



Fraunhofer

IGB

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHEN- UND BIOVERFAHRENSTECHNIK IGB

JAHRESBERICHT 2016 | 17



Bioreaktor zur Umsetzung von nachwachsenden Rohstoffen mit Mikroorganismen. Im Straubinger Institutsteil BioCat werden biotechnologische Verfahren bei Bedarf auch mit chemischen und elektrochemischen Prozessen kombiniert, um aus Biomasse neue Produkte für die chemische Industrie herzustellen.

INHALT



6 VORWORT

PROFIL

- 10 Kurzprofil
- 11 Kuratorium des Fraunhofer IGB
- 12 Angebot und Infrastruktur
- 14 Das Institut in Zahlen
- 16 Organigramm
- 18 Fraunhofer IGB in Netzwerken
- 20 Fraunhofer CBP in Netzwerken
- 21 Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen

HIGHLIGHTS 2016

- 22 Forschung – Kooperationen und Projekte
- 24 Fraunhofer IGB international
- 28 Personalien, Preise, Begegnungen
- 30 Nachwuchsförderung

KOMPETENZEN

- 32 Die Fraunhofer-Gesellschaft
- 34 Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- 35 Molekulare Biotechnologie
- 36 Physikalische Prozesstechnik
- 37 Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- 38 Zell- und Tissue Engineering
- 39 Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP
- 40 Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat
- 41 Translationszentrum »Regenerative Therapien für Krebs- und Muskuloskelettale Erkrankungen«
- 42 Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE

2016

46 GESUNDHEIT

- 50 Wertstoffe aus Mikroalgen für die Lebensmittelanwendung
- 52 Hautmodelle unterschiedlicher Komplexität für Forschung, Entwicklung und präklinische Studien
- 54 Eisenoxid-Nanopartikel für die regenerative Medizin
- 56 Electrospinning in der regenerativen Medizin
- 58 Funktionelle Verkapselung von Wirkstoffen mittels Sprühtrocknung
- 60 Immunmodulatoren für die Therapie von Infektionen und entzündlichen Erkrankungen
- 62 Qualitätsmanagementsysteme in präklinischen Forschungseinrichtungen
- 64 Mikrophysiologische Organ-on-a-Chip-Systeme als Alternativen zum Tierversuch



66 CHEMIE UND PROZESSINDUSTRIE

- 70 Bi-Amin – Amine nachhaltig produzieren
- 72 Stabile Plasmapolymere durch Ringöffnung
- 74 Produktion von Itaconsäure – Fermentative Herstellung und Scale-up
- 76 Bioinspirierte fluorcarbonfreie Hydrophobierungsmittel für Textilien
- 78 CARBOPREC – Kohlenstofffasern aus nachwachsenden Rohstoffen
- 80 Stoffliche Nutzung von Methan zur Herstellung von Plattformchemikalien
- 82 Herstellung von Chemikalien aus CO₂
- 84 Free-Flow-Elektrophorese – Entwicklungen für die industrielle Umsetzung
- 86 KomBiChem^{Pro} – Fein- und Plattformchemikalien aus Holz
- 88 Mikrobielle Herstellung von Plattformchemikalien und Scale-up von Fermentationsprozessen

90 UMWELT UND ENERGIE

- 94 Interessenausgleich im Unternehmen mit der Stakeholder-Interaktionsanalyse
- 96 Elektrochemische Aufbereitung von Prozesswässern in der Galvanik
- 98 MoGeSoWa – Energieeffizienzsteigerung durch sorptive Wärmespeicher
- 100 Einsatz von Membranen zur Aufarbeitung von Bio-
butanol mittels Osmose

- 102 Weitere Daten und Fakten
- 104 Informationsservice
- 105 Impressum

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

im Jahr 2016 haben wir unsere Strategie überarbeitet und drei Geschäftsfelder, auf die wir uns fokussieren wollen, definiert. Diese sind: Gesundheit, Chemie und Prozessindustrie sowie Umwelt und Energie. In allen drei Feldern werden sowohl innovative Produkte wie auch die Entwicklung neuer Verfahren angestrebt. Dazu entwickeln wir die Verfahren zunächst im Labormaßstab und skalieren sie dann bis auf den quasiindustriellen Maßstab.

