](http://www.chemie.fraunhofer.de)

**Ernährungswirtschaft:** [www.food.fraunhofer.de](http://www.food.fraunhofer.de)

Die Fraunhofer Cluster of Excellence fördern die kooperative Entwicklung und Bearbeitung systemrelevanter Themen durch eine institutsübergreifende Forschungsstruktur in einem »virtuellen Institut«. Im Fraunhofer Cluster of Excellence for Immune-Mediated Diseases CIMD ist das Fraunhofer IME ein assoziiertes Institut. [www.cimd.fraunhofer.de](http://www.cimd.fraunhofer.de)

Leistungszentren organisieren den Schulterschluss der universitären und außeruniversitären Forschung mit der Wirtschaft. Universitäten, Hochschulen, Fraunhofer-Institute und weitere Akteure arbeiten an einem Standort themenspezifisch zusammen, um Innovationen schnell in die Anwendung zu bringen. Am Standort Aachen engagiert sich das Fraunhofer IME im Leistungszentrum »Vernetzte, adaptive Produktion«.

[www.vernetzte-adaptive-produktion.de](http://www.vernetzte-adaptive-produktion.de)

Mit den Leitprojekten setzt die Fraunhofer-Gesellschaft strategische Schwerpunkte, um konkrete Lösungen zum Nutzen für den Standort Deutschland zu entwickeln. Ziel ist es, wissenschaftlich originäre Ideen schnell in marktfähige Produkte umzusetzen. Das Fraunhofer IME koordiniert das Leitprojekt »FutureProteins« und ist am Leitprojekt »ShapID« beteiligt.

[www.ime.fraunhofer.de/trendthemen/futureproteins](http://www.ime.fraunhofer.de/trendthemen/futureproteins)

[www.fraunhofer.de/de/forschung/fraunhofer-initiativen/fraunhofer-leitprojekte/shapid.html](http://www.fraunhofer.de/de/forschung/fraunhofer-initiativen/fraunhofer-leitprojekte/shapid.html)

Das Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit ist eine Initiativgemeinschaft von 20 Fraunhofer-Instituten mit dem Ziel, die Integration von nachhaltigkeitsrelevanten Themen in der Fraunhofer-Gesellschaft zu fördern.

[www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/corporate-responsibility/governance/nachhaltigkeit/fraunhofer-netzwerk-nachhaltigkeit.html](http://www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/corporate-responsibility/governance/nachhaltigkeit/fraunhofer-netzwerk-nachhaltigkeit.html)

## Kuratorium

Das Kuratorium berät die Organe der Fraunhofer-Gesellschaft sowie die Institutsleitung und fördert die Kontakte des Instituts zu Organisationen und Industrie.

Mitglieder des Kuratoriums im Berichtsjahr waren:

**Dr. Harald Seulberger (Vorsitzender)**

BASF SE, Limburgerhof

**Stefan Lütke Entrup**

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V., Bonn

**Dr. Dr. h.c. Christian Patermann**

ehemals Direktor Generaldirektion Forschung der europäischen Kommission, Bonn

**Dr. rer nat Thomas Preuss (Gast)**

Bayer AG, Leverkusen

**Dr. Doreen Schachtschabel (Gast)**

Senior Vice President R&D Seeds and Traits, BASF SE, Gent

**Dr. Karin Schlesier**

Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

**Prof. Dr. Wiltrud Treffenfeldt**

Life Science & Biotechnology, Oberrieden, Schweiz

**Prof. Dr. Johannes Wessels**

Rektor der Universität Münster, Münster

**Dr. Hans-Ulrich Wiese**

ehemals Fraunhofer-Vorstand



# Geschäftsfelder und -bereiche

## Geschäftsfelder Molekulare Biotechnologie

### Kontakt

Prof. Dr. Stefan Schillberg  
stefan.schillberg@ime.fraunhofer.de



### Kontakt

Prof. Dr. Dirk Prüfer  
dirk.prufer@ime.fraunhofer.de



### Bioproduktion und Industrielle Biotechnologie

Das Geschäftsfeld »Bioproduktion und Industrielle Biotechnologie« konzentriert sich auf die Identifizierung, nachhaltige Produktion, Verarbeitung und Optimierung hochwertiger natürlicher Verbindungen. Dazu gehören chemische Bausteine, biobasierte Kraftstoffe, Feinchemikalien, Biomaterialien sowie Proteine für industrielle Anwendungen und Konsumgüter. Die entsprechenden Stoffe erzeugen wir mit einer Vielfalt an Organismen, von Mikroorganismen über Pflanzenzellen bis zu tierischen Zellen. Dabei betrachten wir das vollständige Wertschöpfungsnetzwerk, Target-Identifizierung und Screening, Entwicklung und Optimierung von Produktionsstämmen sowie die Skalierung von Prozessen aus dem Labormaßstab bis in Pilotanlagen für die künftige industrielle Herstellung und Downstream-Prozessen einschließlich der Evaluierung der ökonomischen Machbarkeit. Wir bieten somit umfassendes Know-how in der Entwicklung innovativer Biotechnologie-Plattformen und optimierter Prozesse. Verschiedene Produkttypen werden abgebildet: Basischemikalien und Brennstoffe wie Isopropanol, Isopren und Hexanol, pflanzenbasierte Metabolite und Polymere wie Naturkautschuk, Inulin, Cellulose, industrielle Stärken, hochveredelte Feinchemikalien, Proteine und industrielle Enzyme.



### Agroscience für Lebens- und Futtermittel

Das Geschäftsfeld »Agroscience für Lebens- und Futtermittel« deckt die landwirtschaftliche Wertschöpfungskette von der »Farm bis auf den Teller« ab und konzentriert sich auf die Entwicklung neuer oder Verbesserung bestehender Pflanzeigenschaften, Nahrungspflanzen und Schlüsseltechnologien. Unser Ziel ist es, Qualität und Ausbeute landwirtschaftlicher Erzeugnisse zu steigern, ebenso wie die Fähigkeit von Pflanzen, in verschiedenen Umgebungen zu gedeihen und unterschiedlichen Schädlingen und Krankheiten zu widerstehen. Diese Eigenschaften entwickeln wir je nach Projekt mit oder auch ohne genetische Modifikation. Wir nutzen dabei Schlüsseltechnologien wie »Genome Editing« oder »TILLING«. Die in diesem Geschäftsfeld aktiven Abteilungen und Projektgruppen konzentrieren sich auf Präzisionszuchtungsverfahren und gentechnisch veränderte Pflanzen. Die Abteilung »Neue Agrarsysteme« etabliert Verfahren, wie z. B. das Vertical Farming, Single Cell Protein sowie Cultured Meat, um alternative Proteinquellen für die menschliche Ernährung bereitzustellen. Auf Basis dieses umfassenden Know-hows kann das Fraunhofer IME als bevorzugter Partner für akademische Labore, KMUs und große Agrobusiness-Unternehmen agieren.



### Proteinproduktion

Das Fraunhofer IME bietet umfassende Expertise im Design, der Produktion, der Reinigung und Charakterisierung rekombinanter Proteine, vom Identifizieren eines geeigneten Kandidaten über die Prozessentwicklung bis hin zur Produktion im Kilogramm-Maßstab. Je nach Zielprotein und Produktionsmaßstab werden unterschiedliche Produktionssysteme genutzt: Mikroorganismen, pflanzliche und tierische Zellen oder Pflanzen, aber auch zellfreie Expressionssysteme. In jüngster Zeit ist der Bedarf an rekombinanten Proteinen in den Kilogramm-Maßstab gestiegen. Dies gilt für den Medizin-, Agro- und Kosmetikbereich sowie für technische Anwendungen. Zudem strebt das Institut an, neue Kandidaten für die eigene Produktpipeline, zur direkten Vermarktung oder Weiterentwicklung mit Industriepartnern zu etablieren. Im Fokus stehen technische Enzyme, Nahrungsmittelproteine sowie therapeutisch und diagnostisch nutzbare Proteine.

# Geschäftsfelder und -bereiche

## Geschäftsbereiche Bioressourcen

### Kontakt

Prof. Dr. Andreas Vilcinskas  
andreas.vilcinskas@ime.fraunhofer.de



### Bioressourcen für die Bioökonomie

Wir erschließen Organismengruppen mit großer Biodiversität wie Insekten, Bakterien und Pilze als Bioressourcen, indem wir mit innovativen Technologien und etablierten Plattformen Naturstoffe isolieren und charakterisieren. Diese evaluieren wir im Hinblick auf Anwendungspotenziale in der Medizin, im Pflanzenschutz und in der industriellen Biotechnologie. So werden neue Moleküle identifiziert, um Antibiotika oder Substanzen für die Lebens- und Futtermittelindustrie wie Aromastoffe, Konservierungsmittel und Enzyme zu entwickeln, neuartige Anwendungen zu eröffnen und die Basis für den Aufbau von Wertschöpfungsketten zu legen. Auch mit der von Sanofi übernommenen, weltweit größten industriellen Stammsammlung von Mikroorganismen stehen wir Projekten mit Industriepartnern offen.



### Insektenbiotechnologie

Mit der Entwicklung und dem Einsatz biotechnologischer Methoden machen wir Insekten, von ihnen stammende Moleküle, Zellen, Organe oder assoziierte Mikroorganismen für Anwendungen nutzbar. Es resultieren Produkte oder Dienstleistungen für die Medizin, die industrielle Biotechnologie sowie die Lebens- und Futtermittelindustrie. Über die Verwendung von Molekülen hinaus, nutzen wir Insektenzellen als Expressionssysteme für Proteine oder Insektenantennen als Biosensoren für Drogen und Sprengstoffe. Zudem entwickeln wir Insektenmodelle für toxikologische Studien und wenden biotechnologische Methoden zur Kontrolle von Schad- und Vektorinsekten an, beispielsweise RNA-Interferenz im Pflanzenschutz oder die sterile Insektentechnologie. Wir nutzen Insekten auch für die Umwandlung von organischen Abfällen in Proteine und Fette für Futter- und Lebensmittel.



# Geschäftsfelder und -bereiche

## Geschäftsfelder Angewandte Oekologie



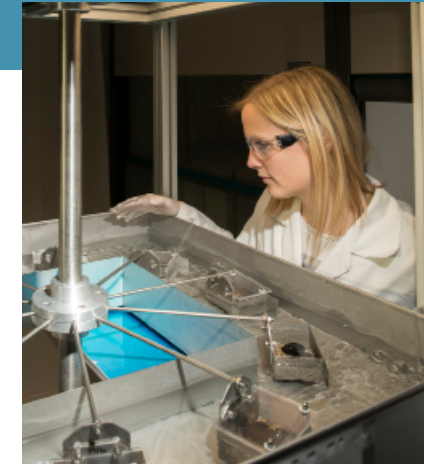
### Umweltrisikobewertung von Chemikalien

Wir nutzen unsere Kompetenzen in der Umweltanalytik, der experimentellen Umweltchemie und Ökotoxikologie sowie der Modellierung von Verbleib und Wirkung von Stoffen, um deren Risiken in der Umwelt zu analysieren. In Abstimmung mit den Regulatorischen Behörden identifizieren wir Fragestellungen und entwickeln Testrichtlinien, um diese zu adressieren. Wir sind Partner der Industrie für die qualitätsgesicherte Durchführung und Bewertung komplexer experimenteller und modellbasierter Studien mit wissenschaftlichem Anspruch und bedienen diesbezügliche Anforderungen der ECHA (REACH) oder EMA. Die Analyse und Klassifizierung molekularer Wirkmechanismen nutzen wir in Screening Tools für Umweltwirkungen von Produktkandidaten. Wir beherbergen die Umweltprobenbank des Bundes und führen Umweltmonitoring-Projekte durch, um mögliche neue Umweltbelastungen identifizieren und prospektive Abschätzungen überprüfen zu können.



### Boden- und Gewässerschutz

Zum Schutz von Böden und Gewässern bedarf es einer Charakterisierung ihrer Qualität, der Identifizierung von relevanten Belastungspfaden und der möglichst umfänglichen Erfassung potenziell gefährlicher Komponenten in zugeführten Stoffströmen, wie Komposten, Klärschlämmen oder Abwässern. Wir erweitern unsere organisch- und anorganisch-chemische Spurenanalytik und effektbasierte Analytik sukzessiv um suspect- und non-target-Methoden: Mittels hochauflösender LC-MS/MS erfassen wir das gesamte Massenspektrum vorkommender Stoffe, mittels Transcriptomics und Proteomics erfassen wir die Wirkmechanismen aller stofflichen Belastungen, die in wirkrelevanten Konzentrationen im Boden-, Kompost- oder Klärschlammeluat, in der Wasser- oder Abwasserprobe vorhanden sind. Die lokale und regionale Biodiversität wird über e-DNA-Bestimmungen erfasst und kann auf einen Zusammenhang mit der stofflichen Belastung überprüft werden.



### Umweltrisikobewertung von Pflanzenschutzmitteln

Wir prüfen und bewerten Pflanzenschutzmittel gemäß nationaler und internationaler Pflanzenschutzgesetzgebung (insbesondere EC 1107/2009) auf ihre Umweltverträglichkeit. Dazu entwickeln und implementieren wir problemspezifische Studien für eine höherstufige Gefährdungs- und Umwelttrisikobewertung (Higher Tier Risk Assessment HTRA), z. B. Lebenszyklustests mit Fischen, Artempfindlichkeits-Verteilungen (SSDs) und Mesokosmenstudien inklusive chemischer Analytik. Die experimentelle Arbeit wird durch Statistik, Expositions- und Wirkungsmodellierung ergänzt. Auf Grund unserer Erfahrungen mit eigenen Studien für Pflanzenschutzmittelhersteller und unserer Tätigkeit für und in Zusammenarbeit mit Behörden können wir oft zwischen Notifier und Behörde vermitteln, wenn es um die Bewertung von Studien oder die Festlegung einer optimalen Teststrategie geht.



### Bewertung von Lebensmittelsicherheit, Verbraucherschutz

Die Lebensmittelqualität hängt von der Erzeugung, Primärprozessierung und Weiterverarbeitung der Agrarrohstoffe ab. Wir beschäftigen uns mit den Qualitätseigenschaften von Rohstoffen und Lebensmitteln und deren Belastungen durch Schadstoffe. Dabei passen wir beispielsweise bestehende Protokolle zum Metabolismus von Pflanzenschutzmitteln in Nutzpflanzen und -tieren auf Tierarzneimittel und Futterzusatzstoffe und neue Nutzorganismen an. Wir entwickeln auch zellmetabolische Alternativen zu Tierversuchen. Ab- und Umbauprodukte verfolgen wir anhand radioaktiver Markierungen, auch während der Lebensmittelverarbeitung. Innerhalb der Fraunhofer-Allianz Ernährungswirtschaft werden diese Fragestellungen auf die gesamte Lebensmittelkette mit Schwerpunkten wie Lebensmittelanalytik/-verarbeitung, Mikrosystemtechnik und Logistik erweitert.

#### Kontakt

Prof. Dr. Christoph Schäfers  
christoph.schaefers@ime.fraunhofer.de





## Institutsleitung und Standorte

---



**Prof. Dr. Stefan Schillberg**  
Institutsleiter (geschäftsführend)

Telefon +49 241 6085-11050  
stefan.schillberg@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Christoph Schäfers**  
Institutsleiter

Telefon +49 2972 302-270  
christoph.schaefers@ime.fraunhofer.de



**Dietmar Douven**  
Verwaltungsleiter

Telefon +49 241 6085-11030  
dietmar.douven@ime.fraunhofer.de





# Bereich Molekulare Biotechnologie

## Aachen

**Prof. Dr. Stefan Schillberg**  
Leiter Bereich Molekulare  
Biotechnologie  
Telefon +49 241 6085-11050  
stefan.schillberg@ime.fraunhofer.de



**Dr. Henrik Nausch**  
Bioprozessentwicklung  
Telefon +49 241 6085-35112  
henrik.nausch@ime.fraunhofer.de



**Dr. Stefan Jennewein**  
Industrielle Biotechnologie  
Telefon +49 241 6085-12120  
stefan.jennewein@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Stefan Schillberg**  
Neue Agrarsysteme  
Telefon +49 241 6085-11050  
stefan.schillberg@ime.fraunhofer.de



**Dr. Stefan Rasche**  
Pflanzenbiotechnologie  
Telefon +49 241 6085-12321  
stefan.rasche@ime.fraunhofer.de



**Holger Spiegel**  
Pflanzenbiotechnologie  
Telefon +49 241 6085-12461  
holger.spiegel@ime.fraunhofer.de



## Münster

**Prof. Dr. Dirk Prüfer**  
Leiter Funktionelle und Angewandte  
Genomik, Pflanzliche Biopolymere  
Telefon +49 251 832-2302  
dirk.pruefer@ime.fraunhofer.de



# Institutsteil Bioressourcen

## Gießen

**Prof. Dr. Andreas Vilcinskas**  
Leiter Institutsteil Bioressourcen  
Telefon +49 641 97219-100  
andreas.vilcinskas@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Till Schäberle**  
Naturstoffforschung  
Telefon: +49 641 97219-140  
till.schaeberle@ime.fraunhofer.de



**Dr. Kwang-Zin Lee**  
Schad- und Vektor-  
Insektenkontrolle  
Telefon +49 641 97219-150  
kwang-zin.lee@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Holger Zorn**  
Food- und Feed-Improvement  
Agents  
Telefon +49 641 97219-130  
holger.zorn@ime.fraunhofer.de



**Dr. Till Röhlig**  
Biodiversitätsforschung  
Telefon +49 641 97219-213  
till.roethig@ime.fraunhofer.de





# Bereich Angewandte Oekologie

## Schmallenberg

**Prof. Dr. Christoph Schäfers**  
Leiter Bereich Angewandte  
Oekologie  
Telefon +49 2972 302-270  
christoph.schaefers@ime.fraunhofer.de



**Dr. Dieter Hennecke**  
Ökologische Chemie  
Telefon +49 2972 302-209  
dieter.hennecke@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Christian Schlechtriem**  
Bioakkumulation und  
Tiermetabolismus  
Telefon +49 2972 302-186  
christian.slechtriem@ime.fraunhofer.de



**Dr. Elke Eilebrecht**  
Ökotoxikologie  
Telefon +49 2972 302-144  
elke.eilebrecht@ime.fraunhofer.de



**Dr. Matthias Teigeler**  
Ökotoxikologie  
Telefon +49 2972 302-163  
matthias.teigeler@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Mark Bücking**  
Spurenanalytik und  
Umweltmonitoring  
Telefon +49 2972 302-304  
mark.buecking@ime.fraunhofer.de



**Dr. Bernd Göckener**  
Spurenanalytik und  
Umweltmonitoring  
Telefon +49 2972 302-182  
bernd.goeckener@ime.fraunhofer.de



**Dr. Judith Klein**  
Modellierung und Bioinformatik  
Telefon +49 972 302-256  
judith.klein@ime.fraunhofer.de



**Dr. Cornelia Bernhardt**  
Qualitätssicherung  
Telefon +49 972 302-137  
cornelia.bernhardt@ime.fraunhofer.de



**Dr. Sebastian Eilebrecht**  
Ecotoxicogenomics  
Telefon +49 2972 302-234  
sebastian.eilebrecht@ime.fraunhofer.de



# Bereich Angewandte Oekologie

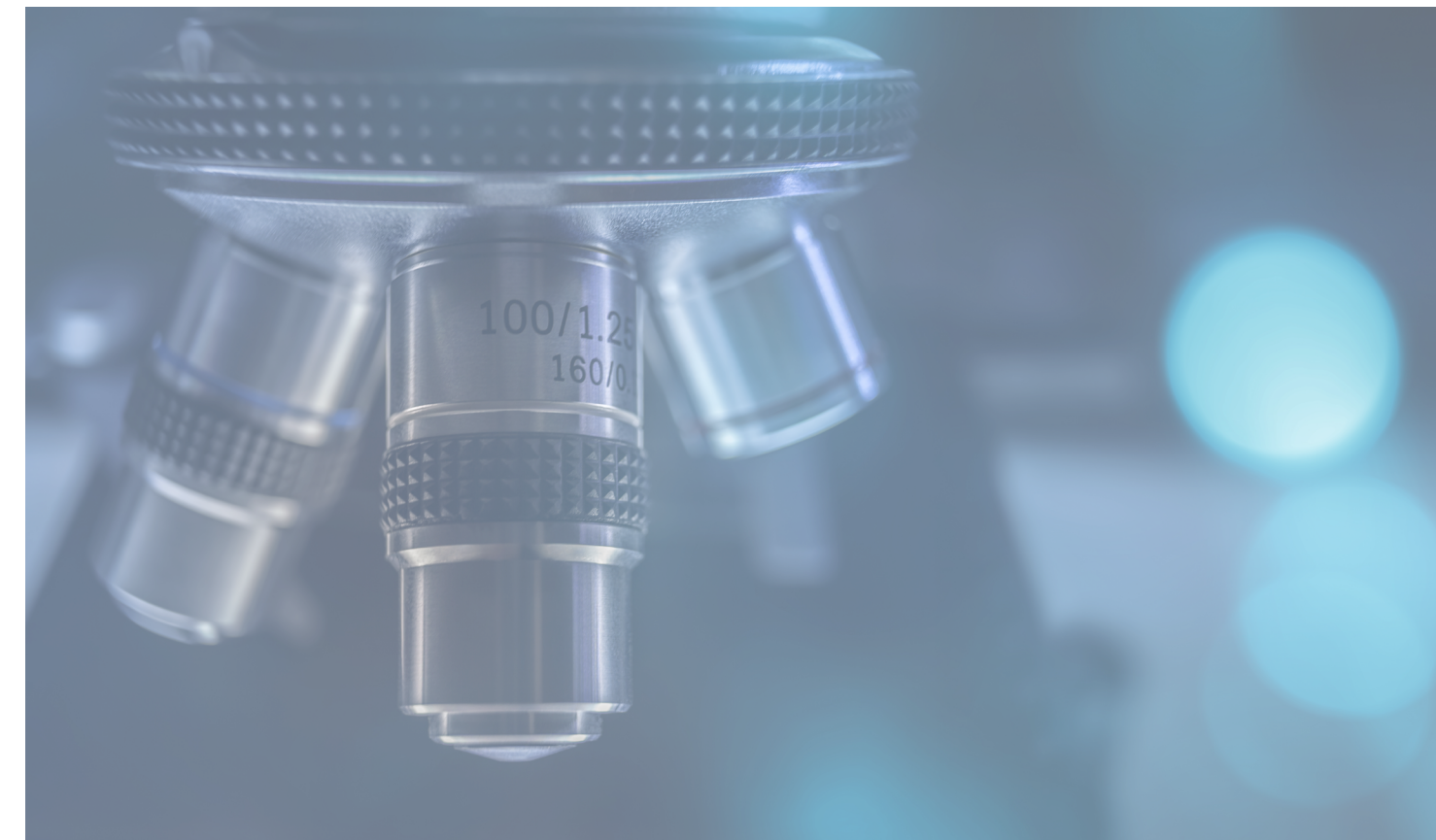
## Goethe-Universität Frankfurt

## Universität Münster

**Prof. Dr. Henner Hollert**  
Umweltmedienbezogene  
Ökotoxikologie  
Telefon +49 2972-3020  
henner.hollert@ime.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Bodo Philipp**  
Umweltmikrobiologie  
Telefon +49 2972-3020  
bodo.philipp@ime.fraunhofer.de







*Der Fraunhofer-Präsident Prof. Holger Hanselka besucht im Rahmen seiner Dialogtour das Fraunhofer IME am Standort Aachen.*





## Highlight

---

### AlterN'omics: Alternative Tiermodelle für die biomedizinische Forschung

von Dr. Anton G. Windfelder

*Manduca sexta* ist ein wichtiger Modellorganismus für die Erforschung von Darmentzündungen. Das Darmepithel (blau) von *Manduca* ähnelt dem von Säugetieren. Es wird von einer schützenden, schleimigen peritrophischen Matrix umgeben (gelb), die das Epithel vor Bakterien (lila) schützt, ähnlich wie beim Menschen. Darüber hinaus verfügt *Manduca* über ein starkes Immunsystem, das pathogene Bakterien wirksam bekämpfen und unter Kontrolle halten kann. Diese Merkmale machen *Manduca sexta* zu einem äußerst nützlichen Modell für die Untersuchung von Darmentzündungen und ermöglichen Einblicke in potenzielle Therapien für ähnliche Erkrankungen beim Menschen.





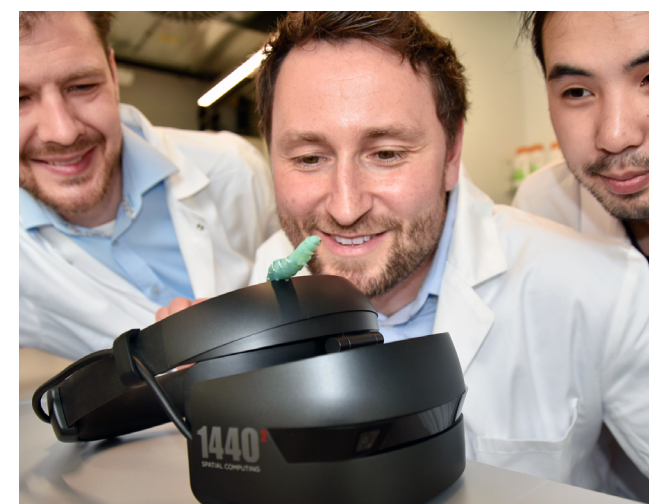
Kleinsäuger wie Ratten und Mäuse sind aus der präklinischen Forschung nicht mehr wegzudenken. Doch gegen den extensiven Gebrauch dieser Tiere in der biomedizinischen Forschung gibt es zunehmend ethische und ökonomische Bedenken. Dies schlägt sich auch in der Förderpraxis von wissenschaftlichen Projekten sowie der Gesetzgebung nieder. Zukünftig sollen alle Möglichkeiten zur Reduzierung der Versuchstierzahl sowie die Verwendung möglicher Alternativen zu Wirbeltieren voll ausgeschöpft werden. Wirbellose Tiere wie Insekten können in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielen, um klassische Labortiere wie Ratten oder Mäuse zu entlasten. Aus diesem Grund hat das Fraunhofer IME in Kooperation mit der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und dem Max-Planck-Institut Bad Nauheim eine einzigartige Technologieplattform etabliert: **AlterN'omics**. Hierbei werden nachhaltige, effiziente und innovative Technologien gebündelt, um traditionelle Tiermodelle durch Alternativen zu ergänzen. Durch diesen Ansatz wird die biomedizinische translationale Forschung beschleunigt und ökonomisiert. Die gesamtheitliche Betrachtung und Bewertung ('omics) der alternativen Modelle (alter' für Alternative oder Änderung) ist namensgebend für unseren ergebnisoffenen Technologieansatz.

Etwa 75 Prozent der Gene, die eine Erkrankung bei Menschen

auslösen können, sind auch bei Insekten vorhanden. Dies trifft auch auf die Kernkomponenten des angeborenen Immunsystems zu, die bei Insekten und Säugetieren in hohem Maße konserviert sind. Aus diesem Grund konnten wir die Insektenlarven des Tabakswärmers (*Manduca sexta*) als alternatives Tiermodell für Darmentzündungen und entzündliche Darmkrankungen erfolgreich etablieren<sup>1</sup>. Im Vergleich zu traditionellen Labortieren wie Ratten oder Mäusen bieten Insekten wie *Manduca sexta* jedoch mehrere entscheidende Vorteile: Ihr Einsatz in der Forschung ist schneller und kosteneffizienter als Tierversuche mit Säugetieren und überdies mit weniger ethischen Bedenken verbunden.

### AlterN'omics: Innovativ, nachhaltig und effizient

Das Besondere an den Larven des Tabakswärmers ist ihre Größe. Im Unterschied zu anderen Insekten wie etwa der Taufliege *Drosophila* sind die Raupen des Tabakswärmers in etwa so groß wie eine kleine Maus und damit groß genug für die medizinische Bildgebung. Mittels unserer Technologieplattform AlterN'omics zeigen wir, dass entzündliche Veränderungen im Darm der Larven mittels Computertomografie (CT), Magnetresonanztomografie (MRT) oder Positronen-Emissionstomografie (PET) zielgenau charakterisiert werden können.



Mit unseren 3-D Atlanten kann der Darm des Tabakswärmers in der Virtual Reality (VR) oder Augmented Reality (AR) erkundet werden. Unsere 3-D Modelle helfen dabei, die Kontrastmittelverteilung im Darm vorherzusagen.