Bis jetzt fand die Skalierung überwiegend am Fraunhofer-Zentrum CBP in Leuna statt. Dort ist das Arbeiten mit großen Volumina bis 10 Kubikmeter schon fast Routine, sowohl in öffentlichen Projekten wie auch direkt im Auftrag für die Industrie. Inzwischen wurden dort über 100 Aufschlüsse in der Lignocellulose-Bioraffinerie-Pilotanlage gefahren und mehrere 100 Kilogramm Produktmuster auf der Basis von Lignin und Zellstoffen für verschiedene Anwender bereitgestellt. Aufgrund dieser erfolgreichen Entwicklung hat das Land Sachsen-Anhalt Mittel zur Erweiterung der Anlage zur Verfügung gestellt. Innerhalb des Spitzenclusters BioEconomy wurden 2016 die ersten Projekte erfolgreich abgeschlossen. In Stuttgart und in unserem Institutsteil in Straubing sind bereits weitere Verfahren für die Aufskalierung in Leuna in der Pipeline. Mit dem CBP in Leuna haben wir die Lücke in der Skalierung von Laboruntersuchungen auf den industriellen Maßstab geschlossen und bieten im europäischen Umfeld eine Vorzeige-Bioraffinerie.

Ein wichtiges geschäftsfeldübergreifendes Thema ist die Nutzung von Kohlendioxid als Rohstoff. Hier ist es den Kolleginnen und Kollegen in Straubing gelungen, ein europäisches Projekt einzuwerben, in dem es um die elektrochemische und biochemische Konversion von CO₂ geht (siehe S. 82).

Die Skalierung und Skalierbarkeit von Prozessen ist ein zentrales Anliegen für ein verfahrenstechnisch orientiertes Institut. So haben wir schon im Jahr 2009 geplant, auch am Standort Stuttgart Technika zu betreiben, die es erlauben, weitere Prozesse auf industrienahe Niveau zu entwickeln. Dazu war ein Neubau erforderlich, der uns nun seit Dezember 2016 zur Verfügung steht. In verschiedenen Technika werden wir die von uns bearbeiteten Verfahren in Pilotanlagen umsetzen und auch Verfahren kombinieren. Eines der Technika wird beispielsweise dem Thema »Wasser« gewidmet sein und verschiedene biologische, chemische und physikalische Verfahren und Verfahrenskombinationen zur Aufreinigung von industriellen und urbanen Abwässern beherbergen. Dabei werden auch wertvolle Reststoffe wie Phosphor in einem von uns entwickelten und patentierten Verfahren als Dünger für die Landwirtschaft zurückgewonnen.



Wir freuen uns auch, dass mit der Fertigstellung des Technikumsgebäudes eine schnellere Projektbearbeitung möglich ist und unsere im Frühjahr 2016 installierte Attract-Gruppe »Organ-on-a-Chip« sich in adäquater Laborumgebung entfalten kann. Den Neubau nutzen zu können, bedeutet auch eine Entzerrung auf Seiten der bestehenden Labors, für die besondere Sicherheitsrichtlinien gelten, wie die S2- und GLP-Labors.

Mit einer weiteren Neuerung haben wir zum Jahresende begonnen. Um das Know-how der Träger unserer Kernkompetenzen noch besser nutzen zu können, unterstützen wir die Bildung abteilungsübergreifender Fachgruppen. Unseren Kernthemen wie etwa »Wasser« oder »Biomaterialien«, die bisher unter unterschiedlichen Aspekten innerhalb verschiedener Abteilungen bearbeitet wurden, können wir durch die noch intensivere Zusammenarbeit mehr Gewicht und bessere Sichtbarkeit verleihen.

Erfreulich ist auch, dass von unseren geplanten vier Ausgründungen bereits die erste Firma gegründet wurde – die Noscendo GmbH. Momentan werden die Konditionen für die weitere Entwicklung und Kooperation zwischen Fraunhofer und der Firma verhandelt.

Schließlich möchten wir noch berichten, dass die Berufung für die Nachfolge von Professor Hirth, unserem ehemaligen Institutsleiter, voranschreitet und sich die Berufungskommission vermutlich noch im Frühjahr auf eine Kandidatin oder einen Kandidaten verständigt.

Wir möchten uns nun bei Ihnen, unseren Kunden und Partnern, für das entgegengebrachte Vertrauen bedanken und freuen uns, die begonnenen Projekte mit Ihnen zum Erfolg zu führen und natürlich auch, gemeinsam mit Ihnen neue Projekte in Angriff zu nehmen. Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre und hoffen, dass der vorliegende Jahresbericht neue Impulse für eine weitere Kooperation bietet.

Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit und einen regen Austausch mit Ihnen.

Katja Schenke-Layland

Christian Oehr

18 Auszubildende

42 Doktoranden

11 Mitarbeiter mit Lehraufträgen

14 BoGy-Schüler

469

25 Nationalitäten

2 Preise und Auszeichnungen

75 Uni-Mitarbeitende

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

394 Fraunhofer-Mitarbeitende

51 % Frauenanteil

200 Studierende

2,9 Mio € Investitionen

29,4 Mio € Gesamthaushalt

11,6 Mio € Sachaufwand

14,9 Mio € Personalaufwand

71 % Eigenerträge

18 Kuratoren

3 Institutsteile

11 Fraunhofer-Allianzen

2 Fraunhofer-Verbünde

5

Abteilungen

PROFIL

INNOVATIONEN AN GRENZFLÄCHEN

Das Fraunhofer IGB entwickelt und optimiert Verfahren, Anlagen, Produkte und Technologien in den Geschäftsfeldern Gesundheit, Chemie und Prozessindustrie sowie Umwelt und Energie. Unseren Kunden bieten wir Forschung und Entwicklung (FuE) entlang der gesamten stofflichen Wertschöpfungskette, ergänzt durch ein breites Spektrum an Analyse- und Prüfleistungen. Damit sind wir ein starker Partner für industrielle Unternehmen und kleine oder mittelständische Unternehmen unterschiedlichster Branchen, für Kommunen und Zweckverbände sowie für die Vertragsforschung von EU, Bund und Ländern.

Anwendungsorientiert und interdisziplinär

Unser Ziel ist es, FuE-Ergebnisse aus Natur- und Ingenieurwissenschaften direkt in wirtschaftlich attraktive und gleichzeitig nachhaltige Verfahren und Produkte für die industrielle Praxis umzusetzen. Komplettlösungen vom Labor- bis zum Pilotmaßstab gehören dabei zu den Stärken des Instituts.

Der Erfolg neuer Verfahren und Produkte erfordert mehr denn je das interdisziplinäre Zusammenspiel von Naturwissenschaften und Verfahrenstechnik. Wissenschaftliche und technische Mitarbeitende aus den Gebieten Chemie, Physik, Biologie und Ingenieurwissenschaften arbeiten am Fraunhofer IGB in Stuttgart sowie den Institutsteilen in Leuna, Straubing und Würzburg erfolgreich zusammen. Dabei eröffnet das konstruktive Zusammenspiel verschiedener Disziplinen in Bereichen wie Medizintechnik, Nanotechnologie, Aufarbeitungs- und Umwelttechnologien neue Ansätze und innovative Lösungen.