Um die Kontrastmittelanreicherung des Insektdarms besser verstehen und vorhersagen zu können, haben wir aufwendige 3D-Atlanten mittels Mikro-Computertomographie und Elektronenmikroskopie erstellt.<sup>2,3</sup> Anhand dieses Atlanten können wir zeigen, dass sich der Darm der Larven in gerader Linie durch das Tier zieht und es besonders leicht ist, Kontrastmittel oder Tracer, die sich im Rahmen einer Entzündung in die Darmwand einlagern, zu quantifizieren. Generell gilt: Je mehr Kontrastmittel sich in die Darmwand einlagert, desto stärker ist auch die Entzündung. Aufgrund der enormen Größe der Tiere können klinische CT- und MRT-Geräte genutzt werden, um den Darm der Tabakswärmer zu charakterisieren. Dies ermöglicht eine Hochdurchsatz-Bildgebung, mit der präklinische Fragestellungen in vivo beantwortet werden können.

### Das Nadelöhr in der Forschung

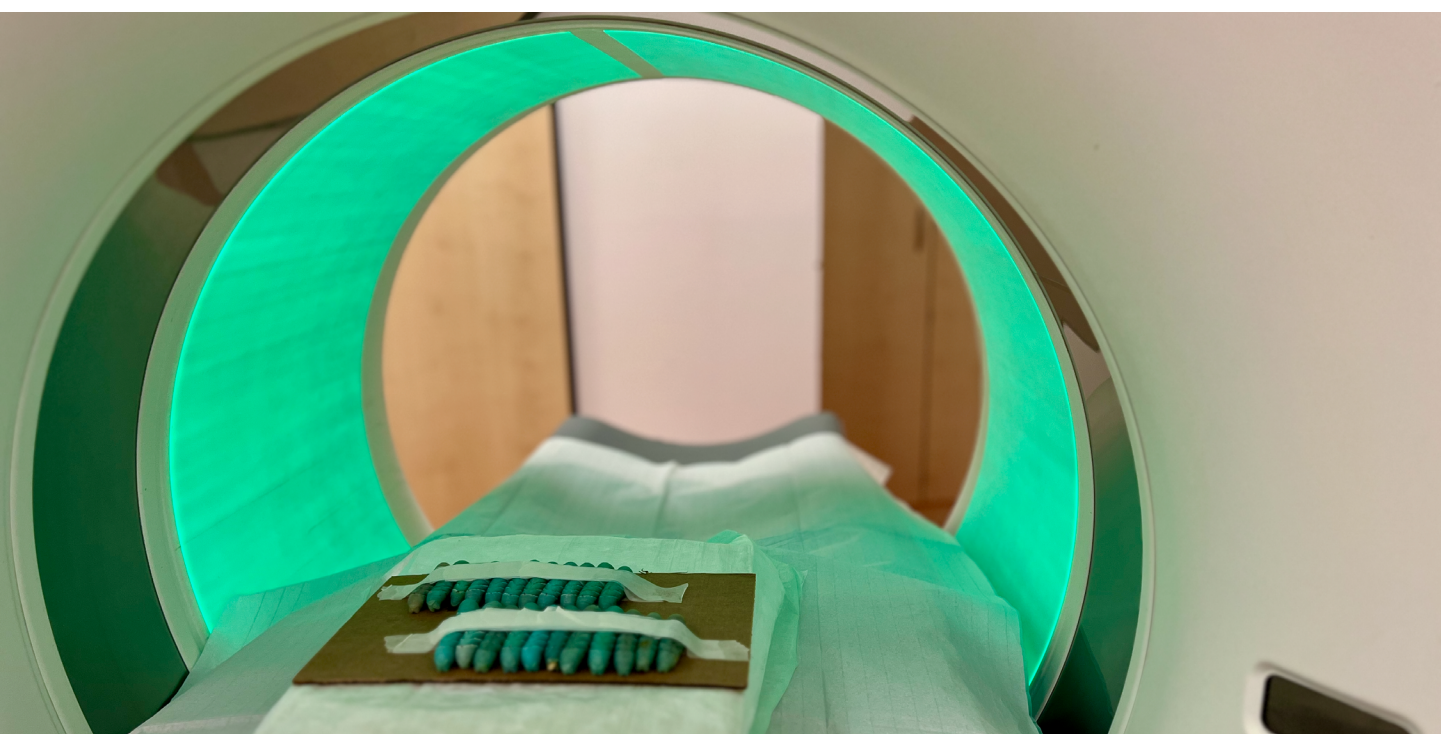
Neue Wirksubstanzen werden meist in Zellkultur-Experimenten untersucht. Die Forschung mit Säugetierzellen ist einfach und günstig, erlaubt aber oft nur eine begrenzte Aussagekraft darüber, wie sich eine Substanz in vivo, also im komplexen Wirkungsgeflecht eines lebenden Organismus, verhält. Tatsächlich ist dies ein Nadelöhr in der Erforschung neuer Wirksubstanzen und Therapien, da sich Versuche aus der Zellkultur oft nicht im Mausmodell wiederholen lassen. Genau an diesem Punkt können Versuche mit Insekten wie *Manduca sexta* weiterhelfen: Substanzen, die positiv in der Zellkultur evaluiert wurden, können im Insektenmodell in vivo getestet werden. Falls der positive Effekt im Insekt repliziert werden kann, können dann weitere Versuche mit Säugetieren und schließlich klinische Studien folgen. Unnötige Versuche mit Mäusen können so

vermieden werden, was Ressourcen spart und die Forschung insgesamt ethischer macht.

### Anwendungsmöglichkeiten

Die vorgestellte alternative Insektenplattform kann beispielsweise genutzt werden, um neue antibiotische Substanzen zu testen. Wir konnten anhand von Tieren, die mit darmentzündungsauslösenden Bakterien gefüttert wurden, zeigen, dass ein Antibiotikum konzentrationsabhängig eine Entzündung verhindert. Die Stärke der Darmentzündung ist mit den genannten bildgebenden Verfahren genau quantifizierbar. Zusätzlich lassen sich mit dem Verfahren auch Bakterien in Bezug auf ihre gastrointestinale Pathogenität charakterisieren und einordnen.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Entdeckung neuer entzündlicher Medikamente und die Überprüfung von präklinischen Hypothesen zu Darmentzündungen. Schon lange wird vermutet, dass chronisch entzündliche Darmkrankungen wie Morbus Crohn und Colitis ulcerosa durch sogenannte reaktive Sauerstoffspezies (ROS) mitverursacht werden. Im Darm werden diese reaktiven Moleküle durch das Protein DUOX (kurz für Duale Oxidase) produziert. Dieses Protein ist bei Menschen und Insekten bei einer Darmentzündung gleichermaßen hochreguliert. Folgerichtig führte die Aktivierung von DUOX im Raupenmodell zu einer Darmentzündung, die mittels Bildgebung charakterisiert werden konnte. Interessanterweise konnte die Darmentzündung beim Tabakswärmer - in Analogie zum Menschen - auch durch Cortison therapiert werden. Inhibitoren von DUOX sorgten ebenfalls für eine Remission.



Der Darm der Tabakswärmer kann mittels klinischer CT-, MRT- und PET-Geräte charakterisiert werden. Der große Vorteil der klinischen Geräte im Vergleich zu speziellen Kleintierscannern ist die größere Untersuchungskapazität. So können im klinischen CT mühelos hunderte von Raupen zur gleichen Zeit untersucht werden, wodurch neue Medikamente oder Kontrastmittel effektiv in vivo getestet werden können.



Dies demonstriert die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Säugetiermodell und zeigt, dass auch neue antientzündliche Substanzen im Raupenmodell getestet werden können. Nun sollen weitere Studien folgen, die die Rolle von DUOX bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen beim Menschen überprüfen.

Weitere spannende Anwendungsgebiete sind die Entwicklung und Evaluation von neuen Kontrastmitteln und Tracern für die Radiologie oder Nuklearmedizin. Zusammen mit Kooperationspartnern der Universität Twente aus den Niederlanden und der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf konnten wir im Rahmen des Verbundprojekts AlterN'omics die Larven von *Manduca sexta* als alternatives Tiermodell für die in vivo-Erprobung neuer und innovativer MRT-Kontrastmittel etablieren.<sup>4</sup>

Die meisten derzeitigen MRT-Kontrastmittel basieren auf dem giftigen Element Gadolinium. Unsere Kooperationspartner untersuchen stattdessen biologisch abbaubare Phosphor-Kontrastmittel als umweltfreundlichere Alternative. Phosphor ist aufgrund seiner natürlichen Stabilität eine vielversprechende

Alternative für die MR-Bildgebung. Das natürlich vorkommende Isotop, <sup>31</sup>P, ist sowohl spin-aktiv als auch äußerst biokompatibel. In vivo-Tests wurden im Rahmen der Technologieplattform AlterN'omics in Gießen und Düsseldorf mit den Insektenlarven von *Manduca sexta* durchgeführt. Der neue Wirkstoff hob sich klar und deutlich vom Hintergrund der Larven ab und blieb über 24 Stunden in der Hämolymphe (dem Blut der Larven) nachweisbar. Darüber hinaus konnten Abbauprodukte des Polymers im Kot der Raupen nachgewiesen werden, was den natürlichen in vivo-Abbau des Polymers bestätigte.

Insgesamt konnten wir die Verwendung von Insektenlarven wie *M. sexta* als alternatives Tiermodell auch für die in vivo-Forschung neuer Kontrastmittel demonstrieren und das große Potenzial von AlterN'omics für unsere Kunden zeigen. Vergleichbare Studien können bei uns auch unter GLP-Bedingungen durchgeführt werden.

Natürlich ist das Insektenmodell in einigen Bereichen auch limitiert. Der wichtigste Unterschied zu Säugetieren ist die

Abwesenheit der B- und T-zellbasierten adaptiven Immunantwort. Weitere Unterschiede umfassen das offene Kreislaufsystem, Ungleichheiten bei der Atmung, die bei Insekten über Tracheen erfolgt, sowie Unterschiede beim Transport von Glukose im Blut beziehungsweise der Hämolymphe der Tiere.

Trotz dieser Unterschiede sind vor allem evolutionär sehr alte Gene zwischen Insekten und Säugetieren hoch konserviert. Genau diese primordialen Gene sind überproportional oft mit menschlichen Erkrankungen assoziiert. Aus diesem Grund sind Insektenmodelle hervorragend für das Verständnis menschlicher Krankheiten geeignet und können in bestimmten Fragestellungen Mäuse ersetzen.

#### Publikationen:

<sup>1</sup> Windfelder, A.G., Müller, F.H.H., Mc Larney, B., Hentschel, M., Böhringer, A.C., von Bredow, C.-R., Leinberger, F.H., Kampschulte, M., Maier, L., von Bredow, Y.M., et al. High-throughput screening of caterpillars as a platform to study host-microbe interactions and enteric immunity. (2022) Nature Communications 13. [10.1038/s41467-022-34865-7](https://doi.org/10.1038/s41467-022-34865-7).

<sup>2</sup> Windfelder, A.G., Steinbart, J., Flögel, U., Scherberich, J., Kampschulte, M., Krombach, G.A., and Vilcinskas, A. A quantitative micro-tomographic gut atlas of the lepidopteran model insect *Manduca sexta*. (2023) iScience 26. [10.1016/j.isci.2023.106801](https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106801)

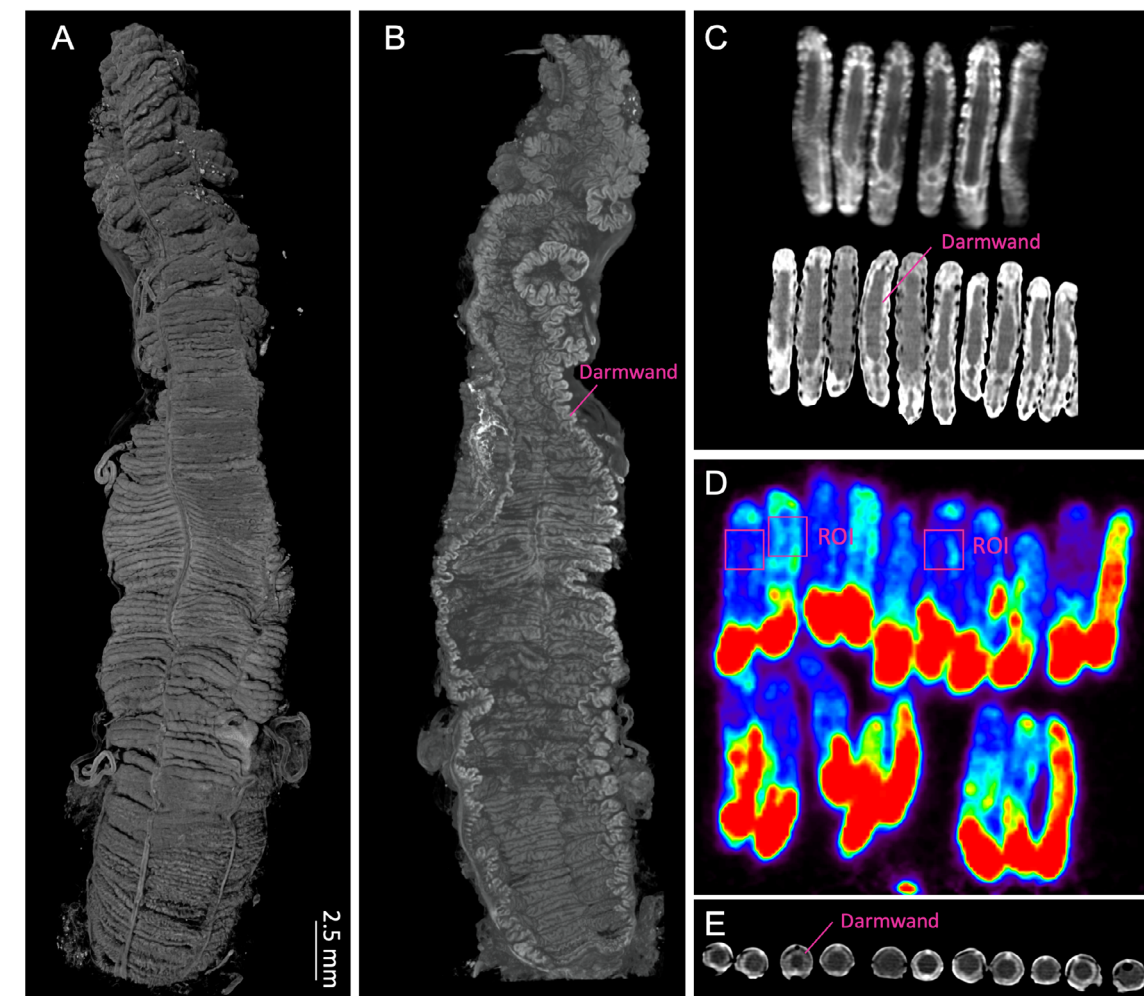
<sup>3</sup> Windfelder, A. G., Steinbart, J., Scherberich, J., Krombach, G.A., and Vilcinskas, A. An Enteric Ultrastructural Surface Atlas of the Model Insect *Manduca sexta*. (2024) iScience. [j.isci.2024.109410](https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109410)

<sup>4</sup> Koshkina, O., Rheinberger, T., Flocke, V., Windfelder, A., Bouvain, P., Hamelmann, N.M., Paulusse, J.M.J., Gojzewski, H., Flögel, U., and Wurm, F.R. Biodegradable polyphosphoester micelles act as both background-free (31)P magnetic resonance imaging agents and drug nanocarriers. (2023) Nat Communications 14, 4351. [10.1038/s41467-023-40089-0](https://doi.org/10.1038/s41467-023-40089-0)

**Kontakt**  
 Dr. Anton Windfelder  
 anton.windfelder@ime.fraunhofer.de




Die Raupen des Tabakswärmers (*Manduca sexta*) sind in etwa so groß wie eine kleine Maus und damit groß genug für die medizinische Bildgebung.



Die Larven des Tabakswärmers in der medizinischen Bildgebung A: und B: 3D-Aufnahmen des Larvendarms im Mikro-CT, C: MRT- und CT-Scans der Larven, D: 18F-Desoxyglucose-PET-Scan, E: CT-Scans der Larven.

## Einblicke in unsere Forschung

---



»NovelSweets«: Neuartige proteinbasierte Zuckerersatzstoffe

Multifunktionale Saatgutbeschichtung zur Ertrags-sicherung und -steigerung bei Kulturpflanzen durch Schutz und Versorgung des Keimlings – SeedPlus

Das Exzellenznetzwerk RobustNature untersucht den Zusammenhang von chemischer Belastung und Biodiversität

Steroidhormone der Neuen Generation – Angepasste Teststrategien zur Identifizierung hormonaktiver Wirkungen

Antimikrobielle Peptide aus *Hermetia illucens* zur Konservierung von Lebens- und Futtermitteln

Die Entwicklung eines holistisch biologischen Pflanzenschutzes



## »NovelSweets«: Neuartige proteinbasierte Zuckerersatzstoffe

Von Dr. Stefan Rasche

**In den vergangenen Jahrzehnten hat weltweit nicht nur der Verbrauch von Zucker kontinuierlich zugenommen, sondern auch die Zahl der chronischen Erkrankungen, die auf den hohen Konsum von Zucker zurückzuführen sind. Krankheiten wie Karies, Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Schlaganfall und Herzinfarkt), Diabetes Typ 2, Übergewicht und Fettleibigkeit bei Kindern und Erwachsenen werden durch den übermäßigen Verzehr von Zucker verursacht bzw. begünstigt. Um den steigenden gesundheitlichen Problemen durch falsche Ernährung entgegenzuwirken, verfolgt das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BMEL) das Ziel, den Zuckergehalt in Fertigprodukten und Getränken zu reduzieren, um die direkten und indirekten Kosten für die Volkswirtschaft und die Gesellschaft zu senken. Im Rahmen der Innovationsförderung des BMEL erforschte das Fraunhofer IME im Projekt »NovelSweets« gemeinsam mit den Partnern metaX Institut für Diätetik und der Firma candidum innovative Süßungsmittel auf Proteinbasis.**

Süß schmeckende Proteine (SP), die erstmals aus tropischen und afrikanischen Pflanzen isoliert wurden, können als Vorlage dienen, um gesündere Alternativen zu Zucker zu entwickeln. Zu den bislang fünf verschiedenen, bekannten SPs gehören Monellin, Thaumatin, Brazzein, Curculin und Mabinlin. Ihre Süßkraft verdanken SPs ihren besonderen Strukturen, durch die sie sich besonders gut an die für den süßen Geschmack verantwortlichen Rezeptoren auf der Zunge andocken und damit signalisieren: »Das schmeckt süß.« Im Gegensatz zu Haushaltszucker weisen SPs einige gesundheitliche Vorteile auf: Sie sind praktisch kalorienfrei, verursachen keinen Karies und wirken sich nicht auf den Blutzuckerspiegel aus, wodurch sie auch für Diabetiker geeignet sind.

Unser Ziel im Projekt war es, die natürlich vorkommende SPs zu verbessern und biotechnologisch herzustellen. Hierfür betrachteten wir die 3D-Struktur der fünf genannten Proteine unter Verwendung von Bioinformatikverfahren, um die Bereiche zu identifizieren, mit denen die Proteine an unsere Rezeptoren für Süßgeschmack binden, sowie weitere Proteineigenschaften zu



Links unten: Die westafrikanische Pflanze *Thaumatococcus daniellii*, in der das SP Thaumatin vorkommt.

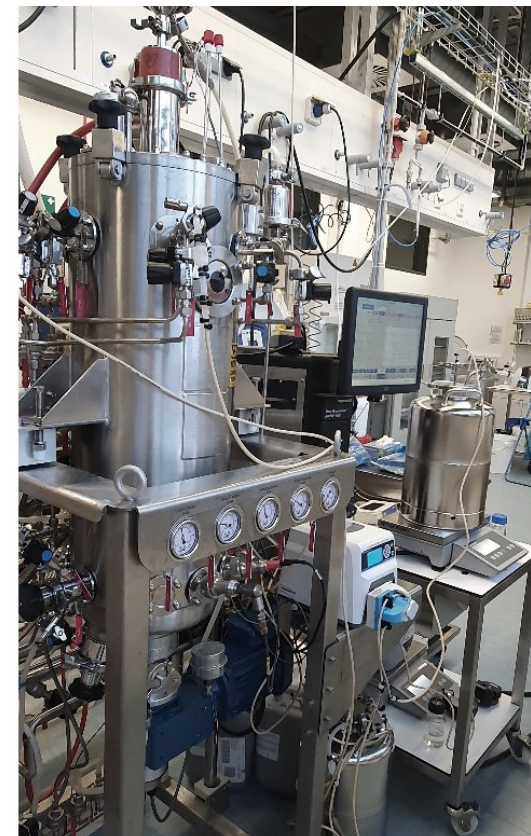
Rechts oben: Zucker.

Rechts unten: Bioreaktor für die mikrobielle Fermentation.

verbessern. Diese Bereiche wurden dann gezielt modifiziert, um sowohl die Süßkraft als auch die Stabilität sowie die chemischen und prozesstechnischen Eigenschaften der SPs zu optimieren. Dazu gehören eine erhöhte Temperaturstabilität, eine erweiterte pH-Stabilität und eine verbesserte Sensorik ohne unerwünschten Beigeschmack oder Nachgeschmack. Die verbesserten Produktkandidaten sollten biotechnologisch durch mikrobielle Fermentation rekombinant hergestellt werden. Im Anschluss wurden sie dann gereinigt, auf ihre Sicherheit geprüft und schließlich mit Wasser verdünnt, um verkostet zu werden und den Erfolg der Modifikationen zu bewerten.

### Süße Proteine, die nach Honig schmecken

Gemeinsam mit unseren Partnern konnten wir ein SP entwickeln und herstellen, welches 10 000-fach süßer ist als Haushaltszucker (in Bezug auf das Gewicht). Mit seinen Honig- und leicht umami-artigen Noten, weist die SP-Variante positive Geschmacksattribute auf, die es zu einem idealen Produktkandidaten für ein Süßungssystem machen, um Zucker und bestehende Zuckeralternativen, insbesondere in Getränken, zu ersetzen oder in Formulierungen mit Süßungsmitteln deren Geschmacksprofil zu verbessern. Um die Entwicklung des SP bis hin zur Marktreife zu realisieren, soll der bestehende Herstellungsprozess hinsichtlich der Ausbeuten und seiner Wirtschaftlichkeit optimiert und ein Lebensmittel-kompatibler Prozess etabliert werden. Als nächster Schritt wird die Beantragung der Zulassung des SPs angestrebt, welches eine zentrale Voraussetzung bildet, um gemeinsam im Verbund als auch mit weiteren Partnern zeitnah eine Markteinführung zu realisieren.



**Kontakt**  
Dr. Stefan Rasche  
stefan.rasche@ime.fraunhofer.de





# Multifunktionale Saatgutbeschichtung zur Ertragssicherung und -steigerung bei Kulturpflanzen durch Schutz und Versorgung des Keimlings – SeedPlus

Von Dr. Philip Känel, Dr. Michael Hüben & Dr. Karsten Schlich

Angesichts der rasch wachsenden Weltbevölkerung und drängender Herausforderungen wie dem Klimawandel und der Verknappung der Ressourcen Land und Wasser ist es für die landwirtschaftliche Produktion essentiell, hochwertige Ernteerträge zu erzielen. Zudem unterliegt der Einsatz häufig verwendeter Herbizide immer größeren Beschränkungen. Diese Faktoren erfordern die Optimierung bestehender und die Entwicklung völlig neuer Anbaumethoden. Nur so können wir die Zukunft der Ernährungssicherheit gewährleisten. Multifunktionale, umweltverträgliche Saatgutbeschichtungen, die die erste kritische Phase der Bestandsetablierung der Nutzpflanzen erleichtern/optimieren, können hierzu einen Beitrag leisten.

## Aller Anfang ist schwer – wir machen ihn leichter

Für die Etablierung erfolgreicher Pflanzenbestände ist die Verwendung von hochwertigem Saatgut ein wichtiger Baustein, allerdings kein Garant. Denn der Zeitraum zwischen Aussaat und Etablierung der Bestände ist ein entscheidender, kritischer Zeitraum: Das Saatgut kann einer Vielzahl von biotischen und abiotischen Stressfaktoren ausgesetzt sein, die einzeln oder in Kombination zu einer verringerten Leistungsfähigkeit der Pflanzen führen. Um ertragreiche Pflanzenbestände zu etablieren, ist es entscheidend, das keimende Saatgut in der Auflaufphase ausreichend mit Wasser zu versorgen und vor konkurrierenden Unkräutern zu schützen.



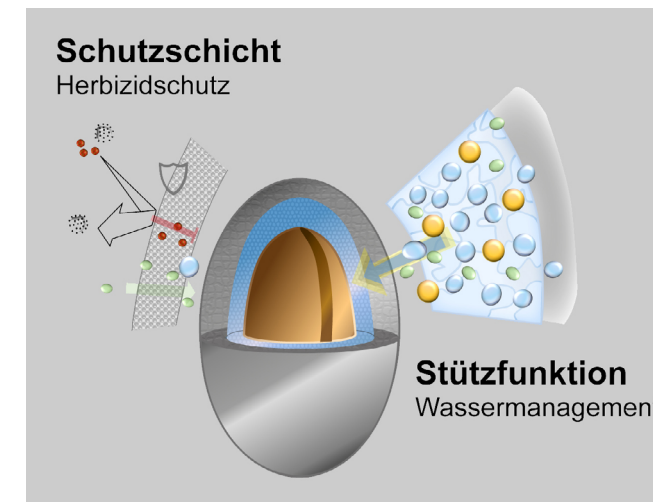
Das Fraunhofer PREPARE Projekt SeedPlus zielt darauf ab, komplexe Saatgutbeschichtungen zu entwickeln, die ein integriertes Wassermanagement und Pflanzenschutz bieten. Dies ermöglicht einen effektiven Feldaufgang, auch unter schwierigen Umweltbedingungen. Die Beschichtungen bestehen aus einer funktionalen Schicht zur Verbesserung des Wassermanagements (Wasseraufnahme, -speicherung und -zuführung; Stützfunktion) und einer selektiven Barriere zum Schutz des Keimlings vor eingesetzten Herbiziden (Schutzfunktion). Gleichzeitig wird die im Bodenschutz bestehende regulatorische Lücke für derartige Beschichtungsmaterialien durch die Entwicklung neuer Prüf- und Bewertungsstrategien zur Nachhaltigkeit und Unbedenklichkeit des entwickelten Produkts geschlossen.

Eine innovative Beschichtung mit kombinierter Schutz- und Stützfunktion eröffnet nicht nur Optionen für den reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, sondern auch für den verbesserten Anbau in trockenen und niederschlagsarmen Regionen.

Herkömmliche Saatgutpillen wurden bisher vor allem entwickelt, um den heranwachsenden Keimling durch Wirkstoffbeimischung vor Schädlingen zu schützen und über die einheitliche Form eine automatisierte Aussaat zu ermöglichen. Integrierte Füllstoffe bieten auch die Möglichkeit, Wasser aufzunehmen und die Keimphase zu unterstützen, allerdings ist die Wasseraufnahme stark begrenzt. Erschwerend kommt hinzu, dass die wasserspeichernden Komponenten oftmals auf hochvernetzten, potenziell umweltgefährdenden, synthetischen Polymeren basieren. Seit Oktober 2023 ist in der

Europäischen Union die Verordnung 2023/2055 in Kraft. Sie verbietet den Einsatz von Mikroplastik (synthetische Polymerpartikel  $\leq 5$  mm), sofern deren biologische Abbaubarkeit nicht nachgewiesen werden kann. Auch in Saatgutbeschichtungen werden solche Mikroplastikpartikel eingesetzt, 2019 berechneten Forschende, dass umhülltes Saatgut in Deutschland für einen Kunststoffeintrag von 87 Tonnen pro Jahr in Böden und Umwelt verantwortlich sind. Für den Einsatz des Mikroplastik ist eine Übergangszeit von fünf Jahren festgelegt, bis dahin muss das Mikroplastik aus den Saatgutbeschichtungen durch leicht abbaubare Substanzen ersetzt sein.

Im SeedPlus Projekt entwickeln wir gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM und für Chemische Technologie ICT multifunktionale Saatbeschichtungen. Diese werden aus ökologisch unbedenklichen Formulierungen in einem skalierbaren Prozess hergestellt und können an die Anforderungen des Saatguts angepasst werden. Durch Vereinigung zweier gegenläufiger Beschichtungseigenschaften - Wassermanagement bei gleichzeitiger Absorption hydrophober Herbizide - und die Verwendung neuer Materialien in technisch skalierbaren Prozessen schafft das Fraunhofer-Konsortium eine neue Technologiebasis. Diese erlaubt es, individuelle Beschichtungen für eine Vielfalt an Kulturpflanzen anzupassen, die Verkapselungstechnologie für eine agrar-industrielle Erprobung unmittelbar bereit zu stellen und die entwickelte Beschichtungsstruktur durch ergänzende Funktionen fortlaufend zu optimieren. Zudem ermöglicht sie die nachfolgende Integration und Kombination mit nachhaltigeren chemischen und biologischen Pflanzenschutzmitteln, sowie den gezielten Einsatz pflanzenfördernder Biostimulanzen.