Kernkompetenzen

Abteilungen, Standort Stuttgart

- Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- Molekulare Biotechnologie
- Physikalische Prozesstechnik
- Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- Zell- und Tissue Engineering

Institutsteile

- Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP, Institutsteil Leuna
- Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat, Institutsteil Straubing
- Translationszentrum »Regenerative Therapien für Krebs- und Muskuloskeletale Erkrankungen«, Institutsteil Würzburg

Leitbild: Mission

»Am Fraunhofer IGB forschen wir nach den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis auf der Basis unserer Kompetenzen und Leitsätze anwendungsorientiert in den Bereichen Gesundheit, Chemie und Prozessindustrie sowie Umwelt und Energie und tragen mit unseren Innovationen zur nachhaltigen Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft bei.«

KURATORIUM DES FRAUNHOFER IGB

Die Kuratorien der Fraunhofer-Institute stehen dem Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft und der Institutsleitung beratend zur Seite. Ihnen gehören Personen der Wissenschaft, der Wirtschaft und der öffentlichen Hand an.

Mitglieder

Dr. Susanne Arbogast

Roche Diagnostics GmbH

Dr. Gerd Eßwein

Freudenberg New Technologies SE & Co. KG

MinR Dr. Hans-Jürgen Froese

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Prof. Dr. Matthias Frosch

Medizinische Fakultät, Universität Würzburg

MinDirig Dipl.-Ing. Peter Fuhrmann

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Dr.-Ing. Bernd Krause

Gambro Dialysatoren GmbH

Dr. Caroline Liepert

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Dr. Christian Naydowski

VOITH Paper Holding GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Klaus Pfizenmaier

(bis April 2016)

Institut für Zellbiologie und Immunologie, Universität Stuttgart

Prof. Dr. Dr. h. c. Ralf Riedel

Fachgebiet »Disperse Feststoffe«, TU Darmstadt

Prof. Dr. techn. Günter Scheffknecht

Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik, Universität Stuttgart

Dipl.-Ing. Otmar Schön

(bis April 2016)

HYDAC Technology GmbH

MinDirig Dr. Jörg Wagner

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

MinR Dr. Joachim Wekerle

Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg

Dr. Günter Wich

Wacker Chemie AG

Prof. Dr. Karl-Heinz Wiesmüller

EMC microcollections GmbH

Dr. Wieland Wolf

ProBioGen AG

Dr. Markus Wolperdinger

(Vorsitzender)

Linde AG, Engineering Division

Ständige Gäste

Prof. Dr. Herwig Brunner

(Ehemaliger Institutsleiter)

Prof. Dr. Dieter Jahn

(Vorsitzender des Kuratoriums 1999 bis 2013)



ANGEBOT UND INFRASTRUKTUR

Das Fraunhofer IGB ist Forschungs- und Entwicklungspartner für Kunden aus der Wirtschaft und der öffentlichen Hand. In unseren Geschäftsfeldern entwickeln, realisieren und optimieren wir Verfahren, Produkte und Anlagen sowie neue Technologien – von Machbarkeitsstudien und ersten Untersuchungen im Labor über den Technikums- und Pilotmaßstab bis zur Einsatzreife. Ein breites Spektrum an Analyse- und Prüfleistungen begleitet unsere FuE-Arbeit.

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

Spitzentechnologien und eine umfangreiche, moderne Geräteausstattung sind für unsere wissenschaftliche Arbeit unerlässlich – davon profitieren auch Sie als unser Kunde. Unsere Labors sind für Arbeiten bis zur biologischen Sicherheitsstufe S2 ausgelegt. Ein neues Technikum wurde zum Jahreswechsel bezogen und in Betrieb genommen. Unser zentrales Chemikalien- und Schadstofflager wird vom gesamten Stuttgarter Fraunhofer-Institutszentrum genutzt.

Qualitätssysteme

Seit vielen Jahren garantieren standardisierte Abläufe und Prozesse am Fraunhofer IGB eine zuverlässige und gleichbleibende Qualität unserer Dienstleistungen und Produkte. Ein leistungsfähiges Qualitätsmanagementsystem stellt sicher, dass ausgewählte Prüfungen nach der internationalen Norm DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert sind. Unser Qualitätssicherungssystem gewährleistet, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Richtlinien der Guten Laborpraxis (engl. Good Laboratory Practice, GLP) erfüllt werden.

Akkreditierter Prüfbereich

Die Akkreditierung ausgewählter Prüflabors und Prüfverfahren in unserer Analytik garantiert, dass auch eigene, am Fraunhofer IGB entwickelte Methoden (Hausverfahren) im erforderlichen Umfang validiert werden. Somit ist die Qualität unserer Prüfungen auch dann gewährleistet, wenn keine genormten Methoden zur Verfügung stehen.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Prüfarten/Prüfverfahren sind:

- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Ionenchromatographie (IC)
- Gaschromatographie (GC, GC/MS)
- Atomemissionsspektrometrie (ICP-AES)
- Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse (ESCA/XPS)
- In-vitro-Prüfung der Zytotoxizität
- In-vitro-Prüfung der Phototoxizität

Akkreditierte Prüfung der Biokompatibilität und Phototoxizität

Die Prüfung der In-vitro-Zytotoxizität erfolgt nach DIN ISO 10993-5 unter Verwendung einer humanen Zelllinie. Mit unserem Hausverfahren zur Prüfung der Phototoxizität untersuchen wir Lösungen und Substanzen hinsichtlich ihres phototoxischen Potenzials an unserem dreidimensionalen Hautmodell. Die Testmethode ist an die OECD-Richtlinie 432 und das INVITTOX-Protokoll Nr. 121 angelehnt.



Gute Laborpraxis – GLP-Prüfeinrichtung

In unserer GLP-Prüfeinrichtung führen wir nicht-klinische Sicherheitsprüfungen der Prüfkategorie 9 («Zellbasierte Testsysteme zur Bestimmung biologischer Parameter») durch. Beispiele sind Bioaktivitäts-, Zytotoxizitäts- und Immunogenitätsprüfungen, das Screening von TLR-Agonisten/Antagonisten, die Testung auf antimikrobielle Eigenschaften von Substanzen oder Oberflächen sowie der Nachweis pyrogener und mikrobieller Rückstände.

Leistungsangebot

Verfahrens-, Technologie- und Produktentwicklung

- Bau von Demonstrationsanlagen und Prototypen
- Implementierung neuer Technologien
- Lizenzierung von Technologien und Verfahren

Beratung und Studien

- Machbarkeitsstudien und Technologieanalysen
- Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsbetrachtungen

Analyse- und Prüfleistungen

Unser breites Angebot an biologischen und physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden macht das Institut zu einem vielseitigen Partner in den Bereichen Medizin und Pharmazie, Lebensmittelproduktion und Chemie sowie in der Umwelt- und Wasseranalytik.

Physikalisch-chemische Analytik

Qualitätskontrolle, Lebensmittelanalytik, Spuren-, Rückstands- und Umweltanalytik, Wasseranalytik

Hochauflösende 400-MHz-NMR-Analytik

Molekülstrukturaufklärung, Reaktionsverfolgung, Tieftemperaturanalytik

Oberflächen- und Partikelanalytik

Charakterisierung chemischer, physikalischer und morphologischer Eigenschaften von Materialoberflächen, dünnen Schichten, Pulvern und Partikeln

Mikrobiologische Bewertung

Prüfung der antimikrobiellen Wirkung von Oberflächen einschließlich photokatalytischer Eigenschaften

Biochemische und molekularbiologische Analytik

Microarrays für die Diagnostik, Proteinexpressionsprofile, Proteinanalytik u. a. mit MALDI-TOF/TOF-Massenspektrometrie

Next-Generation-Sequenzierung

De-novo-Genom-/Transkriptomsequenzierung, Meta-Genom- und Meta-Transkriptomanalysen, Mikrobiomuntersuchungen, Next-Generation-Diagnostik (Infektionen, COPD, etc.)