In das Projekt SeedPlus bringen wir die Kompetenzen von zwei Fraunhofer IME Standorten ein: In Münster liegt der Fokus auf der funktionalen Evaluierung der Saatgutbeschichtungen und in Schmallenberg auf der Etablierung neuer Prüf- und Bewertungsstrategien zur Nachhaltigkeit und Unbedenklichkeit des entwickelten Produkts.

## Funktionale Evaluierung der Saatgutbeschichtung

Um der Kulturpflanze gegenüber konkurrierenden Unkräutern einen Vorteil zu verschaffen, nehmen aktive Komponenten in neuen Saatgutformulierungen eine bedeutende Rolle ein. Neben strukturgebenden Komponenten, wie Binder oder Füllsubstanzen, werden in den Saatgutbeschichtungen Pestizide und Repellentien, Nährstoffe, sowie Keimungs- und Wachstumsstimulanzen, symbiotische Bodenmikroorganismen und Bodenverbesserer (Hydroabsorber) integriert. Dies führte zu einer Reduktion chemischer Pflanzenschutzmittel im Anbau. Trotzdem ist ein weiteres Umdenken gefordert: Die Alternative zu synthetischen Komponenten liegt vor allem in der Nutzung natürlicher Ausgangsstoffe. Ihre Integration in eine Beschichtung und ihre Wirksamkeit im Feld müssen jedoch erst kulturspezifisch etabliert und überprüft werden.

Bei der Entwicklung innovativer, multifunktionaler Saatgutbeschichtungen überprüfen wir in der Abteilung »Funktionelle und Angewandte Genomik« die Einflüsse einzelner Komponenten in unterschiedlichen Formulierungen auf das jeweilige Saatgut. In einem ersten Evaluierungsschritt zur Eignung der Ausgangsstoffe werden Material-, Prozess- und mechanische Verträglichkeit untersucht. Diese untersuchen wir zunächst anhand der Keimfähigkeit des behandelten Saatguts unter standardisierten Bedingungen. Wir erfassen die Keimung des Saatguts als die Summe der Ereignisse, die mit der Hydratation des Samens beginnen und mit der Ausbildung der Keimblätter enden.

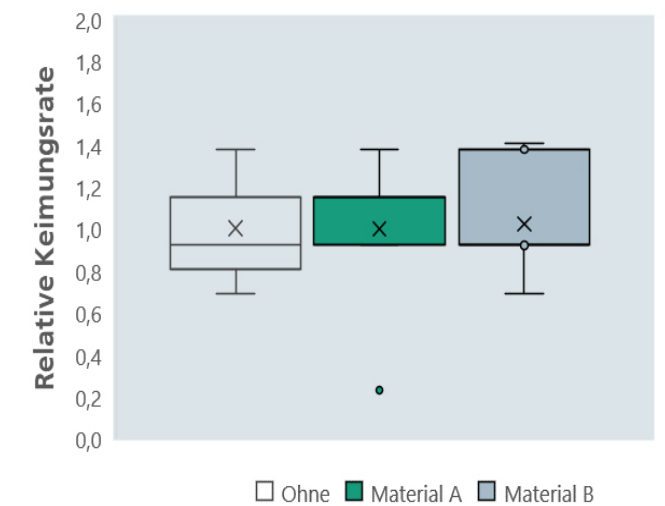


Abb.1: Keimfähigkeit unter Standardbedingungen von Löwenzahnsamen mit Material A bzw. B in Prozess X beschichtet und von unbehandelten Samen als Kontrolle.



Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Einfluss einer ausgewählten Beschichtungstechnologie auf die Keimfähigkeit des Russischen Löwenzahns (*Taraxacum koksaghyz*). Bei Beschichtung mit zwei unterschiedlichen Materialien erhöhte sich die relative Keimungsrate im Vergleich zu unbehandelten Samen um zwei (Material B) bzw. zwölf Prozent (Material A).

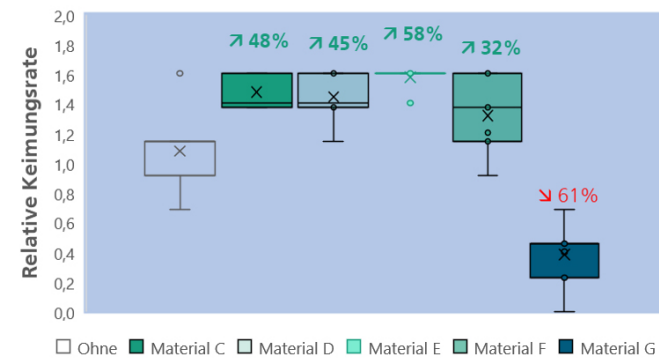


Abb.2: Keimfähigkeit unter Standardbedingungen von Löwenzahnsamen mit verschiedenen Materialien (C bis G) in Prozess Y beschichtet und von unbehandelten Samen als Kontrolle.

Der Einsatz einer alternativen Beschichtungstechnologie und Änderungen der Formulierungen (Abb. 2) führte für die Formulierungen C bis F zu einer signifikant gesteigerten Keimfähigkeit der beschichteten Samen um bis zu 58 Prozent im Vergleich zum unbehandelten Saatgut, während die Beschichtung mit Formulierung G die relative Keimungsrate drastisch um 61 Prozent reduzierte.

Basierend auf den Ergebnissen zur Keimfähigkeit entscheiden wir, welche der Formulierungen als Binde- oder Füllmittel oder als aktive Substanz für unsere multifunktionalen Beschichtungen geeignet sind und mit welchem technischen Prozess das Material auf das Saatgut optimal aufgebracht werden kann. Im nächsten Schritt der Evaluierung untersuchen wir die Leistung der Kultur durch Variationen und Kombinationen der Beschichtungen im Vergleich zu unbehandeltem Saatgut. Die Leistung des Saatguts und der Kultur können über verschiedene Parameter im Gewächshaus und unter Freilandbedingungen untersucht werden. Zur funktionalen Evaluierung analysieren wir unter anderem das Absorptionsverhalten der Beschichtung bezüglich Herbizide und Wasser, die Frühentwicklung des Keimlings bei eingeschränkter Wasserversorgung, die Biomasseentwicklung nach Aufruf der Pflanzenkultur, sowie die Lagerfähigkeit des beschichteten Saatguts und dessen Kompatibilität mit gängigen Aussaattechniken. Kulturspezifische Anpassungen und Funktionserweiterungen erfolgen zu diesem Zeitpunkt gemeinsam mit unseren Partnern über Additive in der jeweiligen Formulierung oder durch Veränderungen im strukturellen Aufbau.

## Bewertungsstrategie und -methodik zur Nachhaltigkeit und Unbedenklichkeit des entwickelten Produkts

Bestandteile der herkömmlichen Saatgutbeschichtungen, insbesondere die enthaltenden aktiven Wirkstoffe, werden vom Keimling/der Pflanze aufgenommen. Allerdings erfolgt die Aufnahme nicht vollständig, Überreste der Beschichtungen inklusive aktiver Wirkstoffe verbleiben im Boden und stellen ein potenzielles Risiko für die Umwelt dar. Neben der Entwicklung der Formulierungen und Beschichtungstechnologien wird daher am Standort Schmallenberg im Bereich »Angewandte Oekologie« parallel eine Prüf- und Bewertungsstrategie etabliert, mit deren Hilfe das Umweltisiko der Schichtmaterialien in Bezug auf Ökotoxizität und Abbaubarkeit beurteilt werden kann. Dazu werden alternative Endpunkte zur Bewertung der Abbaubarkeit von Polymeren in der Umwelt erforscht und etabliert. Die Entwicklung von Screening-Methoden zum Umweltverhalten und zur Umweltwirkung von polymeren Schichtmaterialien erlauben eine schnelle und kosteneffiziente Kontrolle durch das frühe Erkennen von Risiken in Bezug auf die regulatorische Akzeptanz in der Entwicklungsphase des späteren Produkts.

## Prüf- und Bewertungsmethodik

Basierend auf den im Projekt verwendeten Materialien wird eine zweistufige Teststrategie verfolgt: Zunächst wird im Screening Verfahren eine breite Testung in Bezug auf deren Abbaubarkeit und Toxizität durchgeführt. Hierbei werden die Materialien als Einzelkomponenten untersucht. Das Abbauverhalten der Komponenten wird durch Untersuchung des Bioabbaus in miniaturisierten Ansätzen mit Klärschlamm bewertet (Abb. 3).



Abb. 3: Modifizierter Screening-Ansatz zur Untersuchung des Bioabbaus in Klärschlamm in Anlehnung an OECD 301B Richtlinie.

Entscheidend in dieser Analyse ist eine generelle Aussage zur Abbaubarkeit (ja/nein) mit der Möglichkeit einer grundlegenden Charakterisierung des Abbaus und der Identifizierung von Abbauprodukten. Dies zieht eine Rückkopplung zur Ökotoxikologie nach sich, falls Untersuchungen zu Umweltwirkung von Abbauprodukten relevant werden.

Die Verfolgung und Identifizierung der Abbauprodukte in komplexer Umweltmatrix wird durch die Verwendung von radioaktiver <sup>14</sup>C-Isotopenmarkierung ermöglicht. Ziel ist, diese Methoden anschließend auf unmarkierte Materialien zu übertragen. Abbildung 4 zeigt die Identifizierung von Natriumalginate in der Klärschlammatrix aus dem OECD 301 Test mittels Pyrolyse-GC/MS.

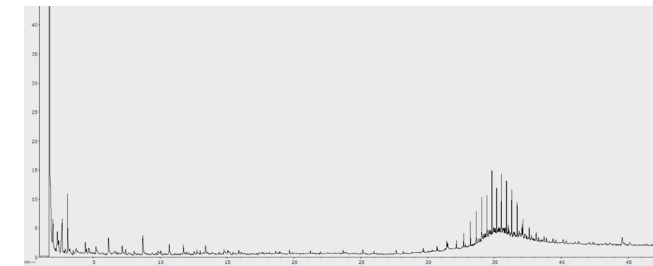


Abb. 4: Identifizierung von Natriumalginate in Klärschlamm-matrix mit Pyrolyse-GC/MS.

Um die Belastbarkeit der Daten aus dem Klärschlamm-Screening zu bewerten, werden diese anschließend mit Ergebnissen eines Simulationstests in Boden nach OECD 307 verglichen.

Die Umweltwirkung wird zunächst mit Lösungen oder wässrigen Eluaten der Materialien auf aquatische und terrestrische Modellorganismen untersucht. Zur Abdeckung aller Trophieebenen werden miniaturisierte Algen-, Daphnien- und Fischembryotests etabliert. Durch Kombination mit OMICS-Methoden werden in diesen Tests auch schädliche Wirkmechanismen auf der molekularen Ebene erfasst, die eine Abschätzung der langfristigen, chronischen Wirkung ermöglichen.

Des Weiteren werden miniaturisierte Schnelltests angewandt, um die Wirkung auf Bodenmikroorganismen zu betrachten. Die jeweiligen Ergebnisse werden mit Ergebnissen von akzeptierten Zulassungstests nach OECD verglichen, idealerweise gestützt durch exemplarisch vorhandene Literaturwerte oder alternativ durch selbst generierte experimentelle Werte. Vor Herstellung des fertigen Produkts (verkapseltes Saatgut) werden Komponenten, die als nicht-toxisch und abbaubar identifiziert wurden, zur Bestätigung der Unbedenklichkeit nochmals auf ihre Wirkung auf Boden(mikro)organismen überprüft.

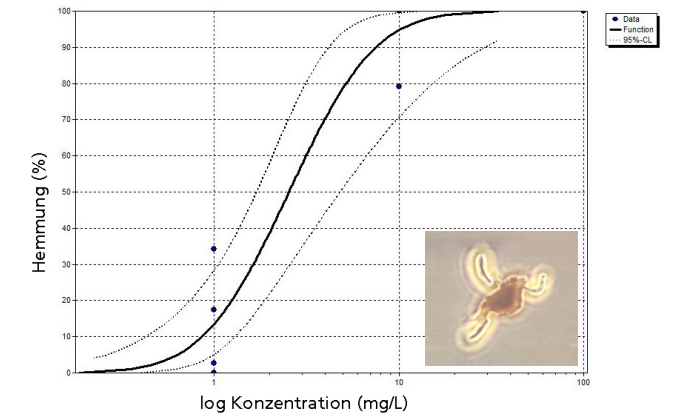



Abbildung 5: Mikroskopische Aufnahme der Interaktionen eines partikulären Polymers mit Algenzellen (OECD 201 Wachstumshemmtest mit Süßwasseralggen *Raphidocelis subcapitata*) und die korrespondierende Dosiswirkungsbeziehung (Darstellung mit ToxRat®).

Anschließend werden in der Umweltsimulation in Kleinsystemen das Verhalten und die Wirkung des verkapselten Saatguts bewertet. Die Untersuchung und Bewertung von Fate und Effekt auf Bodenmikroorganismen erfolgt dabei gleichzeitig und mit Hilfe der neu entwickelten Methoden. Die Daten werden Aufschluss darüber geben, ob die im Labor erzielten Ergebnisse, die zur Entwicklung der Prüf- und Bewertungsstrategie geführt haben, auch auf das Freiland übertragen werden können.

Zum Ende des Projektes SeedPlus wird, basierend auf den Ergebnissen der zuvor beschriebenen Arbeitsschritte, eine Prüf- und Bewertungsstrategie zur Verfügung stehen, die jederzeit für die Untersuchung verschiedener Schichtmaterialien (z. B. Biopolymere) zur Saatgutbeschichtung angewandt werden kann.

**Kontakt**  
Dr. Philip Känel  
philip.kaenel@ime.fraunhofer.de



**Kontakt**  
Dr. Michael Hüben  
michael.hueben@ime.fraunhofer.de



**Kontakt**  
Dr. Karsten Schlich  
karsten.schlich@ime.fraunhofer.de



# Das Exzellenznetzwerk RobustNature untersucht den Zusammenhang von chemischer Belastung und Biodiversität

Von Dr. Dr. h.c. Henner Hollert, Dr. Sarah Johann und Dr. Andreas Schiwy

**Wir sind mit drei verknüpften Krisen konfrontiert: globaler Erwärmung, Rückgang der biologischen Vielfalt und chemischer Verschmutzung. Das Exzellenznetzwerk RobustNature unter Federführung der Goethe-Universität Frankfurt untersucht den Zusammenhang zwischen chemischer Verschmutzung und Biodiversitätsverlust inter- und transdisziplinär. Der Frankfurter Universitätsprofessor Dr. Dr. h.c. Henner Hollert, der auch eine neue Abteilung am Fraunhofer IME leitet, ist einer der beiden Sprecher von RobustNature.**

## Die Ausgangssituation

Gegenwärtig sind mehr als 350 000 Chemikalien für die Herstellung und Verwendung gelistet, und diese Zahl nimmt ständig zu. Die jährliche Produktion von Stoffen wie Agro- und Industriechemikalien, Arzneimitteln, Kosmetika und Kunststoffen steigt und stellt – trotz großer Fortschritte in der Stoffbewertung und der Regulation – ein erhebliches Risiko sowohl für die menschliche Gesundheit als auch für die globale Umwelt dar. Chemische Verschmutzung gilt nach der *Lancet Commission on pollution and health* weltweit als wichtigste Ursache für vorzeitige Todesfälle beim Menschen. Sie war im Jahr 2015 für 9 Millionen vorzeitige Todesfälle verantwortlich (Landrigan et al. 2017). Diese Zahl ist dreimal höher als die Summe der Todesfälle durch HIV, Tuberkulose und Malaria. Auch die biologische Vielfalt ist heute durch menschliche Aktivitäten stark bedroht. Die Ursachen für den Rückgang der biologischen Vielfalt sind vielfältig und umfassen den Verlust und die Fragmentierung von Lebensräumen, invasive Arten und den Klimawandel. In einer kürzlich durchgeführten Meta-Analyse wurde die chemische Verschmutzung als eine der drei Hauptursachen für den globalen Verlust der Artenvielfalt identifiziert. In den letzten beiden Jahren gab es bahnbrechende Entwicklungen in Bezug auf die globale Bedeutung von Chemikalien und deren Freisetzung in die Umwelt, die eine wichtige Rolle für den Rückgang der biologischen Vielfalt spielen können. So konnten Persson et al. (2022) erstmalig aufzeigen, dass sich die *Planetary Boundaries* für neuartige Schadstoffe außerhalb des *Safe Operating Space* der planetarischen Grenze befinden. Wenig später wurde auf den potenziell massiven Zusammenhang zwischen dem Verlust der biologischen Vielfalt und der chemischen Verschmutzung hingewiesen (Groh et al. 2022).

Beide Phänomene wurden oft innerhalb von Einzeldisziplinen, aber selten gemeinsam und disziplinübergreifend untersucht (Sylvester et al. 2023). Ein umfassendes wissenschaftliches Forschungskonzept, das sich mit diesen komplexen Zusammenhängen befasst, fehlt jedoch bislang: Die komplexen Wechselwirkungen zwischen chemischer Verschmutzung und der Dynamik der großräumigen Biodiversität sind quantitativ noch weitgehend unerforscht.

## Das RobustNature Netzwerk

Obwohl die schädlichen Auswirkungen der chemischen Verschmutzung auf Mensch und Umwelt seit langem bekannt sind, wurden viele Probleme nur zufällig und a posteriori erkannt, also erst nach den Verschmutzungsereignissen: Sei es durch DDT und die identifizierten endokrinen Effekte auf Weißkopfschwärmer in den 70er oder dem (aktuellen) Sterben des Silberlachs in Nordamerika, was auf die Chemikalie 6PPD-Chinon zurückgeführt werden konnte, die aus Reifengummi freigesetzt wird. Ein umfassendes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen chemischer Verschmutzung und Rückgang der biologischen Vielfalt ist notwendig, um eine vorausschauende Bewertung der Wechselwirkungen zwischen diesen Komponenten der Ökosystemdegradation zu erreichen und Handlungsoptionen und Hebel für eine Veränderung der Gesellschaft abzuleiten.

RobustNature wurde als ein Exzellenznetzwerk durch eine Anschubfinanzierung der Goethe-Universität (GU) gegründet mit dem Ziel, den Zusammenhang zwischen chemischer Verschmutzung und Biodiversitätsverlust inter- und transdisziplinär zu untersuchen. Sprecher sind die beiden Frankfurter Universitätsprofessoren Henner Hollert und Ernst Stelzer. Hollert leitet auch die neue Abteilung Umweltmedienbezogene Ökotoxikologie am Fraunhofer IME. Unterstützt wird das Netzwerk von Dr. Sarah Johann (GU) als Koordinatorin und Dr. Andreas Schiwy (GU und Fraunhofer IME).

Das RobustNature Netzwerk besteht aus universitären Partnern und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Neben dem Profibereich Sustainability & Biodiversity und verschiedenen Fachbereichen der Goethe-Universität Frankfurt wirken u.a. auch die TU Darmstadt, die Justus-Liebig-Universität Gießen,



die RWTH Aachen University und das Fraunhofer IME mit den Standorten Schmallenberg und Gießen in dem Netzwerk mit. Ebenso das Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum in Frankfurt (SGN), das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), das Institut für Sozialökologische Forschung (ISOE), das Leibniz Institut für Finanzmarktforschung (SAFE), sowie ausgewählte internationale Partner (z. B. University of Saskatchewan in Kanada und ETH Zürich). Eine große Bedeutung haben die insgesamt 17 SynergyFund-Projekte, mit denen Fragestellungen mit den Schwerpunkten chemische Verschmutzung und Biodiversitätsverlust sowie organismische Interaktionen inter- und transdisziplinär untersucht werden. In den vergangenen Jahren wurden aus dem Netzwerk einige wichtige Studien veröffentlicht (z. B. Sylvester et al. 2023, Eastwood et al. 2023, Müller et al. 2023, Brack et al. 2022, Crawford et al. 2022), Workshops veranstaltet (z. B. Earth4All, NORMAN-Netzwerk Innovative Ansätze für die Umweltüberwachung von chemischer Verschmutzung und Biodiversität) sowie Verbundprojekte erfolgreich beantragt. Aus dem Netzwerk heraus sind derzeit auch zwei große koordinierte Verbundprojekte in Vorbereitung, die beide das Fraunhofer IME involvieren und sich durch inter- und transdisziplinäre Herangehensweisen auszeichnen. Um die Forschungsfragen transdisziplinär (im Sinne eines Co-Designs) zu definieren, wurde z. B. ein Stakeholder-Workshop mit Mitgliedern von RobustNature, Vertreter\*innen aus Behörden (z. B. Umweltbundesamt, Bundesanstalt für Gewässerkunde und Hessisches Umweltministerium), Industrie und Wissenschaft durchgeführt oder auch der BLAC-Kongress »Chemikalienpolitik im Dialog« mit Vorträgen aktiv mitgestaltet. Einen Überblick über das Netzwerk gibt die Homepage [www.robustnature.de](http://www.robustnature.de) und ein Youtube-Kanal.

## Publikationen:

Brack, W., et al.  
**One planet: one health. A call to support the initiative on a global science-policy body on chemicals and waste.** (2022) *Environ Sciences Europe* 34. doi.org/10.1186/s12302-022-00602-6

Crawford, S. E., et al.  
**Remobilization of pollutants during extreme flood events poses severe risks to human and environmental health.** (2023) *Journal of Hazardous Materials* 421, 126691. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126691

Eastwood, N., et al.  
**100 Years of Anthropogenic Impact Causes Changes in Freshwater Functional Biodiversity.** (2023) *eLife* 12:RP86576. doi.org/10.7554/eLife.86576.3

Groh, K., et al.  
**Anthropogenic chemicals as underestimated drivers of biodiversity loss: Scientific and societal implications.** (2022) *Environmental Science & Technology*, 56, 707–710. doi: 10.1021/acs.est.1c08399

Jaureguiberry, P., et al.  
**The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss.** (2022) *Science Advances* 8. DOI:10.1126/sciadv.abm9982

Landrigan, P. J., et al.  
**The Lancet Commission on pollution and health.** (2017) doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0

Müller, R., et al.  
**RNA interference to combat the Asian tiger mosquito in Europe: A pathway from design of an innovative vector control tool to its application.** (2023) *Biotechnology Advances*. doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108167.

Persson, L., et al.  
**Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities.** (2022) *Environmental Science & Technology*, 56, 3, 1510–1521. doi.org/10.1021/acs.est.1c04158

Richardson, K., et al.  
**Earth beyond six of nine planetary boundaries.** (2023) *Science Advanced*, 9. DOI: 10.1126/sciadv.adh2458

Sylvester, F., et al.  
**Better integration of chemical pollution research will further our understanding of biodiversity loss.** (2023) *Nature Ecology & Evolution* 7, 1552–1555. doi.org/10.1038/s41559-023-02117-6

### Kontakt

Dr. Dr. Henner Hollert  
henner.hollert@ime.fraunhofer.de



### Kontakt

Dr. Sarah Johann  
johann@bio.uni-frankfurt.de



### Kontakt

Dr. Andreas Schiwy  
a.schiwy@bio.uni-frankfurt.de





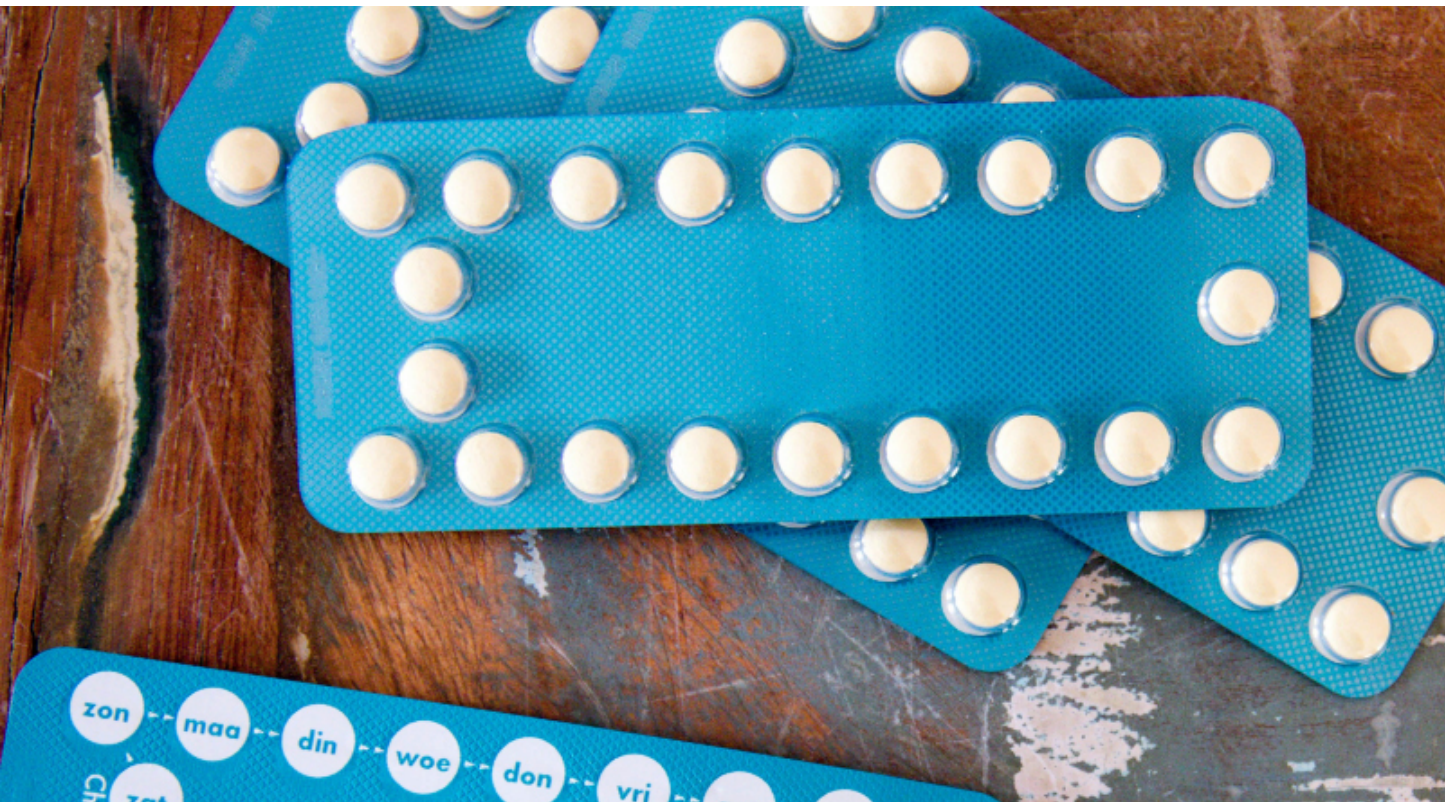
# Steroidhormone der Neuen Generation – Angepasste Teststrategien zur Identifizierung hormonaktiver Wirkungen

Von Dr. Matthias Teigeler

**Der Eintrag von Arzneimitteln in die aquatische Umwelt ist zu einem wichtigen Thema in der Umweltforschung geworden und stößt auf zunehmendes öffentliches Interesse. Human- und Tierarzneimittel gelangen auf verschiedenen Wegen in die Gewässer und stellen eine Gefahr für Wasserorganismen dar. Es ist bekannt, dass Arzneimittelrückstände in der Umwelt verbleiben und schädliche Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen haben können. Insbesondere hormonaktive Substanzen, die wie natürliche Hormone im Organismus wirken können, wurden als potenzielle Bedrohung identifiziert, da diese selbst in geringen Konzentrationen im Wasser Schädigungen hervorrufen können.**

Ziel dieses Forschungsprojekts in enger Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt war die Entwicklung einer maßgeschneiderten Prüfstrategie zur Bewertung des Umwelttrisikos neuartiger hormoneller Wirkstoffe, insbesondere synthetischer Gestagene und Glukokortikoide. In der ersten Phase des Projekts wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt,

um vorhandene Erkenntnisse über die Auswirkungen dieser Stoffe zu sammeln und zu bewerten. Auf der Grundlage wurden repräsentative Substanzen aus beiden Wirkstoffklassen für weitere Untersuchungen identifiziert. Als Kandidat für die Gestagene wurde Dienogest ausgewählt, ein Wirkstoff, der zur Therapie von Endometriose und zur Empfängnisverhütung eingesetzt wird. Die Glukokortikoide waren mit dem Wirkstoff Dexamethason vertreten, der aufgrund seiner immunsuppressiven Wirkung, u. a. zur Behandlung allergischer und entzündlicher Prozesse verwendet wird. Dieser wird zur Behandlung von Allergien und Entzündungen eingesetzt und dient dazu Immunreaktionen zu unterdrücken. In unserer Forschungsstudie wurden zwei Langzeit-Laborexperimente mit Fischen und eine zusätzliche Studie mit einem aquatischen Wirbellosen durchgeführt. Die Ergebnisse der Laborversuche wurden gesammelt und mit den Ergebnissen aus der Literatur verglichen und diskutiert. Daraus wurde anhand der beiden Beispielwirkstoffe eine angepasste Bewertungsstrategie zur Risikobewertung entwickelt.



Hormonaktive Substanzen werden zunehmend als Bedrohung für aquatische Organismen identifiziert.

Für Dienogest wurde ein Zebrafisch-Ein-Generationen-Reproduktionstest (ZEOGRT) und für die Wirbellosen ein Lebenszyklustest mit Zuckmücken (Chironomiden) durchgeführt. Für Dexamethason wurde nur die Zebraabblingstudie durchgeführt. Bei den Experimenten wurden die Organismen verschiedenen Konzentrationen der Prüfsubstanzen ausgesetzt und verschiedene biologische Parameter in Bezug auf Wachstum, Fortpflanzung und Überleben gemessen.

In den durchgeführten Fischstudien wurden mögliche Effekte auf verschiedenen Generationen der Tiere untersucht. Eine Elterngeneration, eine vollständige Filialgeneration und die frühe embryonale Lebensphase einer zweiten Nachfolgenera-tion wurden den Substanzen ausgesetzt.

Für Dienogest zeigten die Ergebnisse keine Auswirkungen auf die Elterngeneration der Zebraabblinge. Die Befruchtungsfähigkeit und das Überleben der frühen Larven in der ersten Filialgeneration waren beeinträchtigt, der Schlupferfolg der zweiten Filialgeneration war ebenfalls verringert. In der Chironomiden-Studie wurden keine Auswirkungen als Folge der Substanzexposition beobachtet.

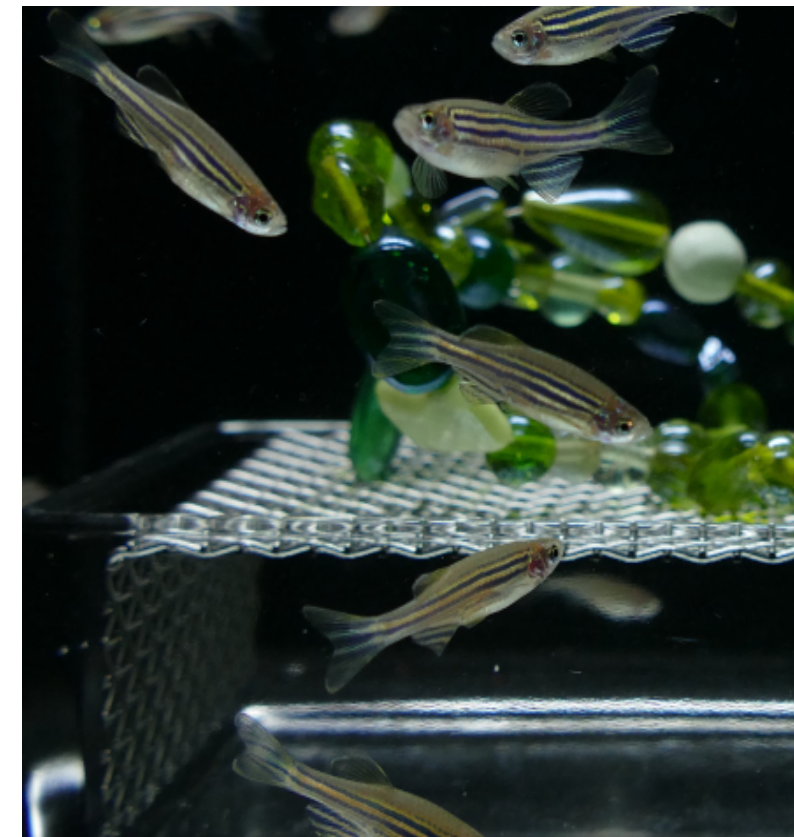
Dexamethason verursachte sowohl in der Eltern- als auch in der Nachfolge-Generation der Zebraabblinge ein verringertes Wachstum, wobei die Männchen stärker betroffen waren. Die Fortpflanzungsfähigkeit und andere Parameter wurden jedoch nicht negativ beeinflusst.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass synthetische Gestagene wie Dienogest ähnliche Wirkungen wie andere potente endokrin wirksame Substanzen wie Östrogene und Androgene haben können. Der zugrunde liegende Mechanismus bleibt jedoch unklar. Demgegenüber hatte die Exposition gegenüber Dexamethason Auswirkungen auf das Wachstum der Fische in verschiedenen Lebensstadien, wirkte sich jedoch nicht auf die Fortpflanzungsleistung oder das Geschlechterverhältnis aus. Die Studien deuten darauf hin, dass Fische als aquatische Wirbeltiere im Vergleich zu wirbellosen Wasserorganismen empfindlicher auf hormonaktive Wirkstoffe reagieren. Hieraus konnte abgeleitet werden, dass das im Fischtest verwendete Testdesign geeignet ist, die relevanten und empfindlichen populationsrelevanten Endpunkte nachzuweisen.

Für eine regulatorische Bewertung eines Wirkstoffs besteht eine weitere Herausforderung darin, die Ursache für die beobachteten Wirkungen auf die Organismen zu ermitteln. Hierfür bieten sich im Falle der Gestagene zusätzliche methodische Ansätze an, die auch molekularbiologische Mechanismen in Betracht ziehen. Dazu gehören innovative Omics-Methoden, die z.B. Veränderungen in der Genexpression detektieren können. Der Vergleich mit Referenzchemikalien, für die eine endokrine Wirksamkeit bekannt ist, erlaubt die Identifizierung

von Wirkmechanismen neuartiger Substanzen. Für Substanzen mit immunsuppressiver Wirkung, wie das untersuchte Glukokortikoid, stehen weitere Methoden zum Nachweis immunsuppressiver Mechanismen (z. B. LPS-Challenge) zur Verfügung, um ein entsprechendes Wirkungsmuster nachzuweisen.

Diese Methoden bieten die Möglichkeit, zugeschnittene Teststrategien auch für wenig untersuchte Wirkstoffklassen zu entwickeln. Es sind weitere Forschungsarbeiten erforderlich, um die Identifizierung der zugrundeliegenden Mechanismen zu verbessern und damit die Akzeptanz für diese Methodiken bei den bewertenden Zulassungsbehörden zu gewährleisten.



ZEOGRT: Untersuchung der Reproduktionsleistung von Zebraabblingen mit Hilfe von Laichschalen.

**Kontakt**  
Dr. Matthias Teigeler  
matthias.teigeler@ime.fraunhofer.de





## Antimikrobielle Peptide aus *Hermetia illucens* zur Konservierung von Lebens- und Futtermitteln

Von Jeanny Jerschow-Schaumann

**Weltweit erkranken jährlich mehr als 600 Millionen Menschen an einer lebensmittelbedingten Infektion. Antimikrobielle Peptide (AMPs) aus Insekten, wie *Hermetia illucens*, sind eine vielversprechende Möglichkeit, die Sicherheit und Haltbarkeit von Produkten zu verbessern, um diese hohe Zahl zu reduzieren. Einige Strukturklassen zeigen eine ausgeprägte Aktivität gegen gramnegative Lebensmittelpathogene. Aufgrund der Abhängigkeit zwischen der Ernährung der Larven und der AMP-Expression können vielversprechende AMPs durch gezielte Auswahl an Nebenströmen aus der Lebensmittelindustrie erzeugt werden.**

### Lebensmittelverderb

Lebensmittelverderb führt durch mikrobielles Wachstum zu einer Beeinträchtigung der Lebensmittelqualität, die für den Verbraucher inakzeptabel ist. Der Verlust von Lebensmitteln durch Verderb hat erhebliche ökologische und ökonomische Auswirkungen, wie z. B. die Verschwendung von Wasser- und Energieressourcen oder CO<sub>2</sub>-Emissionen. Darüber hinaus können verdorbene Lebensmittel durch Mikroorganismen oder deren Toxinbildung lebensmittelbedingte Erkrankungen auslösen. Um dies zu verhindern, werden derzeit chemische Konservierungsstoffe eingesetzt, um eine längere Haltbarkeit zu erreichen. Diese Zusatzstoffe haben jedoch häufig ein



breites Wirkspektrum gegen Mikroorganismen und wirken daher nicht spezifisch gegen eine Zielgruppe. Der Zusatz dieser meist chemisch synthetisierten Konservierungsstoffe wird von den Verbrauchern eher kritisch gesehen, weshalb alternative, natürliche Verbindungen von großem Interesse sind. Darüber hinaus trägt die Substitution petrochemischer Rohstoffe bei der Herstellung herkömmlicher Konservierungsstoffe (wie Benzoesäure und Parabene) durch nachhaltige biotechnologische Verfahren dazu bei, die Ziele der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 zu erreichen.

### Antimikrobielle Peptide

Antimikrobielle Peptide (AMPs) stellen in dieser Hinsicht eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Konservierungsstoffen dar. AMPs sind eine Klasse natürlicher und synthetischer Peptide mit einem breiten Wirkspektrum gegen Organismen wie Viren, Bakterien, Pilze und Parasiten. Strukturell gesehen sind AMPs kurze Peptide, die aus weniger als 50 Aminosäuren bestehen. Sie sind meist kationisch, amphipatisch und enthalten viele hydrophobe Aminosäuren. Sie stammen aus einer Vielzahl tierischer und pflanzlicher Quellen, können aber auch von Bakterien oder Pilzen gebildet werden.

Aufgrund ihrer starken Hemmwirkung auf gramnegative lebensmittelassoziierte Krankheitserreger können AMPs auch dazu beitragen, den Verderb von Lebens- und Futtermitteln zu minimieren und das Risiko lebensmittelbedingter Infektionen oder Vergiftungen für Verbraucher und Nutztiere zu senken. Die Produktsicherheit und Haltbarkeit von Lebens- und Futtermitteln kann durch den Zusatz von natürlichen AMPs deutlich verbessert werden. Der gezielte Einsatz von AMPs gegen gramnegative Hygienekeime wie *Campylobacter*, *EHEC* oder *Salmonella*, während grampositive, nützliche Bakterien wie Milchsäurebakterien nicht angegriffen werden, ist ein Alleinstellungsmerkmal und stellt eine echte Innovation im Bereich der Lebensmittelsicherheit dar. Neben der antimikrobiellen

*Gereinigte Hermetia illucens Larven.*

*Hermetia illucens Fliegen auf Eiablagestelle.*



Wirkung können sie ebenfalls antiviral, antikanzinogen, antimykotisch und antiparasitär wirken. Aufgrund dessen sind sie auch von besonderem Interesse bei der Suche nach neuen antimikrobiellen Wirkstoffen, um beispielsweise der zunehmenden Arzneimittelresistenz entgegenzuwirken.

### Antimikrobielle Peptide aus Insekten

Insekten können sich der Umwelt sehr gut anpassen und verfügen über eine Vielzahl an Verteidigungsstrategien. Eine dieser Strategien als Teil des angeborenen Immunsystems von Insekten ist die Produktion und anschließende Sekretion von AMPs als Abwehrmechanismus gegen bakterielle Infektionen. Eine Vielzahl natürlicher AMPs wird daher in der Hämolymphe und im Körpergewebe einer großen Zahl von Insektenarten produziert. Die Schwarze Soldatenfliege, *Hermetia illucens*, ist dafür bekannt, eine große Anzahl verschiedener AMP-Klassen zu besitzen.

Eine vielversprechende Klasse von AMPs sind die Cecropine. Strukturell zeichnen sich Cecropine durch zwei  $\alpha$ -Helixstrukturen ohne Cysteinreste aus, die über eine flexible Scharnierregion miteinander verbunden sind. Sie besitzen eine hohe Wirksamkeit gegen gramnegative Bakterien, wie *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* oder *Pseudomonas aeruginosa* bei gleichzeitig geringer Toxizität gegenüber Säugetierzellen. Die Wirksamkeit beruht auf der Interaktion mit der Bakterienmembran nach dem so genannten »carpet«-Modell. Die Peptide lagern sich in einer teppichartigen Struktur auf der Membranoberfläche an, wodurch die Membran ihre Integrität verliert. Als Folge löst sich die Membran unter Mizellenbildung auf. Hierbei zerfällt die Membran in kleine Bereiche, die von den Peptideinheiten ausgekleidet werden.

### Verwertung von Nebenströmen als Futter

*Hermetia illucens* Larven produzieren in Abhängigkeit von der Zusammensetzung ihres Futters ein unterschiedliches Spektrum an AMPs. Durch die Fütterung der Larven mit spezifischen Substraten aus der Lebensmittelindustrie können geeignete AMPs produziert werden, welche in bestehende Prozesse der Lebens- und Futtermittelproduktion integriert werden können. Um dies zu nutzen, werden die AMPs durch Fütterung der Larven mit verschiedenen biogenen Nebenströmen aus dem Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main produziert. Unter anderem werden die Larven hier mit Biertreber, Apfeltrester oder Kakaobohnenschalen gefüttert und mit einer Standarddiät bestehend aus Hühnerfutter verglichen. Durch den Vergleich der AMP-Spektren kann eine gezielte Diät ausgewählt werden, die in den Larven vor allem AMP-Klassen produziert, die eine bakterizide Aktivität gegen gramnegative Hygienekeime aufweisen und gleichzeitig die in der Lebensmittelindustrie üblichen (grampositiven) Starterkulturen nicht beeinträchtigen.

Zur Gewinnung der AMPs aus den *H. illucens* Larven wird eine Extraktion mit anschließender Aufreinigung durchgeführt. Die gewonnenen Peptide werden identifiziert, auf ihre konservierende Wirkung getestet und anschließend ihre technologischen und sensorischen Eigenschaften beschrieben. Alternativ werden ausgewählte Peptide in einem geeigneten Expressionssystem rekombinant produziert und analog analysiert.

### Kontakt

Jeanny Jerschow-Schaumann

jeanny.jerschow@ime.fraunhofer.de





# Die Entwicklung eines holistisch biologischen Pflanzenschutzes

Von Yvonne Linscheid

**Im Jahr 2006 wurde die sogenannte REACH-Verordnung (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) durch die EU konzipiert und ist schließlich am 1. Juni 2007 in Kraft getreten. Mithilfe dieser Verordnung sollen Mensch und Umwelt vor den verheerenden Auswirkungen durch übermäßigen Gebrauch von potenziell gesundheitsschädlichen Chemikalien geschützt werden. Daher wird der Gebrauch von synthetisch hergestellten Pestiziden EU-weit stark reguliert. Ebenfalls wird darin gefordert, geeignete nachhaltige Alternativen zu nutzen. Allerdings ist von der EU bisher kein nachhaltiges Produkt für die Landwirtschaft zugelassen worden, welches dieselbe Effizienz und das selbe Kosten-Nutzen-Verhältnis wie ein chemisches Pestizid besitzt.**

## Derzeitige Optionen für eine umweltfreundliche Schädlingsbekämpfung

Die meist frequentierte Technik zur Kontrolle von Schädlingen ist das sogenannte »Integrated Pest Management (IPM)«. In diesem Anwendungsprozess werden unterschiedliche Methoden kombiniert und versucht, Pestizide gänzlich zu vermeiden oder nur in geringem Maße zu verwenden. Wie der Begriff IPM impliziert, setzt es sich aus unterschiedlichen Methoden und Techniken zusammen: z. B. natürliche Fraßfeinde, Pflanzenrotation, Saat-Anpflanztechniken, Nutzung von resistentem, standardisiertem Saat- und Pflanzenmaterial, ausgewogenes Düngen, Kalkung und Bewässerung der Pflanzen und kontinuierlichem Reinigen und Pflegen des Equipments. Bei allen eingesetzten Methoden wird darauf geachtet, dass kein nützlicher Organismus zu Schaden kommt. Während der laufenden Prozesse zur Kultivierung findet eine dauerhafte Überwachung statt, die im Anschluss analysiert und evaluiert wird. Anschließend sollen die angewendeten Prozesse optimiert und zum exakten Zeitpunkt eingesetzt werden, um die Schädlingsbekämpfung möglichst effizient zu gestalten. Es kann prognostiziert werden, dass große Aufwendungen finanzieller und personeller Art notwendig sein werden, um das IPM aufrechtzuerhalten.

## Eine kleine Wunderwaffe: Mikroben im Kampf gegen Schadinsekten

Ein hervorragendes Mittel zur biologischen Kontrolle von Insekten sind entomopathogene Mikroben, z. B. Pilze, Bakterien und Viren. Im Vergleich zu chemischen Pestiziden, von denen einige ein breites Wirkspektrum aufweisen, verfügen zieloptimierte Mikroben über einige Vorteile, die sie als alternatives Kontrollmittel zunehmend attraktiv werden lassen. Aufgrund der Wirtsspezifität werden Nicht-Wirtsorganismen durch die Mikrobe nicht beeinträchtigt. Des Weiteren besteht keine Gefahr der Anreicherung in Pflanzen oder Umwelt. Durch diesen holistischen Ansatz soll das Ökosystem in seiner Gänze nicht beeinträchtigt werden und kann somit leichter seine essenzielle Balance bewahren.

Vor allem virale Entomopathogene, in diesem Fall werden sie Insektenviren genannt, besitzen eine sehr hohe Wirtsspezifität, auch im Vergleich zu entomopathogenen Bakterien und Pilzen. Deshalb könnten gerade diese Mikroben als ein überragendes Instrument der Schadinsektenkontrolle fungieren. Durch Forschung und Entwicklung können diese zu einem exzellenten sprühfähigen Insektizid entwickelt werden, welche dem holistischen Gedanken Folge leisten.

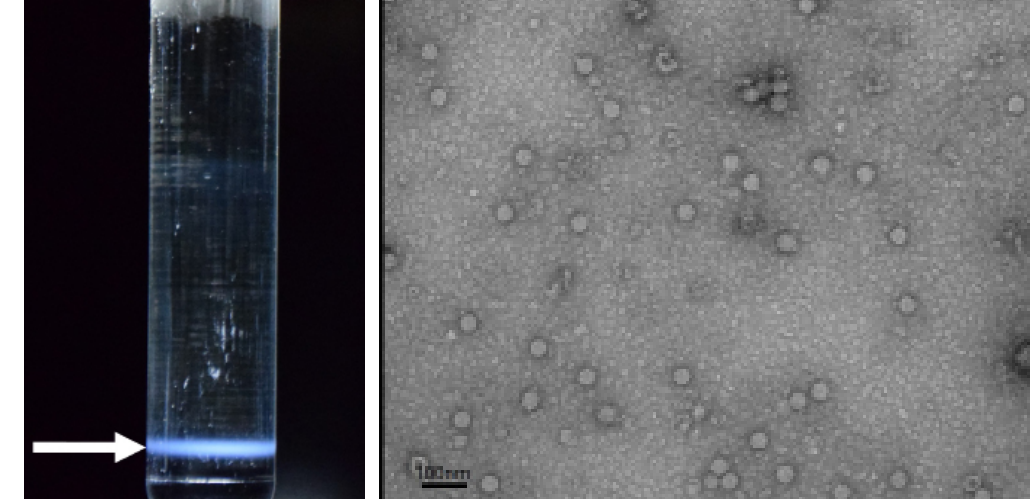
## Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt zur Erlangung eines applikablen Prototyps

Jeder kennt es. Jedes Jahr aufs Neue ist man in der Sommerzeit genervt von ihnen - diesen kleinen Fruchtfliegen, die das Obst zu Hause gänzlich unappetitlich werden lassen.

In Deutschland ist ein zunehmender Ernteverlust durch die invasive Taufliiegenart *Drosophila suzukii* zu beobachten. Vor allem Steinfruchtarten (Blaubeeren, Himbeeren, Kirschen, etc.) sind die bevorzugten Früchte, die von ihnen befallen werden. Durch das Besprühen mit chemischen Insektiziden wird mehrmals im Jahr versucht, den Fruchtbestand zu sichern. Dabei werden jedoch nicht nur die schädlichen Insekten vernichtet,

Links: Abbildung von isolierten La Jolla Virus Partikeln.

Rechts: Abbildung von LJV Viren im REM (Rasterelektronen Mikroskop).



sondern auch die schützenswerten bestäubenden Insekten. Dies wiederum hat zur Folge, dass höhere Kosten entstehen, weil Bestäuber zugekauft und im Feld frei gelassen werden müssen. Des Weiteren ist die Chance höher, dass sich invasive Arten weiter verbreiten, wenn die fragile Balance des Ökosystems beeinflusst wird. Daher können durch den Einsatz umweltschädlicher Insektizide immense Schäden für Umwelt und Landwirtschaft entstehen, welche schwer zu beziffern und unter Umständen irreparabel sind.

Mithilfe der Kernkompetenzen aus Virologie, Entomologie, Biotechnologie und Bioverfahrenstechnologie soll innerhalb des Projektes HOPE ein praxistaugliches, sprühfähiges Produkt entwickelt werden. Dieses soll ausschließlich auf die Schadinsektenart wirken und zu jeder Zeit während der Fruchtreife einsetzbar sein – ohne Umwelt, Landwirtschaft und die menschliche Gesundheit zu belasten.

Zuerst wird der Organismus (das Pestinsekt) auf virale Sequenzen hin untersucht und anschließend Analysen der Übereinstimmung von bereits bekannten Viren der Spezies *Drosophilidae* und den frisch isolierten RNA-Sequenzen durchgeführt. Ist eine Sequenzierung erfolgreich abgeschlossen, werden die neu produzierten und isolierten viralen Sequenzen in das Insekt injiziert. Anschließend findet eine kontinuierliche Überwachung im Labor statt. Sind morphologische Veränderungen zu beobachten? Ist die Lebensspanne verkürzt?

Sollte das Virus die Lebensspanne signifikant verkürzen, wird es oral an die adulten Fliegen verfüttert. Die Krux hierbei ist, dass das Virus das Immunsystem in kürzester Zeit unterwandern und den Organismus töten muss. In Konkurrenz dazu stehen die stabilen chemischen Insektizide, die innerhalb eines Tages oder schneller töten und in Massen billig herzustellen sind. Bisherige Ergebnisse mit der Spezies *Drosophila* und Insektenviren zeigten bei oralen Verfütterungen keine gewinnbringenden Ergebnisse. Ein Virus, welches nur 20 bis 30 Prozent der Population eliminiert oder, bei oraler Aufnahme, einen negativen Effekt auf Bestäuber besitzt, kann nicht weiterverarbeitet werden. Das Isolat des Insektenvirus *La Jolla Virus* (LJV) erzielte jedoch auch bei der oralen Verfütterung ein vielversprechendes Ergebnis. Bei gerade mal einer Konzentration von  $10^6$  genomischen Äquivalenzen pro Milliliter wurde eine Mortalität von 100 Prozent nach max. fünf Tagen notiert.

Somit können erste Stabilitäts- und Formulierungstests etabliert werden. Hierbei ist es wichtig zu testen, in welchen pH-Werten und Temperaturbereichen das Virus aktiv bleibt. Für die Entwicklung eines sprühfähigen Produktes sind Formulierungen (Umhüllungen des Virus) notwendig. Daher müssen unterschiedliche Materialien (Nanopartikel, Puffer, Benetzer, etc.) an den Fliegen getestet werden. Die Materialien, die keine negative Auswirkung zeigen, werden kombiniert, das Virus umhüllt und an den Fliegen getestet. Anschließend werden sogenannte Gewächshausversuche durchgeführt. Dabei werden die entwickelten Produkte direkt auf die Früchte aufgebracht und observiert, wie die Frucht davon umhüllt wird, ob sie einige Zeit auf der Oberfläche bestehen bleiben, wie ihnen die Luftzirkulation und Hitze zusetzt etc. Zeitgleich wird die Mortalität der Fliegen kontinuierlich überwacht.

Das Endprodukt muss für die kommerzielle Nutzung in großen Volumina produzierbar sein – und das zu so geringen Produktionskosten wie möglich. Im Moment sieht die Virenproduktion wie folgt aus: Es werden 1000 Fliegen mit jeweils 46 nL Virusextrakt injiziert, welches in den Fliegen inkubiert und nach drei Tagen extrahiert wird. Die Produktionszeit für ca. 1,0 mL Virusextrakt beträgt somit vier Tage. Kosten und Zeit müssen maximal reduziert werden. Für LJV ist bisher noch keine spezifische Kultivierungszelllinie auf dem Markt. Es bestehen zwei Optionen für die ersten Ansätze: Es wird an einer Zelllinie, bestehend aus *Drosophila melanogaster* Zellen geforscht, die andere wäre eine neue primäre Zelllinie von *Drosophila suzukii* zu kultivieren. Die Schwierigkeit hierbei ist, dass Insektenviren sehr sensibel darauf reagieren, welcher Zelltyp sie umgibt. Entspricht der Zelltyp nicht ihrem bevorzugten Wirtsorganismus, besteht die Möglichkeit, dass das Virus den Teil seines Genoms, welches die insektizide Wirkung innehat, aufgibt. Dies wiederum hätte zur Folge, dass man ein inaktives Virus produziert.

Sind all diese Arbeitspakete abgeschlossen, ist der erste Prototyp einer applizierbaren biologischen Kontrolle erfolgreich entwickelt.

## Kontakt

Yvonne Linscheid

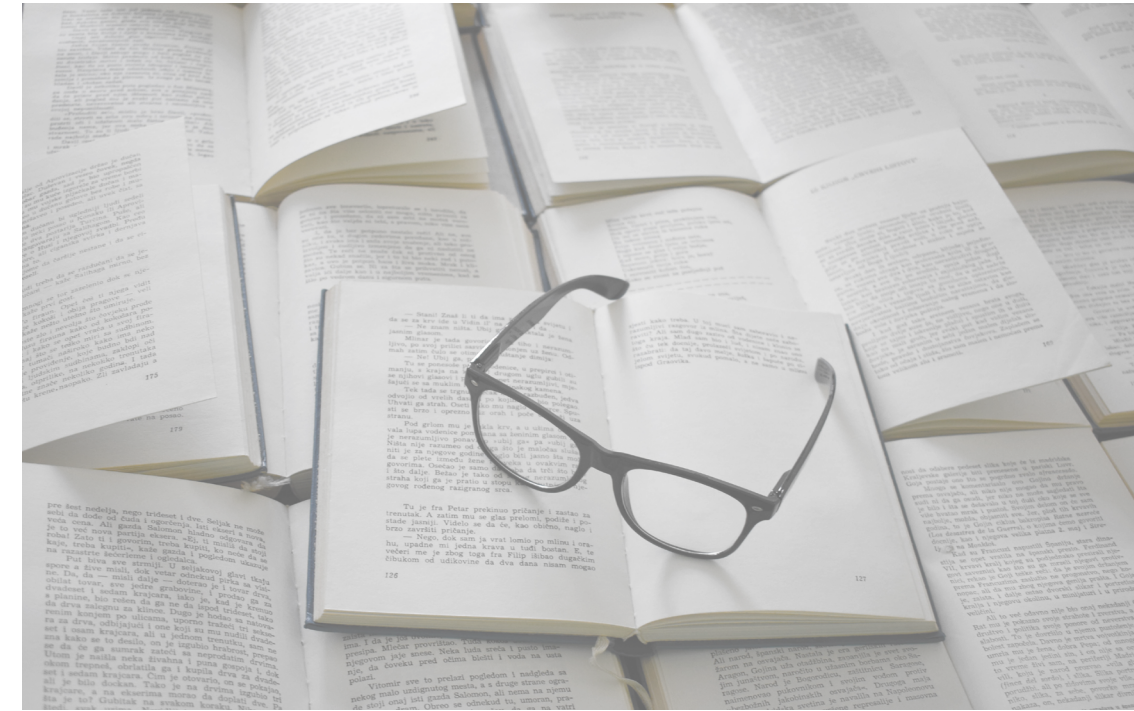
yvonne.linscheid@ime.fraunhofer.de





# Ausgewählte Publikationen

---



Simulation und Optimierung von Nährstoffaufnahme und Biomassebildung

Die Zählung der Teufelszwirne - Blühzeitkontrolle von *Cuscuta* spp.

Immune-Challenge Analysen im Zebrafisch Embryo Modell für Human- und Umweltfragestellungen

Chronische Toxizität und Genexpressionsanalyse in *Cloeon dipterum*

Bewertung des Umweltrisikos von Desinfektions-Nebenprodukten

Molekulare Marker für sexual-endokrine Disruption im embryonalen Zebrafisch

Hoffnung im Kampf gegen Antibiotika-resistente Krankheitserreger

Salinitätsveränderungen bedrohen die Weltmeere und die Artenvielfalt

Schlangengifte – Zwischen Gefahr und Gelegenheit





Der Biomassegewinn kann mit maßgeschneiderten Medien verbessert werden.«

Dr. Henrik Nausch, Fraunhofer IME in Aachen

*Iterative Modelle können zur systematischen Optimierung der Bedingungen für bioreaktor-basierte Prozesse verwendet werden.*



## Simulation und Optimierung von Nährstoffaufnahme und Biomassebildung

Tabak (*Nicotiana tabacum*) cv Bright Yellow-2 (BY2-) Zellsuspensionskulturen ermöglichen eine schnelle Produktion von komplexen, proteinbasierten Biopharmazeutika, erzielen aber bislang ein niedriges Produktivitätsvolumen aufgrund der langsamen Biomassebildung. Der Biomassegewinn kann mit maßgeschneiderten Medien verbessert werden, die entweder durch aufwendige Trial-and-Error-Experimente oder durch systematische, rationale Planung mittels mechanistischer Modelle, die Nährstoffverbrauch und Biomassebildung miteinander verknüpfen, entwickelt werden können. Hier haben wir einen iterativen Experiment-Modellierung-Optimierung-Workflow entwickelt, um ein solches Modell und dessen Vorhersagen schrittweise zu verbessern. Als Basis dienten dazu Datensammlungen zum Makronährstoffverbrauch (Saccharose, Ammonium, Nitrat und Phosphat) der BY-2-Zelle und Biomassebildung.

Die Biomassebildung wurde durch ein unstrukturiertes segregiertes mechanistisches Modell vom Monod-Typ gut vorhergesagt, sofern die Nährstoffkonzentrationen nicht gegen Null gingen (wir haben das Phosphat weggelassen, da es völlig verbraucht war). Die multikriterielle Optimierung für die Saccharose- und Biomassebildung ergab den besten Ausgleich (im paretschen Sinne) zwischen maximalem Biomassertrag und minimaler Prozesszeit durch die Verringerung der anfänglichen Saccharosekonzentration. Gleichzeitig konnte die Inokulationsbiomasse erhöht werden, um den Biomassertrag zu maximieren oder die Prozesszeit zu minimieren, was

wir in Kalibrierungsversuchen bestätigten. Insgesamt hat sich gezeigt, dass iterative Modelle zur systematischen Optimierung der Bedingungen für bioreaktor-basierte Prozesse verwendet werden können.

**Nausch, H.,** Baldan, M., Teichert, K., Lutz, J., Claussen, C., Bortz, M., & Buyel, J. F. Simulation and optimization of nutrient uptake and biomass formation using a multi-parameter Monod-type model of tobacco BY-2 cell suspension cultures in a stirred-tank bioreactor (2023) *Frontiers in Plant Science*, 14. DOI





Befällt *Cuscuta* Nutzpflanzen, sind oft Ertragseinbußen die Folge. Das Verständnis der Blühinduktion des Parasiten könnte ein Schlüssel zur Bekämpfung sein.«

PD Dr. Gundula Noll, Fraunhofer IME in Münster

Blühende Teufelszwirne, mit ihren fadenartigen Stängeln verzweigen sie sich stark und winden sich um die Wirtspflanzen.



## Die Zähmung der Teufelszwirne - Blühzeitkontrolle von *Cuscuta* spp.

Teufelszwirn, auch *Cuscuta* genannt, sind einjährige Holoparasiten, die ihr Überleben sichern, indem sie ihren Wirtspflanzen Wasser und Nährstoffe entziehen. Hierfür besitzen sie spezielle Saugorgane, die Haustorien, die den vaskulären Kontakt zwischen Wirt und Parasit ermöglichen. Werden Nutzpflanzen befallen, sind oft hohe Ertragseinbußen die Folge. Die Pflanzen produzieren zudem große Mengen an Samen, die auch mehrere Jahre im Boden überdauern können, was sie zu einer doppelten Bedrohung für die globale Landwirtschaft macht.

Die Blühinduktion bei Pflanzen ist ein streng regulierter Prozess, in den zahlreiche exogene und endogene Signale integriert sind. Das molekulare Netzwerk ist von Art zu Art verschieden, doch zwei konservierte Proteine fungieren als Schlüsselregulatoren: FLOWERING LOCUS T (FT) und FD.

In ihrer aktuellen Publikation identifizierten die Wissenschaftler\*innen des Fraunhofer IME gemeinsam mit Kolleg\*innen der Universität Münster und der Humboldt-Universität Berlin das endogene FT-FD-Blütenmodul in der Art *Cuscuta campestris*. Sie wiesen die Expression zweier endogener *C. campestris* FT-Gene in den Haustorien der parasitären Pflanze nach, während das identifizierte FD-Homolog ubiquitär exprimiert wird. Zudem schalteten die Forschenden mittels Genome Editing

die zur Blühinduktion essentiellen Gene NtFT4 und NtFT5 in den Wirts-Tabakpflanzen aus, sodass diese Wirtspflanzen nicht blühen können. Werden diese Pflanzen von *C. campestris* parasitiert, blüht *C. campestris* genauso, wie bei der Parasitierung von Wildtyp-Wirten. Dies deutet darauf hin, dass die FT-Proteine des Wirts für den Parasiten nicht erforderlich sind, um den Übergang von der vegetativen in die reproduktive Phase zu initiieren.

Die Forschenden demonstrieren auch, dass die FTs von *Cuscuta* die nicht blühende Tabak-Mutante zur Blüte bringen konnte. Die Ergebnisse zeigen, dass *Cuscuta* spp. ein funktionales endogenes Florigen produziert, dass die Blühinduktion völlig unabhängig von Wirts-FTs induzieren kann.

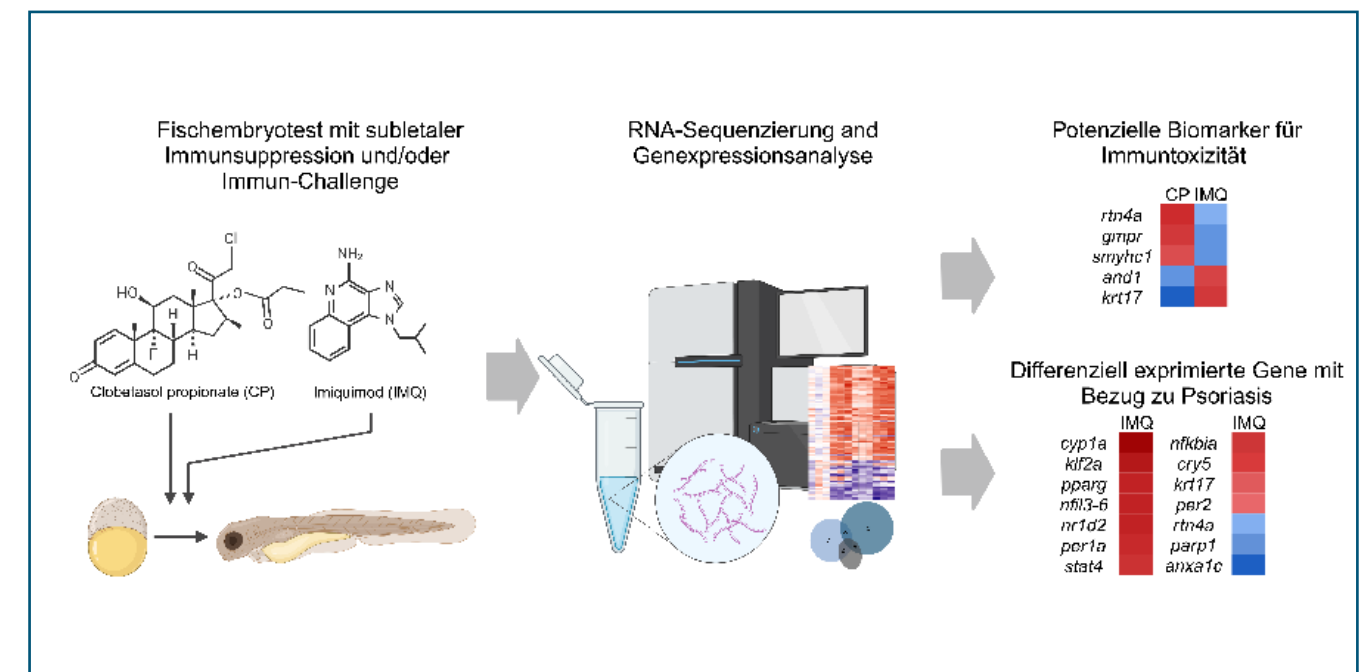
Mäckelmann, S., Känel, A., Kusters, L.M., Lyko, P., Prüfer, D., **Noll, G.A.**, Wicke, S. Gene complementation analysis suggests that dodder plants (*Cuscuta* spp.) do not depend on the host FT protein for flowering. (2024) Plant Commun DOI





Die Kombination aus Immune-Challenge und Toxikogenomik erlaubt die Identifizierung von Markergenen für die Umweltgefährdungsbeurteilung und die Untersuchung von Psoriasis.«

Benedikt Luckner, Fraunhofer IME in Schmallenberg



Arbeitsschritte zur Identifizierung von Markergenen für Immunsuppression und Psoriasis.

## Immune-Challenge Analysen im Zebrafisch Embryo Modell für Human- und Umweltfragestellungen

Obwohl zahlreiche Studien auf einen Zusammenhang zwischen chemischer Kontamination und einer Beeinträchtigung der Immunkompetenz von Wildtierpopulationen hindeuten, ist die Bewertung immunmodulatorischer Wirkungsweisen derzeit nicht in den regulatorischen Anforderungen für die Zulassung neuer Stoffe enthalten. Dies liegt nicht zuletzt an der Komplexität des Immunsystems und einem Mangel an standardisierten Methoden und validierten Biomarkern. Um dieses Problem anzugehen, haben wir die transkriptomischen Profile von Zebrafischembryonen als Reaktion auf den immunsuppressiven Wirkstoff Clobetasolpropionat, ein synthetisches Glukokortikoid, und/oder den immunstimulierenden Wirkstoff Imiquimod (IMQ) analysiert. IMQ ist ein Agonist des *Toll-like receptor 7* (TLR-7), welcher dafür bekannt ist, bei Mäusen und Menschen Schuppenflechte-ähnliche (Psoriasis) Effekte und Symptome hervorzurufen. Psoriasis ist eine nicht ansteckende Autoimmunerkrankung, welche sich hauptsächlich als entzündliche Hautkrankheit manifestiert. Die Forschung an dieser Erkrankung wird üblicherweise an einem entsprechenden Mausmodell durchgeführt. So zielte unsere Studie zusätzlich darauf ab, die Verwendbarkeit des Zebrafisch-Embryo-Modells als alternatives und 3R-konformes System für das IMQ-induzierte Psoriasis-Mausmodell zu bewerten.

Wir haben fünf neue Biomarker-Kandidaten für die Immuntoxizität identifiziert, nämlich *krt17*, *rtn4a*, *and1*, *smhyc1* und *gmpr*, die dazu beitragen werden, dass die Immuntoxizität bei der Umweltverträglichkeitsprüfung neuer Substanzen in Zukunft verstärkt berücksichtigt wird. Unsere Ergebnisse stellen darüber hinaus neue Erkenntnisse dar, die darauf hindeuten, dass molekulare Schlüsselereignisse der Psoriasis im Zebrafischembryo induzierbar sein könnten. Aus diesen Gründen unterstützt unsere Studie das Zebrafisch-Embryomodell auf der einen Seite als ein vielversprechendes 3R-konformes, kosten- und zeitsparendes und zuverlässiges alternatives Modell für die Grundlagenforschung zur Pathogenese der Psoriasis und stellt andererseits eine Grundlage für die zukünftige Untersuchung immunotoxischer Wirkungen im Rahmen der stofflichen Umweltgefährdungsbewertung dar.

**Luckner, B.,** Essfeld, F., Ayobahan, S. U., Richling, E., Eilebrecht, E., Eilebrecht, S. Transcriptomic profiling of TLR-7-mediated immune-challenge in zebrafish embryos in the presence and absence of glucocorticoid-induced immunosuppression (2023) *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 266. DOI





Wir konnten die Wirkung von Fipronil in *Cloeon dipterum* umfassend charakterisieren und darüber hinaus ein geeignetes Testprotokoll für chronische Toxizitätstests validieren.«

Kirsten Germing, Fraunhofer IME in Schmallenberg



*Cloeon dipterum*-Larve (links) und Imago (rechts).

## Chronische Toxizität und Genexpressionsanalyse in *Cloeon dipterum*

Die Larven der Eintagsfliegen leben in verschiedensten Gewässern und übernehmen dort wertvolle Ökosystemdienstleistungen. Einige Studien haben gezeigt, dass Vertreter dieser Ordnung besonders sensitiv gegenüber verschiedenen Umweltschadstoffen sind. Toxizitätstests mit Eintagsfliegen sind bisher jedoch kaum in der Literatur verfügbar.

Um diese Forschungslücke zu adressieren, war das Ziel unserer Arbeit, die Eignung eines Testsystems mit den Larven von Eintagsfliegen (initial entwickelt vom Forschungsinstitut gaia) zu untersuchen. In einem Langzeitexpositionstest über 38 Tage konnten wir erfolgreich die Testung auf chronische Toxizität mit der Eintagsfliegenart *Cloeon dipterum* implementieren. Es wurde fast die gesamte Lebensspanne des Organismus von einem jungen Larvenstadium bis zur Emergenz untersucht, und es konnten Effekte des Insektizids Fipronil auf die Larvenentwicklung, die Emergenz und die Mortalität beobachtet werden.

Im zweiten Schritt führten wir einen Kurzzeitexpositionstest über nur sieben Tage durch, in dessen Anschluss Veränderungen im Transkriptom der Larven untersucht wurden, um die chronischen Effekte um die molekulare Untersuchung von Wirkmechanismen zu ergänzen. Dabei stellten wir veränderte

Genexpressionsprofile der substanzexponierten Larven im Vergleich zu den Kontrollen fest. So konnten wir einerseits die subletale Wirkung von Fipronil, die im Langzeitexpositionstest erfasst wurde, bereits nach einer deutlich kürzeren Testdauer bestätigen und andererseits für den neurotoxischen Wirkmechanismus von Fipronil potentielle Markergene in *C. dipterum* identifizieren. In Kombination mit dem Langzeitexpositionstest konnten wir somit die Wirkung von Fipronil in *C. dipterum* umfassend charakterisieren und darüber hinaus ein geeignetes Testprotokoll für chronische Toxizitätstests mit dieser Eintagsfliegenart validieren.

**Germing, K.,** Ayobahan, S.U., Reinwald, H., Vogt, M., Ringbeck, B., Göckener, B., Eilebrecht, E., Kosak, L., Eilebrecht, S.

Chronic toxicity testing including transcriptomics-based molecular profiling in *Cloeon dipterum* (2023) Environmental Sciences Europe. DOI





Wir haben eine Kategorisierung für biozide Wirkstoffe entworfen, die eine gezieltere Berücksichtigung von Desinfektions-Nebenprodukten bei der Umweltrisikobewertung ermöglicht.«

Dr. Michael Hüben, Fraunhofer IME in Schmallenberg

*Mögliche Eintragspfade von DNP in die Umwelt bei einer Stalldesinfektion sind direkte Verflüchtigung oder die Ausbringung der Gülle auf Felder.*



## Bewertung des Umweltrisikos von Desinfektions-Nebenprodukten

Eine große Vielfalt von Bioziden, vor allem Desinfektions- und Schutzmittel, kommt während ihrer Anwendung mit organischen Matrices in Kontakt und kann anschließend in die Umwelt gelangen. Gleichzeitig sind biozide Wirkstoffe über unterschiedliche Prinzipien chemisch hoch reaktiv. Mögliche Reaktionsprodukte, sogenannte Desinfektions-Nebenprodukte (DNP), die während der Desinfektion entstehen, müssen bei der Umweltrisikobewertung des betreffenden bioziden Wirkstoffs berücksichtigt werden.

Mit der chemischen Strukturvielfalt der Wirkstoffe und den variierenden Bedingungen bei den Anwendungen, die Mensch- und Tierhygiene genauso umfassen wie die Desinfektion von Schwimmbädern, Krankenhäusern und Industrieanlagen, stellt sich die Umweltrisikobewertung einer sehr komplexen Fragestellung. Die hierzu bestehende EU-Richtlinie liefert zwar einen sinnvollen Rahmen, aber wird der Komplexität der Fragestellung im Detail nicht gerecht. So werden nicht alle relevanten Wirkstoffe und Anwendungen erfasst. Im Ergebnis wird derzeit keine EU-weit harmonisierte, wissenschaftlich fundierte Umweltrisikobewertung von DNP durchgeführt.

Als Teil eines vom Umweltbundesamt initiierten Forschungsvorhabens werteten wir daher wissenschaftliche Publikationen sowie Informationen aus der ECHA-Stoffdatenbank aus, kategorisierten biozide Wirkstoffe anhand ihres DNP-Bildungspotentials und schlugen darauf basierend ein Schema für eine harmonisierte und vereinfachte Umweltrisikobewertung von DNP vor. Gleichzeitig konnten wir relevante Datenlücken bezüglich der DNP-Bildung aufzeigen, die für eine Fortentwicklung der Umweltrisikobewertung von DNP adressiert werden sollten.

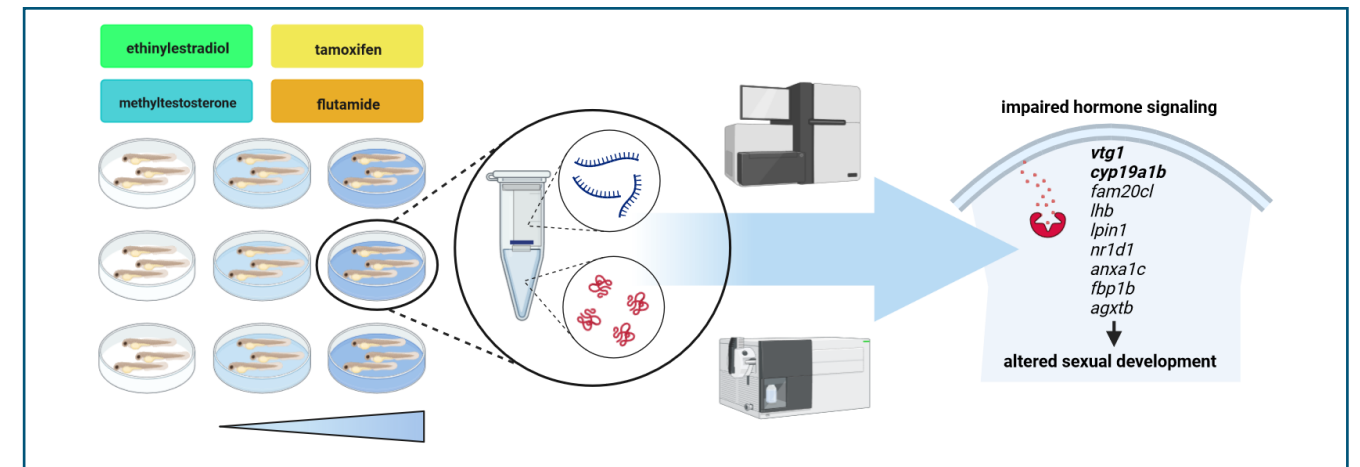
Usman, M., **Hüben, M.**, Hahn, S., Wieck, S., Kehrer-Berger, A., Linnemann, V., Wintgens, T.  
Evaluation of the DBP formation potential of biocides and identification of knowledge gaps in environmental risk assessment (2023) Environmental Sciences Europe. DOI





Wir nutzen Genexpressionsprofile zur Identifikation von Screening-Biomarkern bei Störungen des Sexualhormonsystems, um eine Priorisierung in regulatorischen Tests vornehmen zu können. Dadurch kann die Anzahl der Tierversuche verringert werden.«

Dr. Steve Ayobahan, Fraunhofer IME in Schmallenberg



Toxikogenomische Fingerabdrücke in Zebrafischembryonen erlauben die Identifizierung vielversprechender Biomarker-Kandidaten für die Erfassung endokriner Gefahren von Verbindungen auf molekularer Ebene.

## Molekulare Marker für sexual-endokrine Disruption im embryonalen Zebrafisch

Endokrine Disruptoren (EDs), die das Sexualhormonsystem eines Organismus beeinflussen, können lang anhaltende negative Auswirkungen auf die Fortpflanzung sowohl beim Menschen als auch in der Umwelt haben. Indem sie entweder Hormone imitieren oder deren Rezeptoren hemmen, stören diese Chemikalien die normalen Prozesse der Hormonproduktion und -verteilung, des Stoffwechsels, der Ausscheidung sowie der Aktivität, was schließlich zu negativen Auswirkungen auf Populationen und ganze Ökosysteme führt. Aus diesen Gründen verhindern die Eigenschaften von EDs, dass ein Stoff für das Inverkehrbringen zugelassen wird. Die behördliche Bewertung der Eigenschaften von EDs ist aufgrund der komplexen Natur des endokrinen Systems, der niedrigen Testkonzentrationen und der Notwendigkeit, auf Populationsebene zu testen, eine große Herausforderung. Auch die Entwicklung einer einheitlichen, standardisierten Methodik zur Untersuchung endokriner Störungen ist eine schwierige Aufgabe für die ökotoxikologische Risikobewertung.

In dieser Studie wird ein neuer Ansatz für das Screening auf endokrine Störungen vorgeschlagen, der darauf abzielt, die bestehenden Hürden zeitaufwändiger, kostspieliger und tierzentrierter Bewertungen für die Priorisierung von Substanzen in regulatorischen Tests zu überwinden. Wir schließen diese Lücke, indem wir subletale Zebrafisch-Embryotests mit Transkriptomik und Proteomik kombinieren, um prädiktive Genexpressions-Biomarker für sexuelle endokrine Disruption zu identifizieren. Unter Verwendung

gut charakterisierter Referenzsubstanzen (Ethinylestradiol, Tamoxifen, Methyltestosteron und Flutamid) wurden spezifische Genexpressionssignaturen und damit verbundene biologische Prozesse 96 Stunden nach der Befruchtung identifiziert. Unsere Ergebnisse liefern eine vielversprechende Reihe von Biomarker-Kandidaten, die in der Lage sind, zwischen Östrogen- und Androgenrezeptor-Agonismus und -Antagonismus zu unterscheiden. Darüber hinaus hat die vorgeschlagene Evaluierung dieser Biomarker in vorregulatorischen, auf Zebrafischembryonen basierenden Assays das Potenzial, endokrin wirksame Gefahren auf molekularer Ebene aufzudecken, was einen zusätzlichen *weight of evidence* für konventionelle Testmethoden darstellt. Dieser Ansatz bietet nicht nur einen robusten Rahmen für das Screening auf mutmaßliche EDs, sondern stellt auch einen bedeutenden Schritt zur Verringerung der Abhängigkeit von Tierversuchen in höherstufigen Studien und zur Verbesserung der regulatorischen Ergebnisse dar.

**Ayobahan, S. U.**, Alvincz, J., Reinwald, H., Strompen, J., Salinas, G., Schäfers, C., Eilebrecht, E., Eilebrecht, S. Comprehensive identification of gene expression fingerprints and biomarkers of sexual endocrine disruption in zebrafish embryo (2023) *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 250. DOI





Nur wenn die Entwicklung neuer Antibiotika mit verantwortungsvoller Verwendung einhergeht, können wir uns auch in Zukunft gegen bakterielle Infektionskrankheiten schützen.«

Dr. Michael Marner, Fraunhofer IME in Gießen



Unser Forscherteam hat einen neuartigen Wirkstoff optimiert, der Antibiotika-resistente Gram-negative Erreger angreift.

## Hoffnung im Kampf gegen Antibiotika-resistente Krankheitserreger

Die Ausbreitung von Antibiotika-resistentesten Mikroorganismen bedroht das Fundament der modernen Medizin. In unsere Studie haben wir die Wirksamkeit von neu-lizenzierten Reserveantibiotika gegen >60 klinische *Pseudomonas* Isolate getestet und stellten fest, dass jedes zweite Isolat gegen mindestens eines der Medikamente resistent war. Das ist besonders alarmierend, da die meisten Isolate mehrere Jahre vor der klinischen Verwendung der untersuchten Reserveantibiotika aus Patienten entnommen wurden. Da die Struktur und Wirkweise sehr ähnlich zu schon umfangreich verwendeter Antibiotika ist, können sich Krankheitserreger also mit »klassischen« Resistenzmechanismen gegen viele erst kürzlich zugelassene Reserveantibiotika schützen.

Im Gegensatz dazu haben wir in dieser Studie, basierend auf dem Naturstoff Darobactin A, zwei biotechnologisch optimierte Wirkstoffvarianten hergestellt. Generell sind Darobactine spezialisierte Naturstoffe, die eine pharmazeutisch bisher ungenutzte Zielstruktur – den BAM ( $\beta$ -barrel assembly machinery) Proteinkomplex, der für das Überleben von Gram-negativen Bakterien essentiell ist, attackieren. Wir konnten einerseits den

Zugang zu der in Natur vorkommenden Variante Darobactin B ermöglichen und weiterhin gezielte Modifikation in der Molekülstruktur vornehmen. Folgend haben wir für unsere neuen Darobactine – im Vergleich zu den lizenzierten Reserveantibiotika – teilweise stärkere Wirksamkeit gegen die klinischen *Pseudomonaden* beobachtet. Vorteilhafte ADME-Tox Eigenschaften erlauben uns aktuell die Eignung von Darobactin B für die Behandlung von *P. aeruginosa* induzierter Pneumonie in vivo zu untersuchen.

Die Entwicklung neuer Antibiotika, wie Darobactin B, ist für das Gesundheitssystem der Zukunft essentiell, muss aber mit flächendeckenderen Maßnahmen zur verantwortungsvollen Verwendung im Kampf gegen resistente Krankheitserreger kombiniert werden.

**Marner, M.**, Kolberg, L., Horst, J., Böhringer, N., Hübner, J., Kresna, I.D.M., Liu, Y., Mettal U, Wang, L., Meyer-Bühn, M., Mihajlovic, S., Kappler, M., Schäberle, T.F., von Both, U. Antimicrobial Activity of Ceftazidime-Avibactam, Ceftolozane-Tazobactam, Cefiderocol, and Novel Darobactin Analogs against Multidrug-Resistant *Pseudomonas aeruginosa* Isolates from Pediatric and Adolescent Cystic Fibrosis Patients (2023). *Microbiology Spectrum*, 11 (1). DOI

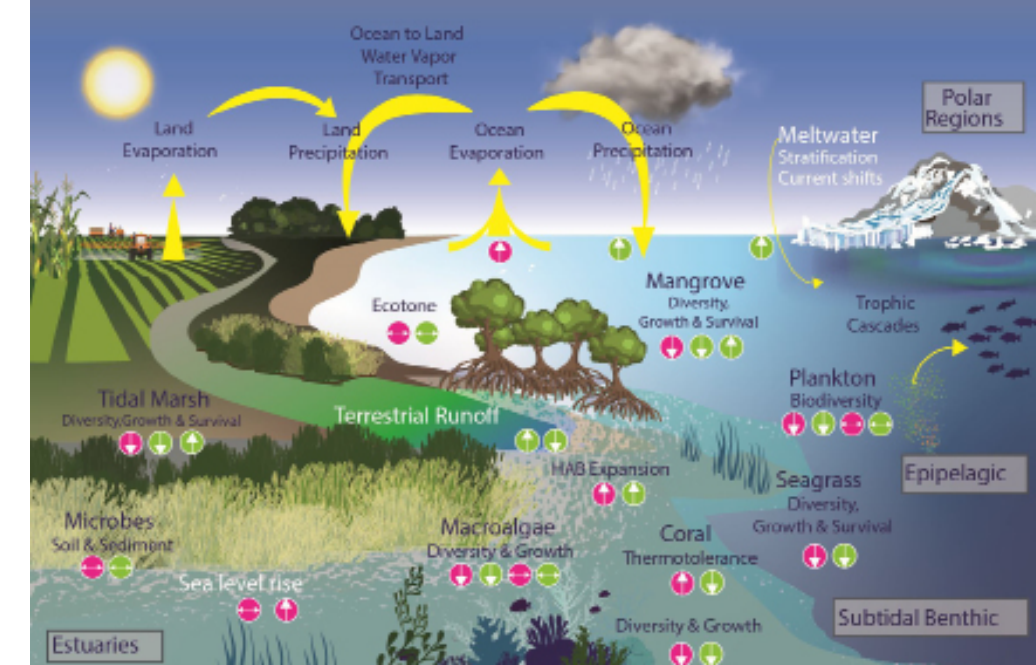




Unsere Arbeit zeigt, dass die Salinität ein essentielles Klimawandel-Thema ist. Während wir recht gut wissen, wie sich verändernde Temperaturen, Versauerung und Nährstoffe auf Ozean- und Küstenökosysteme auswirken, sind die Effekte menschengemachter Veränderungen der Salinität gravierend vernachlässigt – obwohl der Salzgehalt für alle Arten von Organismen, einschließlich Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen, entscheidend ist.«

Dr. Till Röthig, Fraunhofer IME in Gießen

Menschengemachte Veränderungen des Wasserkreislaufes verändern den Salzgehalt der Weltmeere und beeinflussen Ökosysteme und Schlüsselorganismen



## Salinitätsveränderungen bedrohen die Weltmeere und die Artenvielfalt

Ein internationales Forscherteam enthüllt die kritische, jedoch schlecht erforschte Rolle des Salzgehaltes, auch Salinität genannt, in einem sich verändernden Ozean. Die Studie zeigt auf, wie Veränderungen des Salzgehalts potenziell verheerende Auswirkungen auf die lebenswichtigen Ökosysteme und die davon abhängigen Küstenkommunen haben können.

Küstennahe Lebensräume, bekannt für ihre hohe Produktivität, sind besonders anfällig für die Auswirkungen von Salinitätsveränderungen. Hier können klimabedingte Variationen im Niederschlag zu extremen Überschwemmungs- und Dürreereignissen führen, die die Verfügbarkeit von Süßwasser und folglich die Ökosysteme beeinflussen. Darüber hinaus verschärfen lokale menschliche Aktivitäten wie Veränderungen in der Landnutzung, Urbanisierung oder Flussregulierung die Herausforderungen für Küstenregionen.

Marine Organismen sind darauf ausgerichtet, in salzigen Umgebungen zu leben, wodurch Salinität ein zentraler Faktor für viele Stoffwechselprozesse ist. Der Salzgehalt interagiert auch mit anderen physikalischen und chemischen Eigenschaften wie Temperatur und Sauerstoffgehalt. Gleichzeitig formt er so die physikalische Umgebung des Ozeans und treibt beispielsweise globale Meeresströmungen an. Die Forscher warnen davor, dass Salinitätsveränderungen voraussichtlich gemeinsam mit der Erwärmung der Ozeane, der Sauerstoffabnahme, der Nährstoffanreicherung und den durch Klimawandel und menschliche Aktivitäten verursachten erhöhten Sedimentlasten zunehmen werden. Durch Erwärmung, Süßwasserzufuhr und Salinitätsveränderungen steigt der Meeresspiegel an, der zu einem Eindringen von Salzwasser in

küstennahe und tiefliegende Gebiete führt und dort die Ökosysteme massiv beeinträchtigt.

Die Autoren betonen die Dringlichkeit, diesen salinitätsbezogenen Herausforderungen zu begegnen, um marine und küstennahe Ökosysteme und die Biodiversität zu schützen. Sie heben die Verletzlichkeit ausgewählter Lebensräume und deren Schlüsselorganismen wie Mikroorganismen, Plankton, Korallen, Mangroven, Makroalgen und Seegras hervor und verdeutlichen die Abhängigkeit der Menschen von diesen Systemen.

Röthig, T., Trevathan-Tackett, S.M., Voolstra, C.R., Ross, C., Chaffron, S., Durack, P.J., Warmuth, L.M., Sweet, M. Human-induced salinity changes impact marine organisms and ecosystems (2023) Global Change Biology, 29 (17). DOI





Schlängengifte sind eine wichtige Quelle für neue Bioressourcen. Tiefere Einblicke in ihre Zusammensetzung und Wirkung ermöglichen zudem eine verbesserte Bissbehandlung.«

Lennart Schulte, Fraunhofer IME in Gießen



Milos Viper in ihrem natürlichen Habitat auf Milos.

## Schlängengifte – Zwischen Gefahr und Gelegenheit

Schlangen lösen Faszination und Schrecken in uns Menschen aus. Sie sind Teil von Mythen und Legenden. Dies liegt zum Teil an ihrem erheblichen Gefahrenpotenzial, vor allem für Bewohner der Tropen und Subtropen. Grund dafür ist, dass einige Arten Gifte zum Beutefang und zur Verteidigung einsetzen. Diese Gifte sind komplexe Gemische voller hochpotenter Biomoleküle, welche verheerende bis tödliche Schäden anrichten können, sich allerdings auch in neue Wirkstoffe übersetzen lassen.

In unserer Arbeitsgruppe untersuchen wir die Giftzusammensetzung, deren Wirkungsweise und das Anwendungspotenzial der Biomoleküle. Die Milos Viper (*Macrovipera schweizeri*) ist eine der größten Giftschlangen Europas und eine Schwesternart der Levante Viper (*M. lebetinus*), der gefährlichsten Schlange Europas. Die Zusammensetzung des Giftcocktails der Milos Viper wurde bislang jedoch noch nicht aufgeklärt. Durch Massenspektrometrie konnten wir sie entschlüsseln und so mit dem Giftcocktail der Levante Viper vergleichen. Des Weiteren konnten wir die Aktivität beider Arten in Bioassays vergleichen. Der Vergleich offenbarte eine große Ähnlichkeit der Giftzusammensetzung und Aktivität. Insbesondere die Effekte auf Säugetierzellen und die vergleichbare Proteaseaktivität zwischen Milos- und Levante Viper deuten darauf hin, dass auch der Biss einer Milos Viper verheerende Schäden anrichten kann. Es gelang uns weiterhin, die Anwesenheit von antibakteriellen Komponenten im Milos Viper Gift nachzuweisen,

weshalb wir die Wirkung des Gifts auf verschiedene Bakterien testeten. Dabei zeigten sich wachstumshemmende Effekte gegen einige Krankheitserreger (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* und *S. epidermidis*). Ob und wie die Toxine der Milos Viper in Zukunft als Antibiotika eingesetzt werden könnten, ist jedoch fraglich und bedarf weiterer Untersuchungen.

**Schulte, L.,** Damm, M., Avella, I., Uhrig, L., Erkoç, P., Schiffmann, S., Fürst, R., Timm, T., Lochnit, G., Vilcinskas, A. and Lüddecke, T.

Venomomics of the milos viper (*Macrovipera schweizeri*) unveils patterns of venom composition and exochemistry across blunt-nosed viper venoms. (2023) *Frontiers in Molecular Bioscience*, 10. DOI





**Weit über 1 000 Hektar Ackerfläche sind in einem deutschen Schadensfall mit umweltschädlichen PFAS belastet. Das Wissen um Prozesse im Boden hilft, Umwelt und Mensch zu schützen.«**

**Ausgewählte Promotionsarbeit**

**Dr. René Lämmer**



**Gekommen, um zu bleiben? Zum Verhalten von PFAS in Ackerböden**

Über die als »Ewigkeitschemikalien« bekannten per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, kurz »PFAS«, wird unlängst vermehrt in den Medien berichtet. In seiner Doktorarbeit hat sich Dr. René Lämmer vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME in Schmallenberg mit dem Verhalten dieser bedenklichen Substanzen in der Umwelt beschäftigt.

PFAS sind eine Gruppe rein menschengemachter Substanzen, die aufgrund ihrer fett-, schmutz- und wasserabweisenden Eigenschaften in vielen Verbraucherprodukten eingesetzt werden, etwa in Lebensmittelverpackungen oder Beschichtungen von Pfannen und Outdoorbekleidung. Trotz ihres Nutzens und ihrer vielen Einsatzgebiete sind PFAS umstritten: Die Moleküle können auf natürlichem Wege kaum abgebaut werden, daher gelten viele Vertreter als umweltschädlich. Durch die für einzelne Verbindungen nachgewiesenen toxischen und bioakkumulativen Eigenschaften können sich nachteilige gesundheitliche Effekte auf Mensch und Tier ergeben.

Aus diesem Grund erfuhr das Bekanntwerden eines Schadensfalls in Baden-Württemberg, bei dem mehr als 1 000 Hektar landwirtschaftlich genutzte Flächen mit PFAS kontaminiert worden sind, große Beachtung. Untersuchungen zur aktuellen Belastung sowie zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Schadensfalls waren notwendig. In diesem Zusammenhang untersuchte Dr. Lämmer in seiner Promotionsarbeit das Umweltverhalten ausgewählter Vertreter der PFAS-Substanzklasse. Hierbei konnte er nachweisen, dass es bei bestimmten PFAS zu einem teilweisen Abbau im Boden kommt, während stabilere Vertreter auch noch nach mehreren Jahren unverändert vorliegen. Die Verbindungen können im Laufe der Zeit durch den Boden migrieren und somit in das Grundwasser gelangen. Aus Pflanzversuchen ging hervor, dass bestimmte PFAS aus dem Boden in Maispflanzen aufgenommen werden können und sich stark in den Blättern anreichern. Hierdurch können sie über kontaminierte Futtermittel in die Lebensmittelkette gelangen. Da durch den Konsum von belastetem Wasser und pflanzlichen sowie tierischen Lebensmitteln ein gesundheitliches Risiko für Mensch und Tier besteht, müssen künftige Umweltkontaminationen mit PFAS durch regulatorische Maßnahmen verhindert werden.

Die Promotion entstand innerhalb des BWPLUS-Programms und wurde von Prof. Dr. Mark Bücking vom Fraunhofer IME und Prof. Dr. Hans-Willi Kling von der Bergischen Universität Wuppertal betreut.

**Lämmer, R.**  
 Untersuchungen zum Sorptions- und Transferverhalten von Perfluoralkylsäuren und ausgewählten Polyfluoralkylphosphatdiestern in den Wirkungspfaden Boden - Nutzpflanze und Boden - Grundwasser vor dem Hintergrund bestehender Schadensfälle (2023) DOI



## Im Gespräch

mit Dr. Julius Ngwa Che &  
Dr. Monika Konarzycka-Bessler



Dr. Che Julius Ngwa wurde in Kamerun geboren und machte an der Universität von Buea seinen Masterabschluss. Im Jahr 2010 erhielt er ein Doktoranden-Stipendium der deutschen Exzellenzinitiative an der Graduate School of Life Sciences der Universität Würzburg und promovierte im Jahr 2013 im Bereich Molekulare Zellbiologie. Im Anschluss ging er als Postdoc an das Institut für Molekulare Biotechnologie der RWTH Aachen University. Ab 2016 war er Gruppenleiter in der Abteilung für Zelluläre und Angewandte Infektionsbiologie der RWTH Aachen University. In dieser Zeit erhielt er einige Drittmittelförderungen und veröffentlichte über 30 Publikationen in Peer-Review-Fachzeitschriften. Seit Mai 2023 ist Dr. Ngwa Leiter der Arbeitsgruppe »Cultured Meat« in der Abteilung Neue Agrarsysteme am Fraunhofer IME in Aachen.



Dr. Monika Konarzycka-Bessler wurde in Polen geboren und studierte technische Chemie an der Technischen Universität Warschau. 2000 kam sie nach Deutschland, wo sie im Bereich Biokatalyse an der Universität Greifswald ihre Promotion zum Thema »High-throughput screening and application of hydrolases for chemo- and enantioselective reactions« begann und 2004 ihren Dokortitel erhielt. Im Anschluss war Dr. Konarzycka-Bessler als Postdoc am Institut für Molekulare Enzymtechnologie des Forschungszentrums Jülich tätig. 2009 ging sie mit ihrer Familie in die USA, wo sie eine Zeit lang bei der Firma Henkel neue Kosmetikformulare entwickelte. Nachdem die Familie nach Deutschland zurückgekehrt war, arbeitete Dr. Konarzycka-Bessler wieder als Forscherin, zunächst am Institut für Biochemie II der Universität Düsseldorf. 2016 zog sie mit ihrer Familie nach Aachen, wo sie bei der Dalli Group in der Abteilung Quality Management und anschließend in der Abteilung Regulatory arbeitete. 2019 verwirklichte sie ihren langjährigen Traum und gründete ihre eigene Kosmetikfirma, die aber durch die Corona-Pandemie aufs Eis gelegt werden musste. Seit April 2023 ist Dr. Konarzycka-Bessler Leiterin der Arbeitsgruppe »Single Cell Protein« in der Abteilung Neue Agrarsysteme am Fraunhofer IME in Aachen.



### Was genau versteht man unter »Cultured Meat« und »Single Cell Protein«?

**Che Julius Ngwa:** Als »Cultured Meat« bezeichnet man Fleisch, das aus in vitro-kultivierten Tierzellen hergestellt wird und den Prozess der Muskelzellbildung in Tieren nachahmt. Für die Herstellung von Cultured Meat wird zuerst eine Biopsie von einem Tier entnommen, ohne dieses zwangsläufig zu töten. Dann werden Stammzellen aus der Biopsie isoliert, die man im Anschluss kultiviert und auf ein Scaffold aussäht. Ein Scaffold ist ein 3D-Konstrukt, das die extrazelluläre Matrix imitiert, an der sich die Zellen in einem Bioreaktor anheften und schließlich in Muskelgewebe differenzieren, woraufhin es dann zu Fleisch weiterverarbeitet werden kann.

**Monika Konarzycka-Bessler:** »Single Cell Protein« umfasst die Produktion von essbaren Proteinen, die durch Mikroorganismen wie etwa Bakterien oder Hefen hergestellt werden. In unserem Fall produzieren diese Organismen ihre Proteine zum Zellwachstum in dem sie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) als primäre Kohlenstoffquelle nutzen. Die Mikroben produzieren dabei ihre Proteine in so hohem Maße, sodass diese in ihrer Gesamtheit als eine nachhaltige Proteinalternative für den Lebensmittelsektor dienen und in viele Lebensmittelprodukte weiterverarbeitet werden können – für Mensch oder Tier. Wir legen mit unseren Aktivitäten jedoch den Fokus auf Nahrungsmittel für Menschen.

### Wie ist Ihr Interesse für Ihre jeweiligen Forschungsfelder entstanden?

**Che Julius Ngwa:** Ich komme aus einer Region, in der Menschen viel Fleisch essen und ich selbst esse auch viel Fleisch. Jedoch ist die herkömmliche Fleischherstellung nicht nachhaltig, da sie unsere Umwelt schädigt und das meiste Land und Wasser nutzt. Hinzu kommen dann natürlich auch noch ethische und gesundheitliche Aspekte. Da ich aber weiterhin Fleisch essen möchte, muss ich also einen alternativen Weg finden, dieses nachhaltig und ethisch vertretbar zu produzieren. Daraus ist mein Interesse an Cultured Meat entstanden und weshalb ich mich entschlossen habe, diese Position hier am Fraunhofer IME anzunehmen.

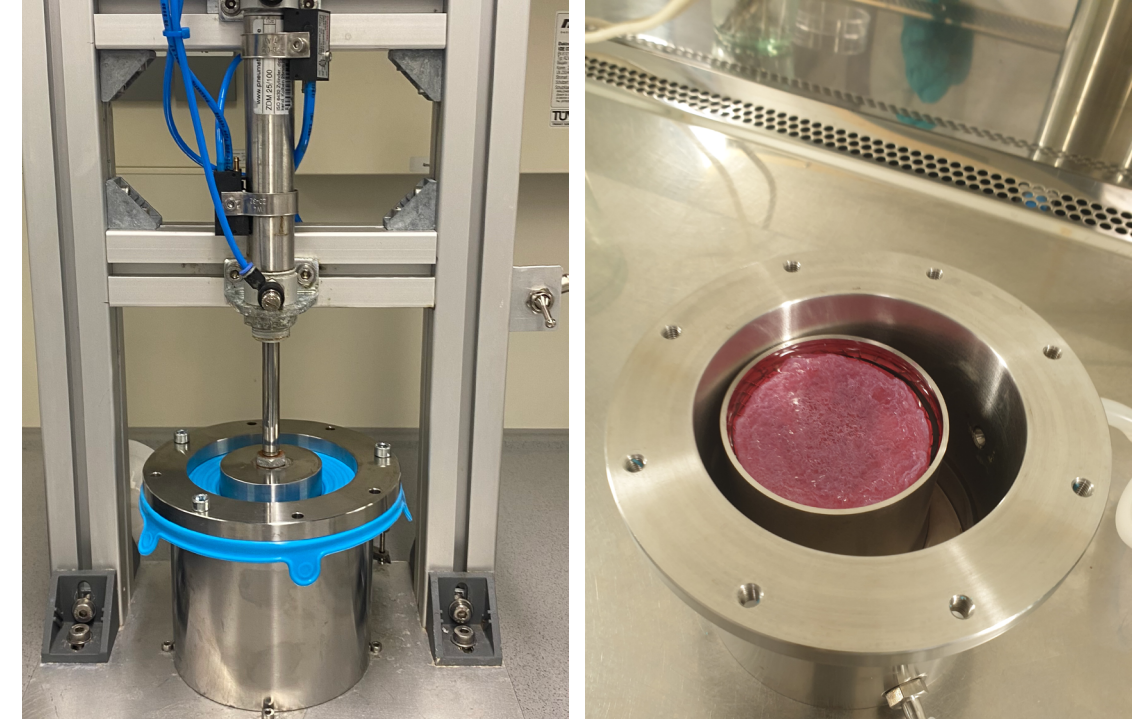
**Monika Konarzycka-Bessler:** Ich habe mich schon immer für Wissenschaft und Forschungsaktivitäten interessiert, die man in den Alltag einbringen kann. Ursprünglich wollte ich Ärztin werden, aber dazu ist es nie gekommen. In der Schule mochte ich Chemie sehr, insbesondere die organische Chemie, weshalb ich mich für ein Chemiestudium entschied. Später schlug ich dann die Richtung Biotechnologie ein, da ich es sehr interessant fand, mit Enzymen zu arbeiten. Die Biokatalyse war ein erster Schritt in diesen Bereich, anschließend dann auch kosmetische Chemie – zwei unterschiedliche Bereiche, die aber dennoch beide zur organischen Chemie gehören. Als ich Enzyme für die Biokatalyse entdeckte, fand ich das sehr interessant und begann schrittweise Mikroorganismen für verschiedene Zwecke zu nutzen. Einer dieser Zwecke ist es natürlich, essbare Proteine herzustellen und genau das mache ich als Leiterin der Arbeitsgruppe Single Cell Protein hier am Fraunhofer IME. Es ist ein sehr spannender Job für mich, da die Nutzung der biokatalytischen Prozesse von Bakterien bereits seit hunderten von Jahren in der Lebensmittelindustrie ihren Einsatz finden um Lebensmittel herzustellen oder geschmacklich zu verfeinern, die Nutzung von Bakterien als proteinhaltiges Endprodukt zur Weiterverarbeitung in Nahrungsmitteln bringt jedoch eine völlig neue Perspektive mit sich.

### Herr Ngwa, was sind die Herausforderungen bei der Herstellung von Cultured Meat?

**Che Julius Ngwa:** Damit Cultured Meat mit der herkömmlichen Fleischproduktion in den Wettbewerb treten kann, brauchen wir eine Preisparität, was bislang noch nicht der Fall ist. Das liegt daran, dass es während der gesamten Produktionskette Herausforderungen gibt. Um die Zelllinie für Cultured Meat zu entwickeln, nutzen wir aktuell vorwiegend Satellitenzellen, die irgendwann aufhören sich zu vermehren. Wie brauchen jedoch immortalisierte Zellen, die sich fortlaufend vermehren und differenzieren, um die Produktion zu erhöhen. Darüber hinaus benötigen wir

*Links:  
Bioreaktor, in dem Cultured Meat hergestellt wird.*

*Rechts:  
Scaffold mit Muskelzellen im Inneren des Bioreaktors aus denen Fleisch kultiviert wird.*



effiziente Bioreaktoren, die sich für die vermehrte Produktion von Cultured Meat eignen. Auch sind die Zellkulturmedien zur Wachstumsförderung der Zellen sehr teuer. In manchen Fällen dient fötales Kalbsserum als Wachstumsfaktor, das ebenfalls teuer und ethisch nicht vertretbar ist. Die Hauptherausforderung bei der Herstellung von Cultured Meat ist die Senkung der Produktionskosten.

### Kann man jede Fleischsorte mit verschiedenen Konsistenzen mit Cultured Meat replizieren?

**Che Julius Ngwa:** Ja, wir können das Fleisch von jedem Tier replizieren, solange wir die entsprechenden Zellen haben. Wir können auch den Geschmack des jeweiligen Fleisches so nachahmen, dass es genau wie das Echte schmeckt, da wir nicht nur die Muskelzellen, sondern auch die Fettzellen verwenden, die den Geschmack liefern. Auch können wir andere Substanzen und Ergänzungsmittel hinzufügen, damit der Nährwert erzielt wird, den Cultured Meat haben muss. Natürlich möchten wir auch die Konsistenz eines Steaks nachbilden. Hierbei kommen Scaffolds und Prozesse wie Bioprinting ins Spiel, da sie uns ermöglichen, ein Steak oder jede andere Fleischart zu formen. Das einfachste Produkt, das man erzielen kann, ist natürlich Hackfleisch.

### Wie sieht es mit Fisch aus?

**Che Julius Ngwa:** Auch das ist möglich und sogar sehr interessant. Es gibt viele Gruppen, die nach demselben Prinzip wie Cultured Meat auch an Cultured Fish arbeiten. Tatsächlich gibt es in Deutschland ein Unternehmen, das in diesem Bereich schon weit fortgeschritten ist. Ich habe gehört, dass die Fischzellen sogar besser funktionieren, da sie sich kontinuierlich vermehren und nicht verfrüht in die replikative Seneszenz gehen, bei der die Zellteilung und -vermehrung aufhört.

### Frau Konarzycka-Bessler, gibt es Bakterien, die sich ganz besonders gut für Single Cell Protein eignen?

**Monika Konarzycka-Bessler:** Ja, die gibt es. Die ersten Forschungsarbeiten zu Single Cell Protein wurden bereits in den 1950ern und 60ern durchgeführt. Damals war die Frage genau dieselbe: Wie können wir Menschen mit alternativen Nahrungsquellen versorgen? Aufgrund der hohen Kosten und der damaligen technischen Limitierungen wurde die Forschung nicht



weitergeführt, jedoch gaben die ersten Ergebnisse Hinweise darauf, wie wir heutzutage Single Cell Protein nachhaltig produzieren können – nicht nur in meiner Arbeitsgruppe, sondern weltweit. Zum jetzigen Zeitpunkt wissen wir, dass sich eine Bakteriengruppe namens »Knallgasbakterien« besonders gut eignet, da sie Proteine produzieren, die ein sehr ähnliches Profil wie das der tierischen Proteine besitzen. Das bedeutet, dass die meisten der essenziellen Aminosäuren die der Mensch nicht selbst herstellen kann und durch seine Nahrung aufnehmen muss bereits in den Bakterien in hohen Mengen vorhanden sind. Um aber mit Knallgasbakterien zu arbeiten, brauchen wir eine besondere Ausstattung, da mit höheren Mengen an CO<sub>2</sub> und Wasserstoff sowie etwas Sauerstoff gearbeitet wird – daher heißt es auch »Knallgas«, weil es zu Explosionen kommen kann und demnach entsprechende Sicherheitsmaßnahmen vonnöten sind.

Erste Proteine aus Knallgasbakterien sind für den gefahrlosen Verzehr zugelassen und einige globale Unternehmen verwenden diese bereits für Lebensmittelanwendungen - allerdings vorwiegend für Tiere. Ein finnisches Unternehmen ist hier jedoch schon weiter fortgeschritten und hat durch eine gezielte Prozessoptimierung ein bakterielles Proteinpulver erzeugt, welches die proteinhaltigen Zutaten in der Herstellung von menschlicher Nahrung wie Nudeln und zuletzt auch Eiscreme sowie Schokoladenriegel ersetzt. Eine Verkostung der ersten Produkte für Menschen hat im Frühjahr 2023 in Singapur stattgefunden.

Neben Knallgasbakterien, möchten wir am Fraunhofer IME auch Produktionsprozesse von Single Cell Protein mit anaeroben Bakterien untersuchen, die nur unter Ausschluss von Sauerstoff wachsen. Auch diese Organismen sind in der Lage Kohlenstoffdioxid aus der Luft zur Erzeugung von Biomasse zu verwerten – allerdings wachsen diese auch langsamer. Forschungen haben jedoch gezeigt, dass diese auch gut geeignete Produktionsorganismen zur Erzeugung von Lebensmittelproteinen darstellen. Aber das müssen wir noch genauer untersuchen.



Bei Single Cell Protein dient CO<sub>2</sub> als primäre Kohlenstoffquelle zur Herstellung von Proteinen.



Im Lebensmittelsektor kann Single Cell Protein in verschiedenen Formen genutzt werden: Als Pulver das man zuhause in sein Essen mischen kann oder als Bestandteil von verzehrfertigen Produkten wie Nudeln oder Eis.

#### Welche Produkte können durch Single Cell Protein für die Lebensmittelindustrie hergestellt werden?

**Monika Konarzycka-Bessler:** Von Fleischersatz bis hin zu Milch, Proteine für Backwaren oder Eiersatz – im Grunde alles, was Proteine beinhaltet.

#### Was sind die Vorteile von Cultured Meat und Single Cell Protein hinsichtlich Nachhaltigkeit?

**Che Julius Ngwa:** Es gibt einige Vorteile, beispielsweise weniger Treibhausgasemissionen und auch eine geringere Nutzung von Land, Wasser und Energie. Und dann ist da natürlich wieder der ethische Aspekt: Bei der herkömmlichen Fleischproduktion werden die Tiere oft in sehr unhygienischen Zuständen und überfüllten Ställen gehalten. Außerdem führt man diesen Tieren Antibiotika zu, was auf kurz oder lang die antibiotische Resistenz erhöht. Tiere können auch Krankheiten auf Menschen übertragen. Cultured Meat kann diese negativen Faktoren reduzieren und zum Teil sogar ganz beseitigen.

**Monika Konarzycka-Bessler:** Ein Vorteil von Single Cell Protein ist es, dass Bakterien wiederholt geerntet werden können, in manchen Fällen schon nach wenigen Tagen oder sogar Stunden. Wenn wir das mit der Landwirtschaft vergleichen, bei der Nahrung im Feld angebaut wird, gibt es dort nur eine begrenzte Anzahl an Ernten – manche Produkte können nur ein Mal im Jahr geerntet werden, während Salat natürlich häufiger geerntet werden kann aber einen deutlich geringeren Nährstoffgehalt aufweist. Wir haben es hier mit bakteriellen Proteinen zu tun, deren Herstellungsprozess aus mehreren Schritten besteht. Ausgehend von der Biomasseproduktion über eine Gasfermentationsanlage, über eventuell notwendige Extrahierung der Proteine gefolgt von einer abschließenden Reinigung und Trocknung der proteinhaltigen Biomasse. Der große Vorteil bei der bakteriellen Biomassenanreicherung ist es, dass diese das ganze Jahr über in bestimmten Räumen oder Anlagen gezüchtet werden können und damit ausfallsicher ohne Einschränkungen seitens der Natur, wie zum Beispiel Wetter- und Klimabedingungen, ihre Proteine produzieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass wir zusätzlich zu den pflanzenbasierten Fleischalternativen eine weitere Alternative zur Verfügung stellen können, sodass der Mensch eine größere Auswahl an Nahrungsmittelproteinen erhält. Was die Nachhaltigkeit angeht, so können wir das genutzte CO<sub>2</sub>, entweder aus



der Umwelt oder von Unternehmen, die CO<sub>2</sub> in ihren Prozessen produzieren, zur Produktion von Single Cell Protein nutzen und dadurch einen ökonomischen Kreislauf schaffen.

**Wie unterscheiden sich Produkte, die durch Cultured Meat und Single Cell Protein hergestellt werden, von anderen nicht-tierischen Alternativen wie Soja- oder Weizenprotein, die bereits auf dem Markt erhältlich sind?**

**Che Julius Ngwa:** Der größte Unterschied ist, dass Produkte, die auf Soja- oder Weizenprotein basieren, aus Pflanzen hergestellt werden. Cultured Meat wiederum nicht – es wird aus Tierzellen hergestellt, was bislang aber für den kommerziellen Zweck noch nicht zugelassen ist. Genau genommen wären Cultured Meat-Produkte ein exaktes Replika von natürlichem Fleisch, ohne das Tier dafür zu töten. Pflanzenbasierte Fleischalternativen hingegen sind sowohl geschmacklich als auch in ihrer Konsistenz immer noch anders.

**Monika Konarzycka-Bessler:** Genau wie Cultured Meat ist auch Single Cell Protein nicht pflanzenbasiert. Bakterien sind keine Pflanzen, sondern lebende Mikroorganismen, die in unserer Umwelt zu finden sind. Auch unterscheiden sich die Aminosäurebausteine in bakteriellen Proteinen, zu denen die man in Pflanzen findet. Somit erweitern bakterielle Proteine die auf dem Markt erhältliche Auswahl an essbaren Proteinen. Dabei kann Single Cell Protein in verschiedenen Formen genutzt werden, sei es als Pulver, das man zuhause in sein Essen mischen kann, oder als Bestandteil von verzehrfertigen Produkten wie Nudeln oder Molke.

**Gibt es technische Neuheiten, die für Cultured Meat und Single Cell Protein benötigt werden, an denen das Fraunhofer IME arbeitet?**

**Che Julius Ngwa:** Am Fraunhofer IME haben wir einen neuartigen, patentierten Bioreaktor entwickelt. Unsere Idee ist es, den Bioreaktor als Gefäß zu nutzen, das ein poröses Scaffold beinhaltet, an dem sich die Zellen anheften und vermehren können. Auf diesem Gefäß befindet sich außerdem eine Membrane, mit der es geschlossen wird. Ein integrierter Mechanismus sorgt dafür, dass das Scaffold von oben abwechselnd zusammengedrückt und wieder losgelassen wird, um Muskelzellaktivität zu simulieren. Während dies geschieht, fügen wir ein Medium hinzu, das die Zellen stimuliert, sodass Muskelfasern entstehen. Am Ende können wir dann unser Fleischstück daraus formen. Diese Bioreaktoren wollen wir parallelisieren, um die Produktion zu erhöhen.

**Monika Konarzycka-Bessler:** Zum jetzigen Zeitpunkt ist es schwierig über technische Neuheiten zu sprechen, da wir noch am Anfang unserer Aktivitäten sind. Wir arbeiten daran, Bakterienstämme in der Umwelt zu finden, die sich für unseren Prozess eignen. Was wir am Fraunhofer IME definitiv brauchen, ist ein spezieller Bioreaktor bzw. Fermenter, der explosionsicher ist. Es ist keine Neuheit, sondern eher eine Notwendigkeit. Es gibt bereits Gruppen, die mit Prozessen arbeiten, in denen niedrigere Mengen an Wasserstoff zum Einsatz kommen, weil sie eine sichere Umgebung ohne Explosionsrisiko schaffen wollen. Für uns wäre es gut, diesen Prozess genauer unter die Lupe zu nehmen. Im Moment warten wir auf die Ergebnisse von Experimenten, die uns Hinweise darauf geben werden, welche technische Prozessführung es in Zukunft bedarf.

**Denken Sie beide, dass alternative Proteinprodukte den Lebensmittelmarkt in der Zukunft beherrschen werden?**

**Che Julius Ngwa:** Ja, ich denke, dass alternative Proteine immer wichtiger werden. Vor allem im Hinblick auf Umwelt und Tierwohl sind sie viel nachhaltiger. Jedoch muss man dabei immer im Hinterkopf behalten, dass diese Alternativen womöglich nicht denselben Nährwert wie richtiges Fleisch haben. Daher ist es immer notwendig, diese Produkte auf die nötigen Nährstoffe für unsere Ernährung hin zu überprüfen und zu optimieren, bevor sie auf den Markt kommen. Gleichzeitig ist es aber auch ein kulturelles Thema, da der Verzehr von Fleisch in einigen Kulturen auf der

Welt fest verankert ist. Deshalb kann es sein, dass Cultured Meat oder andere Proteinalternativen in einigen Teilen der Welt keine Zustimmung finden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die gesellschaftliche Akzeptanz. Die Menschen müssen über den Verzehr von Lebensmitteln und Nachhaltigkeit aufgeklärt werden.

**Monika Konarzycka-Bessler:** Ich denke nicht, dass Proteinalternativen den Lebensmittelmarkt beherrschen werden. Natürlich gibt es einen Wandel im Essverhalten der Leute. Als ich Studentin war und zum Mittagessen in die Kantine ging, haben die Leute vorwiegend Fleischgerichte gegessen. Wenn ich heute in die Kantine gehe, sehe ich eine lange Schlange von Menschen, die für die vegetarischen Gerichte anstehen. Das ist ein erkennbar großer Unterschied. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass alles, was aus der Natur kommt, für uns das Beste ist – und Fleisch gehört auch dazu. Ich glaube nicht, dass die Tierschlachtung für unsere Nahrung jemals komplett verschwinden wird, weil wir so konditioniert wurden und uns seit Urzeiten so ernährt haben. Allerdings ist es gut, Alternativen zu haben, die uns eine persönliche Wahl lassen – entweder ist es einem recht, dass Tiere leiden, weil man ein Stück Fleisch möchte oder es ist einem nicht recht und man möchte Proteine konsumieren, die nicht von Tieren stammen. Es ist immer eine individuelle Entscheidung.



*Cultured Meat ist eine vielversprechende Methode, um eine nachhaltige und ethisch vertretbare Fleischproduktion der Zukunft zu gewährleisten.*



## Menschen und Ereignisse

---



### Feierliche Eröffnung des Labor-Großbaus in Schmallenberg mit Ministerpräsident Wüst

Das Fraunhofer IME in Schmallenberg konnte am 1. Juni 2023 seinen Laborneubau mit zahlreichen Gästen feierlich eröffnen. Der Neubau mit einer Laborfläche von über 3 300 m<sup>2</sup>, die zu zwei Dritteln im radioaktiven Überwachungsbereich liegen, wurde mit einem Volumen von 32 Mio. Euro durch Bund und Land finanziert und konnte nach 10-jähriger Planungs- und Bauzeit in einem Teilbereich bezogen werden. Grußworte von Hendrik Wüst, Ministerpräsident des Landes Nordrhein-Westfalen, Prof. Dr. Axel Müller-Groeling (Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft), Prof. Dr. Tanja Schwerdtle (Vizepräsidentin des Bundesinstitut für Risikobewertung) und Tatjana Sikuljak (Vice President Regulatory Science Crop Protection, BASF SE) sowie eine Videobotschaft von Prof. Dr. Ulrich Rüdiger (Rektor der RWTH Aachen University) begleiteten die Feierlichkeiten. Im Laufe des Jahres konnte Institutsleiter Prof. Dr. Christoph Schäfers Prof. Dr. Rüdiger sowie die ebenfalls am Tage der Eröffnung verhinderten Vertreter des Umweltbundesamts Berlin als Gäste begrüßen und ihnen einen tiefen Einblick in unsere neue Infrastruktur vermitteln.

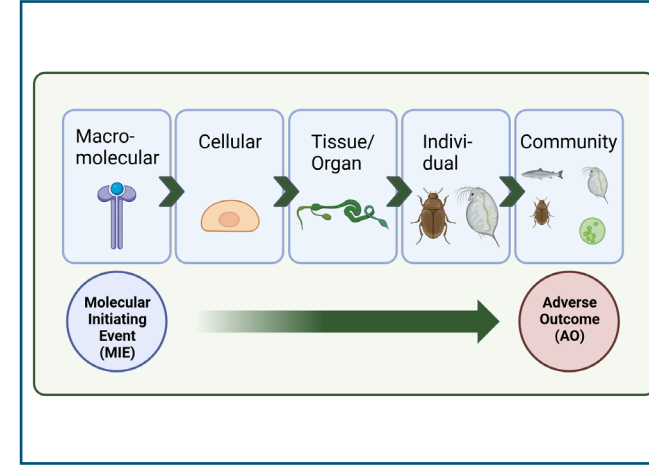
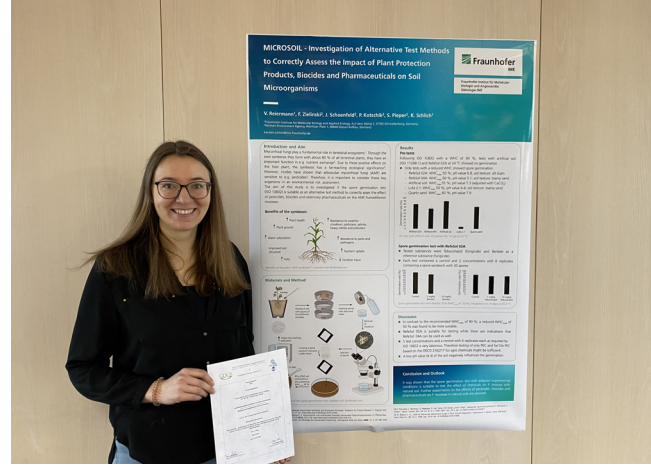


### Gesundheitslotsen am Standort Schmallenberg: Das Team4You

Seit Anfang 2023 gibt es in Schmallenberg das Team4you, eine Gruppe von Mitarbeitenden, die das Thema des betrieblichen Gesundheitsmanagement in den Fokus stellt. Wichtig ist dem Team4you der ganzheitliche Ansatz und damit die Förderung der psychischen, physischen und sozialen Gesundheit jedes Mitarbeitenden. Zudem gilt es, gesundheitsrelevante Informationen leichter zugänglich zu machen. Neben der bereits erfolgten Inbetriebnahme zweier Wasserspender sind unter anderem die Durchführung eines Gesundheitstages sowie das Anbieten verschiedener Sportkurse in Planung. Dank des Fraunhofer Förderprogramms zur Unterstützung institutsspezifischer Diversity-Maßnahmen steht die Nutzung des sogenannten Room4you unmittelbar bevor. Allem voran bietet der Room4you künftig Mitarbeitenden unterschiedlicher Kulturen einen Ort für Ruhe und Meditation sowie Besinnung durch das stille Gebet.

Professionell unterstützt werden die ausgebildeten Gesundheitslotsen durch externe Fachkräfte für psychosoziale Beratung der BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH. Darüber hinaus steht das Team4you in regem Austausch und kollegialer Zusammenarbeit mit weiteren institutseigenen Akteuren der Gesundheitsförderung, darunter Arbeitsschutzausschuss, Beauftragte für Chancengleichheit, Betriebsrat und Schwerbehindertenvertretung.





## Die Ökologie zwischen dem Fraunhofer IME in Schmallenberg und der RWTH Aachen University

Die Angewandte Oekologie des Fraunhofer IME hat eine lange Geschichte mit dem Lehrstuhl für Ökotoxikologie der RWTH Aachen University. Seit den 1990er Jahren besteht eine Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Prof. Toni Ratte auf dem Gebiet der Mesokosmos-Studien und der Modellierung, die mit dem RWTH-Anstitut gäic bis heute fortgeführt wird. So werden GLP Multisite-Studien unter der Leitung des an der RWTH promovierten IME-Mitarbeiters Dr. Udo Hommen durchgeführt. Von 2001 bis 2007 war der Inhaber des Ökotoxikologie-Lehrstuhls an der RWTH, Prof. Andreas Schäffer, zugleich Bereichsleiter der Angewandten Oekologie des Fraunhofer IME in Schmallenberg. Schon damals zeichnete sich durch den Ausbau des Personalbestands und des Forschungsprofils die weitere Entwicklung des Fraunhofer IME ab. Nach seinem Ausscheiden aus der Bereichsleitung versicherten sich beide Seiten der Fortführung der Zusammenarbeit, die zu gemeinsamen Projekten geführt hat. Auf der institutionellen Seite gab es mehrfach Gespräche zwischen der RWTH Aachen und dem Fraunhofer IME, die nach Prof. Schäffers Emeritierung Ende 2023 mit seinem Nachfolger, Prof. Thomas Backhaus, zwecks struktureller Wiederanbindung der Angewandten Oekologie aufgenommen wurden und vom Rektor der RWTH Aachen, Prof. Ulrich Rüdiger, unterstützt werden.

## Vivian Reiermann gewinnt Posterpreis der SETAC-GLB Konferenz in Basel

Immer mehr Schadstoffe belasten unsere Gewässer. Über eine erfolgreiche Teilnahme an der SETAC German Language Branch (GLB) im September 2023 in Basel konnte sich Frau Vivian Reiermann, Masterandin am Standort Schmallenberg, freuen. Ihre Präsentation der Zwischenergebnisse ihrer Masterarbeit war so überzeugend, dass Frau Reiermann mit dem Posterpreis ausgezeichnet wurde.

Vivian Reiermann arbeitet seit März 2023 an ihrer Masterarbeit im Rahmen des UBA Projektes MICROSOIL in der Arbeitsgruppe »Aquatische Primärproduzenten und Mikrobielle Diversität«. Dort werden aktuell alternative Testsysteme zur genaueren Bewertung des Einflusses von Pflanzenschutzmitteln, Tierarzneimitteln und Bioziden auf Bodenmikroorganismen gesucht. Eines der im Rahmen des Projekts identifizierten Testsysteme ist der Sporenkeimtest nach ISO 10832 (2011).

Ziel der Masterarbeit von Frau Reiermann ist es herauszufinden, ob der Sporenkeimtest mit dem arbuskulären Mykorrhizapilz *Funneliformis mosseae* ein im Vergleich zum Standardtest (OECD Richtlinie 216; N-Transformation Test) geeignetes, sensitives Testsystem für die Umweltrisikobewertung darstellt.

## Workshop zum Thema Endokrine Disruption bei Invertebraten

Am 6. Juni 2023 richtete die Abteilung Ökotoxikologie einen virtuellen Workshop mit dem Titel »Endokrine Disruption bei Invertebraten – Aktueller Stand und Forschungsbedarf« aus. Der Workshop war international besetzt mit Beiträgen des Fraunhofer IME Schmallenberg, von der Bayer AG, von der BASF, von Syngenta sowie von Unilever.

Nachdem Kirsten Germing, wissenschaftliche Mitarbeiterin des Fraunhofer IME, die Teilnehmenden mit einem Übersichtsvortrag in das Themengebiet eingeführt hatte, stellten die Vertretungen der Industrie ihre Überlegungen dar. Dabei stand die Frage im Mittelpunkt, mit welchem Ziel neue Richtlinien zur Testung von endokriner Disruption in Invertebraten entwickelt werden sollten. Weiterhin wurde diskutiert, ob die aktuellen Methoden ausreichend sind, diese Wirkungen festzustellen bzw. welche weiteren Methoden und Ansätze vielversprechend sind, um einen kausalen Zusammenhang zwischen molekularer Wirkweise und schädlichen Auswirkungen herzustellen.

Unter den Teilnehmenden bestand Einigkeit darüber, dass in diesem Feld noch große Forschungslücken bestehen und diese geschlossen werden sollten. Dennoch blieb am Ende die Frage offen, ob diese Thematik Einzug in regulatorische Fragestellungen findet. Das Fraunhofer IME in Schmallenberg wird dieses Thema weiter verfolgen.

## Fraunhofer IME auf der Fi Europe 2023 in Frankfurt am Main

Vom 28. bis 30. November 2023 war das Fraunhofer IME gemeinsam mit dem Fraunhofer IVV auf der Food ingredients Europe in Frankfurt am Main, um unsere innovativen Forschungsaktivitäten für den Lebensmittelsektor vorzustellen.

Unter dem Motto »Maßgeschneiderte pflanzliche Zutaten für Ihre Lebensmittel« hatten Vertreter aus der Lebensmittelindustrie die Gelegenheit, sich mit unseren Forschenden zu vernetzen und sich darüber zu informieren, wie aus alternativen Proteinquellen Zutaten für unsere Ernährung von morgen gewonnen werden. Seitens Fraunhofer IME waren insbesondere Mitarbeitende der neuen Arbeitsgruppen »Single Cell Protein« und »Cultured Meat« am Fraunhofer-Stand anzutreffen.





## Neuer Fraunhofer-Präsident Prof. Holger Hanselka zu Besuch am Fraunhofer IME in Aachen

Im Rahmen seiner Dialogtour, besuchte der neue Fraunhofer-Präsident, Prof. Holger Hanselka, am 11. Dezember 2023 das Fraunhofer IME in Aachen.

Beim Institutsrundgang erhielt Herr Hanselka dann Einblicke in unsere Forschungshighlights – darunter die Vertical Farming-Anlage sowie Latex-Fahrradreifen, die aus dem russischen Löwenzahn hergestellt wurden. Während er die Eindrücke auf sich wirken ließ, blieb der Präsident stets im Dialog mit den Forscher\*innen und schlug mit seinen Fragen immer eine Brücke zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Schließlich hatten die Mitarbeitenden dann noch die Möglichkeit, weiter das Gespräch mit Herrn Hanselka zu suchen und ihm Fragen rund um das Thema Wissenschaft und Organisation bei Fraunhofer zu stellen.

Im Anschluss besuchte der Präsident noch die beiden benachbarten Aachener Fraunhofer-Institute IPT und ILT.



## Fraunhofer IME Team-Workshop in Gießen

Am 24. und 25. August 2023 haben sich die Mitarbeitenden der Verwaltung sowie der Öffentlichkeitsarbeit zum gemeinsamen »Team Workshop« am Institutsteil Bioressourcen in Gießen getroffen – seit über drei Jahren erstmals wieder in Person, da während der Corona-Pandemie ein Präsenztreffen nicht möglich war. Während des zweitägigen Workshops hatten alle Teammitglieder der Verwaltung und der PR die Gelegenheit, sich miteinander zu vernetzen, sich persönlich kennenzulernen und die Mitarbeitenden über aktuelle Entwicklungen aus ihren jeweiligen Bereichen zu informieren. Natürlich wurde auch darüber diskutiert, wie die Aktivitäten am Fraunhofer IME optimiert werden können, um unsere Forschenden bestmöglich zu unterstützen und den guten Teamgeist aufrecht zu erhalten.

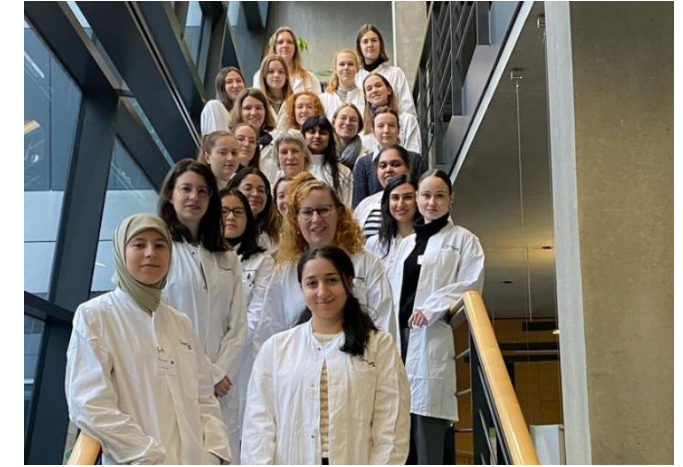


## Fraunhofer IME auf der Gamescom 2023

Das Fraunhofer IME war auf der Gamescom 2023 in der Kölnmesse anzutreffen - zwar nicht zum Zocken, dafür aber in informativer Mission.

Am Stand von IN FORM, einer Initiative für mehr Bewegung und gesunder Ernährung der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, hatten wir die Möglichkeit, unser Projekt »NovelSweets« den Messebesuchern vorzustellen. Im Projekt wird an süß schmeckenden Proteinen geforscht, die als gesündere Alternative zu normalem Zucker oder Süßstoffen in Getränken und Süßspeisen eingesetzt werden können. Diese Proteine sind nahezu kalorienfrei und überzeugen durch ihre hohe Süßkraft und ein angenehmes Geschmacksprofil.

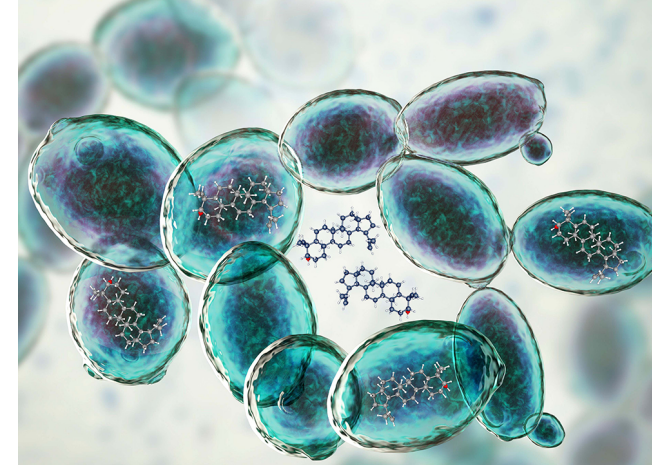
Die Initiative IN FORM fördert die effektive Nutzung digitaler Medien, um Wissen über Ernährung, Sport und Bewegung erfolgreich zu kommunizieren und Nutzer zu motivieren.



## Fraunhofer-Wissenschaftscampus 2023 in Aachen

Vom 29. bis 30. November 2023 war das Fraunhofer IME gemeinsam mit dem Fraunhofer IPT und dem Fraunhofer ILT Gastgeber des Fraunhofer Wissenschaftscampus in Aachen. Bei dem zweitägigen Event hatten MINT-Studentinnen und -Absolventinnen die Gelegenheit, einen Blick hinter die Kulissen der Aachener Fraunhofer-Institute zu werfen und Einblicke in den Arbeitsalltag von Wissenschaftlerinnen zu erhalten. Neben Institutsführungen gab es auch Vorträge der Fraunhofer-Forscherinnen sowie die Möglichkeit, Einzelgespräche mit den Wissenschaftlerinnen zu führen und gezielte Karrierefragen zu stellen. Bei der Paneldiskussion konnten die Teilnehmerinnen schließlich individuelle Fragen an die Forscherinnen zu ihren Werdegängen stellen sowie einige Tipps und Inspirationen für die berufliche Zukunft mitnehmen.





## Fraunhofer IME auf der Global Forum for Food and Agriculture (GFFA) 2024

Vom 17. bis 20. Januar 2024 fand in Berlin die 16. GFFA unter dem Titel »Ernährung, Klima und Sicherheit: Gemeinsam für eine sichere Zukunft« statt. Auch das Fraunhofer IME war gemeinsam mit dem Fraunhofer IVV vor Ort, um das Fraunhofer-Leitprojekt Projekt »FutureProteins« vorzustellen.

Eröffnet wurde die Konferenz von Claudia Müller, Parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, die im Anschluss auch den Fraunhofer-Stand besuchte. An den vier Konferenztagen wurden innovative Wege für Ernährungssicherheit und Ernährungssysteme der Zukunft vorgestellt. Bei »FutureProteins« stehen Proteinquellen aus Pflanzen, Pilzen, Algen und Insekten für die Lebensmittelindustrie im Mittelpunkt. Höhepunkt war zum Abschluss die Agrarministerkonferenz mit Ministern aus mehr als 60 Staaten.

## Fraunhofer IME auf der 9. Tagung für Arznei- und Gewürzpflanzenforschung

Unter dem Motto »Sicherheit vom Anbau bis zum Verbraucher - Spitzenklasse oder auf die Spitze getrieben?« fand vom 11. bis 14. September 2023 die 9. Fachtagung für Arznei- und Gewürzpflanzen des Deutschen Fachausschuss für Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen statt. Gastgebende waren die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) in Freising. Mit wissenschaftlichen Vorträgen, Postern, Workshops und Exkursionen zu den Themenfeldern Qualitätsmanagement und Recht, Anbauverfahren im Freiland und in Kulturräumen, zu Züchtung, Pflanzenschutz, Biodiversitätswirkung und Aufbereitungstechnologie bot die Tagung ein attraktives Programm.

Im Themenfeld »Inkulturnahme und Züchtung« sprach Dr. Lena Grundmann vom Fraunhofer IME in Münster über die Etablierung von Zell- und Gewebekulturen für Medizinalpflanzen am Beispiel von *Arnica montana* im Rahmen des Projekts »Circular PhytoREVIER« – Integrierte Wertschöpfung mit Anbau und Verwertung von Medizinalpflanzen im Rheinischen Revier.

Im Fokus des vom BMBF geförderten Projekts steht die Optimierung der Performance von Medizinalpflanzen durch Präzisionszüchtung. Für die Entwicklung und Anwendung moderner Pflanzenzüchtungs- und Genomeditierungstechnologien spielen Zell- und Gewebekulturen eine große Bedeutung. In ihrem Vortrag erläuterte Lena Grundmann, die Etablierung von Callus- und hairy root Kulturen von Arnika. Die Kulturen werden nun genutzt, um die Identifizierung und Charakterisierung der Wirkstoff-Biosynthesegene weiter voranzutreiben. Mit Hilfe der Zell- und Gewebekulturen eröffnen sich weitere Möglichkeiten: Zum einen könnten sie sich als alternative Produktionsplattformen für die begehrten Wirkstoffe eignen, zum anderen erlauben sie den Einsatz moderner Genomeditierungstechnologien wie beispielsweise CRISPR/Cas zur Beschleunigung der Züchtung.

## Auf »Aspirant« folgt »Perspective«

Anfang Februar startete das Nachfolgeprojekt von »Aspirant« – »Perspective«. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt setzte sich auch in der zweiten Phase der Initiative »Maßgeschneiderte biobasierte Inhaltsstoffe für eine wettbewerbsfähige Bioökonomie« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durch. Aufbauend auf den Erfolgen der ersten Phase »Aspirant« rückt der Verbund in »Perspective« die Produktion und Anwendung von Triterpenen verstärkt in den Fokus. Das Team des Forschungsverbunds, koordiniert durch das Fraunhofer IME, kombiniert Fachexpertise aus Chemie, Biologie, Verfahrenstechnik und Pharmazie. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Technischen Universität München (TUM), des Fraunhofer IME sowie der KMUs VivaCell Biotechnology GmbH und Phytowelt GreenTechnologies GmbH bündeln für »Perspective« erneut ihre Kompetenzen, um gemeinsam die Schritte der Wertschöpfungskette weiter auszubauen und Triterpenoide als Grundlage von innovativen pharmazeutischen Produkten verwenden zu können. Die Forschenden setzten bei der Herstellung der Triterpenoide auf deren heterologe Produktion in Hefen. Im Vergleich zum natürlichen Biosyntheseorganismus ist die Ausbeute der gewünschten Substanzen in unserem proprietären Hefestamm drastisch gesteigert. Zudem weisen die aufgereinigten Triterpenoide eine hohe Reinheit von mehr als 98 Prozent und konstante Qualität auf. Basierend auf den Ergebnissen aus »Aspirant« erstellten die Forschenden eine Prioritätenliste, um über zielgerichtete Diversifizierung der Triterpenoide den spezifischen Anforderungen der pharmazeutischen oder kosmetischen Anwendungen zu entsprechen. Zusätzlich wird »Perspective« von Experten aus der Industrie begleitet, um eine nahtlose wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse zu ermöglichen.

## »InVaKaS« Brasilianisch - Deutscher Workshop

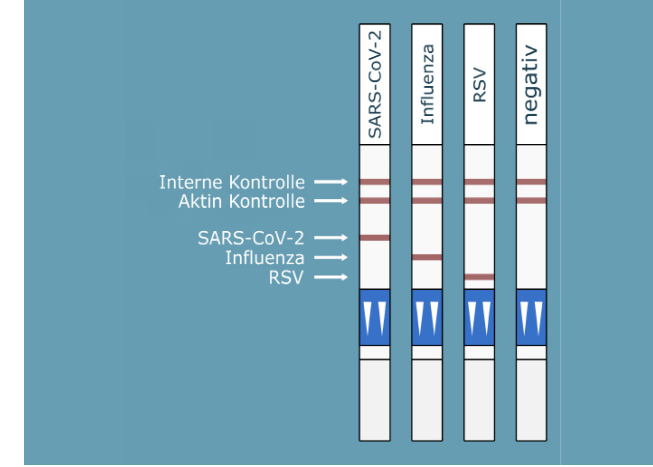
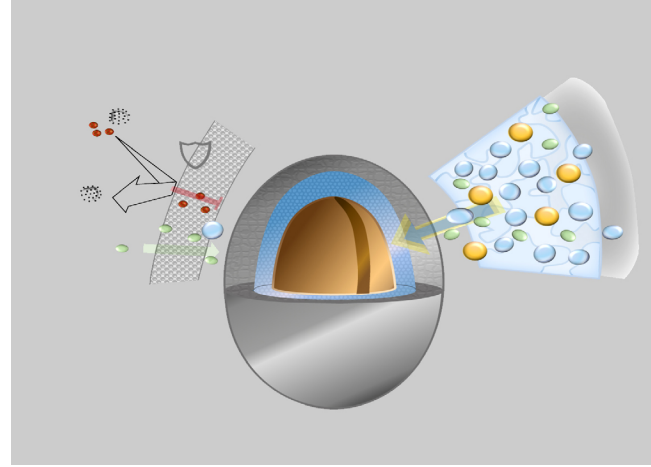
Das Trio Natalie Laibach (CRAG, Barcelona), Débora Monteiro Moretti (Ruhr-Universität Bochum) und Boje Müller (Fraunhofer IME) überzeugte mit ihrer Workshopidee beim Wettbewerb des BMBF im Rahmen des Ländertags Brasilien. Der »InVaKaS« Workshop fand nun vom 20.3. bis 26.3.2023 im Bundesstaat Bahia im Nordosten Brasiliens statt.

Der Workshop »Innovationspotential zur valorisierten Kaskadennutzung von Nebenprodukten der Saftproduktion InVaKaS« mit Experten aus Brasilien und Deutschland setzte sich das Ziel, die Wertschöpfungskette abzubilden und neue Forschungsideen für Valorisierung und Kaskadennutzung zu entwickeln. Die Obstproduktion ist ressourcenintensiv und nachhaltigere Praktiken sind dringend erforderlich - beispielsweise die zirkuläre Nutzung der Restbiomasse. Von allen produzierten Früchten werden fast 50 Prozent zu Saft verarbeitet. Allein bei der Zitrusfruchtproduktion fallen jährlich 25 Millionen Tonnen Abfall an. Dieser kann zwischen 20 und 80 Prozent der gesamten Frucht ausmachen. Die Restbiomasse der Früchte birgt vielfältige Potenziale für eine weitere Nutzung und Aufwertung, z. B. als Futtermittel, für die Gewinnung von Antioxidantien, als Substrat für die Enzym- oder Biogasproduktion oder als Quelle für Ballaststoffe und Spezialchemikalien.

Der interdisziplinäre Teilnehmerkreis repräsentierte die verschiedenen Kompetenzen entlang der Wertschöpfungskette. Die Agenda bot ein vielfältiges Programm aus Impulsvorträgen unterschiedlicher Interessengruppen wie Start-Ups oder Forschungsorganisationen, Exkursionen, Diskussions- und Projektplanungsrunden. Ein Workshoptag war als hybride Veranstaltung organisiert und ermöglichte alle an diesem Thema Interessierten die Teilnahme.

Der Besuch der Ananas Erzeugergenossenschaft Coopaita gab den Ausschlag bei Vernetzungsaktivitäten und Projekten die Wertschöpfungskette rund um die Ananas in den Vordergrund zu rücken.





## Redaktion Pflanzenforschung.de interviewte Doktorand Kai-Uwe Roelfs

Das Internetportal Pflanzenforschung.de wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Erklärtes Ziel ist es, die Bedeutung und die Faszination der Pflanzenforschung einer interessierten Öffentlichkeit zu vermitteln. Im April 2023 interviewte die Redaktion den Pflanzenforscher und Bioinformatiker Kai-Uwe Roelfs. Er bearbeitet sein Promotionsprojekt am Fraunhofer IME in Münster. Mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie ist er daran beteiligt, die Wildform des russischen Löwenzahns *Taraxacum koksaghyz* als Nutzpflanze für die Kautschukgewinnung zu entwickeln. Unter anderem erläuterte Kai-Uwe Roelfs, warum das Blühverhalten des Löwenzahns, insbesondere die Blühinduktion durch einen Kältereiz, im Fokus seiner Arbeiten steht. Von Interesse ist, welche Gene dabei eine Rolle spielen und wie sich der Kältereiz auf epigenetischer Ebene auf diese auswirkt. Mit Hilfe dieser Ergebnisse hoffen die Forschenden Varianten züchten zu können, die stabil Kältereiz-abhängig oder -unabhängig sind. Dies ermöglichte im Fall der Kältereiz-Unabhängigkeit, aufgrund der dann verkürzten Generationszeit, mehrmals im Jahr Saatgut ernten zu können, was die Saatgutproduktion deutlich steigerte.

Im Interview berichtete Kai-Uwe Roelfs zudem von seinen Aktivitäten mit der PLANT 2030 ACADEMY, beispielsweise vom Besuch eines großen Pflanzenzuchtunternehmens: »Dadurch habe ich eine Idee bekommen, wie die verschiedenen Abteilungen zusammenarbeiten, sowohl in der Qualitätssicherung als auch bei der Erweiterung der Produktpalette.«

[Hier geht's zum Interview](#)

## Das Projekt SeedPlus stellt sich auf dem »Seed Symposium« vor

Dr. Philip Känel vom Fraunhofer IME in Münster besuchte stellvertretend für das Projekt SeedPlus das »Seed Symposium« im März 2023 in Nossen. Das Symposium wurde gemeinsam von der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung (GPZ), der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (GPW) und der Fachgruppe Saatgut im Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) veranstaltet. Der Schwerpunkt des wissenschaftlichen Saatgut-Symposiums lag in diesem Jahr auf »Physikalischen, biochemischen und molekularen Methoden zur Bestimmung der Saatgutqualität«.

In seinem Vortrag »Seed coating in times of climate change and sustainable agriculture: environmentally friendly and multifunctional seed coating to protect and nourish the seedling« stellte Philip Känel das Projekt SeedPlus vor, das gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM und für Chemische Technologie ICT durchgeführt wird. Das Verbundprojekt SeedPlus zielt darauf ab, auf Basis ökologisch unbedenklicher Materialien komplexe Saatgutbeschichtungen zu entwickeln, die über ein inhärentes Wasser- und Pflanzenschutzmanagement verfügen, um einen effektiven Feldaufgang auch unter schwierigen Umweltbedingungen zu ermöglichen. Das Fraunhofer IME bringt die Kompetenzen von zwei Standorten ein: In Münster liegt der Fokus auf der funktionalen Evaluierung der Saatgutbeschichtungen und in Schmallenberg auf der Etablierung neuer Prüf- und Bewertungsstrategien zur Nachhaltigkeit und Unbedenklichkeit des entwickelten Produkts.

## Verstärkung für unser Crowdfunding-Team!

Die erste Phase des Crowdfunding-Wettbewerbs »ScienceForGood« der Fraunhofer-Zukunftsstiftung haben wir Ende 2022 erfolgreich abgeschlossen. Die Spenden und unser Preisgeld für den ersten Platz setzten wir in der zweiten Phase ein, um unseren Corona-Test mit dem zeitgleichen Nachweis weiterer Viren zu kombinieren. Eine Vielzahl verschiedener Viren löst in der kalten Jahreszeit Atemwegsinfekte aus. Eine besondere Rolle spielen Erkrankungen durch das Corona-Virus (SARS-CoV-2), Influenza Viren oder RS-Virus (respiratorisches Synzytialvirus, RSV). Daher haben wir uns entschieden, unseren LAMP-Corona-Test um den Nachweis von Influenza und RSV zu erweitern.

Im Sommer letzten Jahres ist Sai Aparna Nagarajan, Masterstudentin an der Justus-Liebig-Universität in Gießen, zu unserem Crowdfunding Team gestoßen. In ihrer Masterarbeit verstärkt sie die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Für die Visualisierung auf den Lateral-Flow Dipsticks (LFD) entwickelten unsere Projektpartner insgesamt sechs LFDs. Die verschiedenen Prototypen testete Sai im Labor: Prototyp 6 mit einer abgeänderten Reihenfolge der Testlinien und der optimierten Sichtbarkeit der einzelnen angefärbten Linien machte das Rennen.

Sai etablierte die LAMP Reaktion sowohl für Influenza als auch RSV. Zur Simulation von Patientenproben versetzte sie Nasenabstrich-Matrix mit Virenfragmenten als Positivkontrollen und konnte sie zuverlässig in Duplex-Reaktionen mit der humanen Aktin Kontrolle nachweisen. Aktuell testet sie die Multiplex-Ansätze.

## Das Fraunhofer IME in Münster bezieht zusätzliche Räume

Seit 2010 die Außenstelle »Pflanzliche Biopolymere« des Fraunhofer IME am Schlossplatz an der Universität Münster in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Pflanzenbiotechnologie eröffnete, ist das Team rund um Standortleiter Prof. Dirk Prüfer kräftig gewachsen.

Die Räumlichkeiten drohten aus den Nähten zu platzen, zusätzliche Räume verschaffen nun im Biotechnologiezentrum (BioZ) im Johann-Krane-Weg 42 in Münster den Forschenden mehr Luft. Das BioZ wird von der Technologieförderung Münster GmbH betrieben; es ist im Technologiepark angesiedelt und speziell auf die Bedürfnisse von Biotech-FuE Aktivitäten zugeschnitten.

Nach 8 Minuten radeln, der typisch Münsteraner Fortbewegung, sind die zusätzlichen Räume vom Schlossplatz erreicht. Mitte des Jahres zogen knapp 20 Mitarbeitende in die Labore und nahmen dort ihre Arbeiten auf: Sie forschen an Pflanzen, Hefen und Mikroorganismen. Am Standort BioZ werden die Themen Naturkautschuk, Terpenoide und Latexpflanzen bearbeitet. Neben der molekularen Pflanzen-Züchtungsforschung (z. B. Markerentwicklung) stellt die Synthetische Biologie zur Optimierung Terpenoid-produzierender Hefen ein zentrales Forschungsthema am neuen Standort in Münster dar. Ebenso befinden sich nun Teile der umfangreichen biochemischen Analytik der Abteilung »Funktionelle und Angewandte Genomik« im BioZ.





## Erstes Fraunhofer IME PhD Seminar

In Aachen gehört das PhD Seminar bereits seit 2011 fest zum Veranstaltungsrepertoire. Um unseren Nachwuchsforschenden eine gemeinsame Bühne zu bieten, ging die Einladung zum Seminar 2023 an alle Promovierenden der vier Standorte des Fraunhofer IME. Die Organisation lag in den Händen der Studierenden, sie entwarfen ein spannendes Programm rund um unsere FuE Themen. Das Seminar fand am 16. und 17. November 2023 als Hybridveranstaltung in Aachen statt. 34 Doktorandinnen und Doktoranden folgten der Einladung und brachten ihre Themen in 15-minütigen Vorträgen oder 3-minütigen Poster Pitches mit Posterpräsentation dem Publikum anschaulich nahe. Kurzvorstellung der FuE Aktivitäten an unseren vier Standorten und eine Führung zu den Highlights am Standort Aachen rundeten das Programm ab.

Die fünfköpfige Jury stellte sich, angesichts der hohen Qualität der Beiträge, der schwierigen Aufgabe die vier Preisträger\*innen auszuwählen. Mit großer Freude vergab die Jury insgesamt vier Preise: In den Kategorien Newcomer und Professional für den jeweils besten Vortrag bzw. das beste Poster. Für Poster und Pitch erhielt Sina Mäckelmann den »Professional« und Tobias Poloczek den »Newcomer« Preis. Mit seinem Vortrag setzte sich Pascal Geisler in der Gruppe der »Professionals« und Josephine Dresler mit ihrem bei den »Newcomern« durch. Herzliche Glückwünsche! Die Veranstaltung bot einen idealen Rahmen, um Wissen und Erfahrungen in einer entspannten Atmosphäre auszutauschen, Gemeinsamkeiten zu entdecken und Zusammenarbeiten zu planen. Wir freuen uns auf die Fortsetzung in 2024!



## Gießener Tiergiftforscher trifft auf Nobelpreisträger\*innen

Seit 1951 treffen im Rahmen der Lindau Nobel Laureate Meetings regelmäßig Nachwuchsforschende auf die sogenannten »Laureates«, Wissenschaftler\*innen die mit dem begehrten Nobelpreis ausgezeichnet wurden. Die hochkarätigen Tagungen dienen dem intellektuellen Austausch und rotieren thematisch zwischen den Disziplinen Physik, Chemie oder Physiologie und Medizin. Im Rahmen des mehrstufigen, internationalen und hoch kompetitiven Auswahlverfahren wurde auch Dr. Tim Lüddecke vom Fraunhofer IME zur Teilnahme auserwählt. Lüddecke leitet als Nachwuchsgruppenleiter die Arbeitsgruppe »Animal Venomics« am Institutsteil Bioressourcen in Gießen. In seiner Forschung befasst er sich mit der Biologie, Biochemie und möglichen Anwendungsformen von Tiergiften. Im Fokus steht hier die Identifikation und funktionelle Charakterisierung von bislang unbekanntem Naturstoffen durch Systembiologie und Biotechnologie sowie deren Translation in nachhaltige Lösungen für Pflanzenschutz, industrielle Güterproduktion und insbesondere für die Biomedizin. »Die Diskussionsrunden und der wissenschaftliche Austausch waren überaus bereichernd und haben mir vollkommen neue Perspektiven eröffnet. Ich freue mich darauf, weiterhin sowohl mit den Nobelpreisträgern als auch mit anderen Nachwuchskräften der Physiologie und Medizin im Rahmen des Lindau Alumni Networks vernetzt zu bleiben«, so Lüddecke.



## Herausragende Leistung am Fraunhofer IME in Gießen

Der Fraunhofer IME Nachwuchswissenschaftler Dr. Anton Windfelder erhielt den renommierten Stolzenberg-Preis für herausragende Leistungen in den Naturwissenschaften.

Im Rahmen der Eröffnungsfeier des Gießener Graduierten-zentrums Naturwissenschaften und Psychologie wurden am 3. Juli 2023 die Dr.-Herbert-Stolzenberg-Preise für herausragende Leistungen in den Naturwissenschaften verliehen. Die mit 3 000 Euro dotierten Preise würdigen Nachwuchsforschende am Beginn ihrer wissenschaftlichen Laufbahn, die sich durch außergewöhnliche Leistungen und besonderes Engagement für ihren Wissenschaftsbereich auszeichnen. Anton Windfelder erhielt den Preis in der Kategorie Biologie für seine herausragenden Arbeiten über die Verwendung von Insekten als alternative Tiermodelle in der medizinischen Bildgebung und Forschung.

Seine Forschungsergebnisse erhielten international viel Anerkennung, da sie dazu beitragen, die Forschung ethischer und effizienter zu machen. So können durch die Verwendung von Insekten in einigen Bereichen der Forschung die klassischen Labortiere mit einem komplexen Sozialleben wie Ratten oder Mäuse verschont bleiben.



## Mehr Frauen für die Unternehmensgründung begeistern

In Anbetracht des nahezu ausgeglichenen Geschlechterverhältnis bei der Aufnahme eines Studiums gehen auf dem Weg hin zu der attraktiven und häufig auch lukrativen beruflichen Option als Gründungsperson überdurchschnittlich viele Frauen »verloren«. Das Gründungsinteresse von Frauen zu wecken, sie adäquat auf diese berufliche Option vorzubereiten und die Angebote zur Gründungsbegleitung gendergerecht aufzusetzen, gelingt bislang nicht ausreichend. Gleichzeitig kann man vermuten, dass eine bessere und zielgruppengerechtere Unterstützung von Frauen als Gründerinnen einer der Schlüsselfaktoren zu einer größeren Beteiligung von Frauen am innovativen Gründungsgeschehen insgesamt ist. Daher setzte sich die Bundesweite Gründerinnenagentur BGA, gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Bildung, das Ziel, Frauen mehr Sichtbarkeit als Gründerinnen zu verschaffen. Im Rahmen der Kampagne »InnoGründerinnen« wurden dahingehend 52 Gründerinnen mit Hochschulbezug für Kurzfilme abgelichtet. Eine davon war die Fraunhofer IME Mitarbeiterin Fabiola Neitzel vom Institutsteil Bioressourcen in Gießen. Sie gründete das Unternehmen PROMBYX GmbH, welches Seidenraupenpuppen aus der Seidenproduktion zu einer hochwertigen Proteinquelle für Tierfutter verarbeitet. Damit möchte sie auch einen Beitrag zur besseren Ressourcennutzung im Bereich Protein leisten.

### Weitere Informationen:

<https://innogründerinnen-bga.de/>

[www.prombyx.com](http://www.prombyx.com)





## Freiwilliges Jahr in Wissenschaft, Technik und Nachhaltigkeit

Ab September 2022 bot das Fraunhofer IME in Schmallenberg erstmals ein Freiwilliges Soziales Jahr in Wissenschaft, Technik und Nachhaltigkeit (FJN) in Kooperation mit der ijgd (Internationale Jugendgemeinschaftsdienste) an. Das FJN richtet sich an junge Menschen im Alter zwischen 18 und 26 Jahren, die sich für Umwelt, Klimaschutz und Natur engagieren wollen. Die Freiwilligen sind ein Jahr in Forschungseinrichtungen, Hochschulen oder Kommunen tätig und erhalten einen Einblick in wissenschaftliches Arbeiten. Am Fraunhofer IME arbeitete die Freiwillige im Rahmen des FJN ein Jahr im Labor Bodenprobenahme mit und unterstützte die Mitarbeitenden bei bundesweiten Probenahmen und den anschließenden Laborarbeiten. Das Resümee war von beiden Seiten sehr positiv: Die FJN-Mitarbeiterin fand die abwechslungsreiche Tätigkeit von Gelände- und Laborarbeit sehr interessant und hat sich danach für ein naturwissenschaftliches Studium entschieden. Im Labor leistete sie tatkräftige Unterstützung und war eine Entlastung für unsere Labormitarbeitenden. Aufgrund der guten Erfahrungen wurden für das Jahr 2023/2024 drei tatkräftige »FJNlern« eingestellt (siehe Foto: Projektleiter Karlheinz Weinfurtnner mit seinem FJN-Team). Im kommenden FJN-Zyklus 2024/2025 sollen ebenfalls zwei FJN-Plätze besetzt werden.



## »Bring your Own BBQ« Event

Bevor der Sommer zu Ende ging, fand am 07. September 2023 ein »Bring your Own BBQ« Event auf der Dachterrasse des Fraunhofer IME Institutsteil Bioressourcen statt. Mitarbeitende aus vielen verschiedenen Abteilungen bereiteten Speisen und Getränke für die Allgemeinheit zu, sodass ein vielfältiges und köstliches Buffet zustande kam. Die Mitarbeitenden nutzen das Event um sich untereinander auszutauschen und abteilungsübergreifend zu vernetzen.

Vor dem BBQ Event hielt unser Gast Professor Manjunatha Kini von der National University of Singapore einen spannenden Vortrag mit dem Titel: »ANP analogs for the treatment of acute decompensated heart failure patients«. Professor Kini ist ein weltweit führender Experte auf dem Gebiet der Tiergifte, der Biochemie von Giften und vor allem der Entwicklung von Medikamenten auf der Grundlage von Giften. Er ist seit den 1980er-Jahren auf diesem Gebiet tätig und leitete mehrere bahnbrechende Projekte, die neue Proteinklassen mit therapeutischem Potenzial identifizierten.



## Dr. Thorsten Klawonn, Wissenschaftler am Fraunhofer IME Schmallenberg

Thorsten startete als Chemiker beim IME in Schmallenberg in 2009 und war in der Folge verantwortlich für die Einführung und Anwendung von verschiedenen OECD Richtlinien im Bereich der anorganischen Chemie in seinem Labor. Mit besonderer Hingabe widmete er sich im wissenschaftlichen Team der Entwicklung von neuen Methoden für die Speziation von Metallen in verschiedenen Matrices, bei der sein chemisches Fachwissen sehr gefragt war. Dieses Fachwissen setzte er sowohl für Forschungsaufträge aus der Industrie als auch für wissenschaftliche Projekte von öffentlichen Auftraggebern, wie z.B. dem Umweltbundesamt, ein. Für Thorsten war es immer eine besondere Freude, Kunden zu spezifischen chemischen Fragen zu beraten und gemeinsam Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

Aber nicht nur in seinem alltäglichen Arbeitsbereich zeigte Thorsten seine Hingabe zur Wissenschaft. Auch bei Veranstaltungen wie der »Schmallenberger Woche« und dem Girls' and Boys' Day hat Thorsten sich mit Begeisterung dafür eingesetzt, wissenschaftliche Themen der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daneben war ihm die Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Nachwuchs eine Herzensangelegenheit und er blühte auf, wenn er seine fachliche Expertise an andere weitergeben konnte, z.B. im Rahmen von Masterarbeiten oder Doktorarbeiten, die er im Labor betreute. Wenn es um »seine Metalle« ging, war er immer erster Ansprechpartner für Mitarbeitende anderer Abteilungen und alle, die ihn in Diskussionen erlebt haben, erinnern sich an seine einzigartige Begeisterung für die Wissenschaft. Dass er dabei ab und an dem in vielen Spielfilmen gezeichneten Bild des »verrückten« Wissenschaftlers, der sein Chaos beherrscht - und auch manchmal von seinem Chaos beherrscht wird -, ziemlich nah kam, soll hier nicht unerwähnt bleiben.

Egal zu welcher Uhrzeit, egal ob Praktikantin oder Bereichsleitung: Thorsten hatte immer ein offenes Ohr für seine Kollegen, hat jedem mit Rat und Tat zur Seite gestanden und wurde am Institut für seine große Hilfsbereitschaft sehr geschätzt.

Am 2. August 2023 ist Thorsten nach plötzlich aufbrechender, schwerer Krankheit viel zu früh gestorben.

Mach's gut, Thorsten!

Ina, Burkhard und Dieter für das ganze Team des IME Schmallenberg



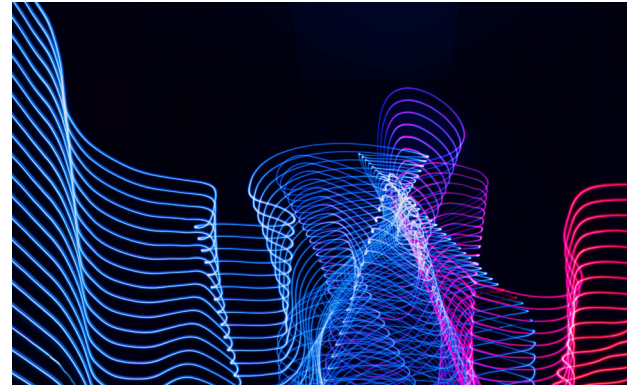


## Wissenschaftliche Publikationen

---

Eine Übersicht aller wissenschaftlichen Publikationen finden Sie hier:

[https://www.ime.fraunhofer.de/de/Mediathek/wissenschaftliche\\_Publikationen.html](https://www.ime.fraunhofer.de/de/Mediathek/wissenschaftliche_Publikationen.html)



## Netzwerke in Wissenschaft und Industrie

---

Eine Übersicht aller Kooperationen, Aktivitäten, Mitgliedschaften und Ausschüsse in Wissenschaft und Industrie finden Sie hier:

[https://www.ime.fraunhofer.de/de/ueber\\_das\\_institut/netzwerke.html](https://www.ime.fraunhofer.de/de/ueber_das_institut/netzwerke.html)



## Das Fraunhofer IME in Zahlen

---

Eine Übersicht über Haushalt, externe Eträge und Mitarbeitendenzahlen finden Sie hier:

[https://www.ime.fraunhofer.de/de/ueber\\_das\\_institut/institut\\_in\\_zahlen.html](https://www.ime.fraunhofer.de/de/ueber_das_institut/institut_in_zahlen.html)



# Impressum

## Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME

Prof. Dr. Stefan Schillberg (Institutsleiter, geschäftsführend)

Prof. Dr. Christoph Schäfers (Institutsleiter)

Forckenbeckstraße 6

52074 Aachen

## Redaktion und Lektorat

Sascha Falkner (Leitung), Julia Karbon, Dr. Birgit Orthen,

Désirée Schulz, Kim Weigand, Dr. Kristina Bette-Gaußmann

## Layout und Konzept

Sascha Falkner

## Bildquellen

© Copyright Jahresbericht 2023/2024

Titelbild Fraunhofer IME | Kim Weigand

5 Fraunhofer IME

13 l Fraunhofer IME | Sebastian de Vries

13 m Fraunhofer IME | Simon Vogel

13 r Fraunhofer IME | Stefan Rasche

15 l Fraunhofer IME | Eileen Knorr

15 r Fraunhofer IME

16-17 v.l.n.r.: Fraunhofer IME | Klaus-Peter Kappest; shutterstock\_1795652821\_Igor Klyakhin; Fraunhofer IME | Klaus-Peter Kappest; Fraunhofer IME | Studio 95 | Ulrich Kaifer

21 Adobe Stock | Chokniti

23 Adobe Stock | 171090577

25 l: Fraunhofer IME | Sascha Falkner; r: Fraunhofer IME

27 Carolin Ina Schröter (<https://www.carolin-ina-schroeter.de>)

28, 31 Fraunhofer IME | Anton G. Windfelder

29-30 Fraunhofer IME | Kim Weigand

33 Adobe Stock | 171090577

34 Wikimedia Commons; THE SWEET PROTEIN ([thesweetproteinshop.com](https://thesweetproteinshop.com)); Thaumatin E957 - Blog Guiltfree.pl - Diet, Fitness, Healthy Food; <https://en.wikipedia.org/wiki/Tropics>

35 o: Shutterstock | Africa Studios; u: Fraunhofer IME

36-37 Fraunhofer IME | Philip Känel

38 l: Fraunhofer IME | Philip Känel; r: Fraunhofer IME | Julia Peters

39 l: Fraunhofer IME | Julia Peters; r: Fraunhofer IME | Marie Winter

41 Henner Hollert | E3T Goethe-Universität

42 Unsplash | Simon van der Koelen

43 Fraunhofer IME | Kamil Tajer

44-45 Fraunhofer IME | Jeanny Jerschow-Schaumann

47 l + r: Fraunhofer IME | Tessa Carrau

49 Unsplash | Tamara Gak

51 Fraunhofer IME | Henrik Nausch

53 Shutterstock | EVGEIIA

55 Fraunhofer IME | Benedikt Luckner | Created with BioRender

57 l: Fraunhofer IME | Kirsten Germing; r: Shutterstock | 1519073177\_Victor Suarez Naranjo

59 Shutterstock | ME Image 1911739321

61 Fraunhofer IME | Steve Ayobahan | Created with BioRender

63 Fraunhofer IME

65 Amy Keagy

67 Fraunhofer IME

69 Unsplash | Vasily Koloda

71 Shutterstock | 362806010

73 l + r: Fraunhofer IME

74 Fraunhofer IME

75 l: Unsplash | Emma-Jane Hobden; M: Unsplash | Juliana

Malta; r: Unsplash | Dovile Ramoskaite

77 Unsplash | Jez Timms

79 l: Fraunhofer IME | Klaus-Peter Kappest; r: Fraunhofer IME | Mareike Lauber

80 l: Peter Winandy; r: Fraunhofer IME | Julia Karbon

81 l: Fraunhofer IME | Kirsten Germing | Created with

BioRender; r: Fraunhofer IME | Che Julius Ngwa

82 l + r: Fraunhofer IME | Sascha Falkner

83 l: Fraunhofer IME | Maria Stroot; r: Fraunhofer IME | Sascha Falkner

84 l: BMEL; r: Fraunhofer IME | Lena Grundmann

85 l: Shutterstock | <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lupeol>; r: Fraunhofer IME | Birgit Orthen

86 l: Fraunhofer IME | Kai-Uwe Roelfs; r: Fraunhofer IME | Philip Känel

87 l: Fraunhofer IME | Lena J. Freund; r: Fraunhofer IME | Boje Müller

88 l: Fraunhofer IME | Birgit Orthen; r: Fraunhofer IME | Kim Weigand

89 l + r: Fraunhofer IME | Kim Weigand

90 l: Fraunhofer IME | Julia Karbon; r: Fraunhofer IME | Kim Weigand

91 Familie Klawonn

92 o + u: AdobeStock; M: Unsplash | Nick Hillier

## Fraunhofer IME

### Bereich Molekulare Biotechnologie

Forckenbeckstr. 6

52074 Aachen

Telefon +49 241 6085-0

## Fraunhofer IME

### Außenstelle Pflanzliche Biopolymere

Schlossplatz 8

48143 Münster

Johann-Krane-Weg 42

48149 Münster

Telefon +49 251 133418-11

## Fraunhofer IME

### Institutsteil Bioressourcen

Ohlebergsweg 12

35392 Gießen

Telefon +49 641 97219-0

## Fraunhofer IME

### Bereich Angewandte Oekologie

Auf dem Aberg 1

57392 Schmallenberg

Telefon +49 2972 302-0

[www.ime.fraunhofer.de](http://www.ime.fraunhofer.de)



[instagram.com/fraunhofer.ime](https://www.instagram.com/fraunhofer.ime)



[linkedin.com/company/fraunhofer-ime](https://www.linkedin.com/company/fraunhofer-ime)