Zellbiologische Analytik

Zellcharakterisierung, Einzelzell-Entnahme/Mikrodissektion, durchflusszytometrische Analysen, Qualitäts- und Sterilitätskontrolle von Tissue-Engineering-Produkten

Zell-Material-Wechselwirkungen

Zytotoxizität/Biokompatibilität von Forschungs- und Industrieprodukten, Phototoxizität von Substanzen und Lösungen

Weitere Informationen zu

unserem Analytik-Leistungsangebot
finden Sie unter:

www.igb.fraunhofer.de/analytik



DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Haushalt

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr ein Volumen von 29,4 Mio €. Auf den Betriebshaushalt entfielen 26,5 Mio €, davon 14,9 Mio € auf den Personalaufwand und 11,6 Mio € auf den Sachaufwand. Investitionen wurden in Höhe von 2,9 Mio € getätigt.

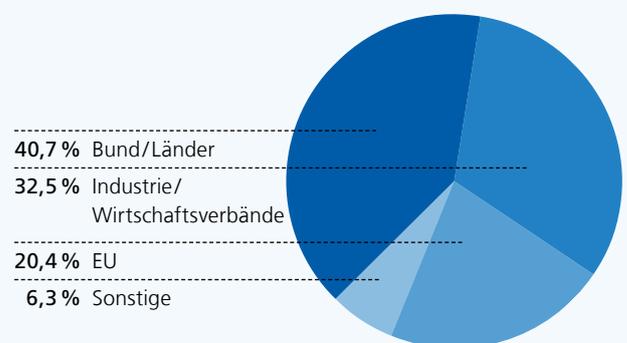
71,0 Prozent des Betriebshaushaltes waren eigene Erträge. 32,5 Prozent der Eigenenerträge stammen aus Projekten, die unmittelbar für industrielle Auftraggeber abgewickelt wurden.

Entwicklung des Gesamthaushalts



* inkl. CBP (nach Abschluss der Anschubfinanzierungsphase)

Herkunft der eigenen Erträge 2016



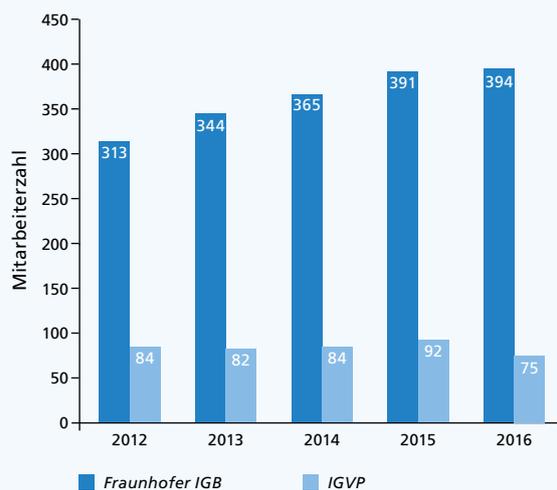
Personal

Am 31. Dezember 2016 waren am Fraunhofer IGB in Stuttgart und seinen Institutsteilen in Straubing, Würzburg und Leuna 394 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon nahezu 90 Prozent im wissenschaftlichen und technischen Bereich. Der Frauenanteil betrug 55 Prozent.

75 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Doktorandinnen und Doktoranden, zudem technisches Personal und studentische Hilfskräfte, zählte das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP der Universität Stuttgart zum 31. Dezember 2016. Der Frauenanteil am IGVP betrug 27 Prozent.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IGB, seiner Institutsteile und des IGVP arbeiten eng vernetzt. Bemerkenswert ist auch die kulturelle Vielfalt der Einrichtungen: 33 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kommen aus 25 verschiedenen Ländern außerhalb Deutschlands.

Entwicklung der Mitarbeiterzahlen



Zahl der Mitarbeitenden zum 31.12.2016	Fraunhofer IGB	IGVP
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler	95	12
Technisches Personal	101	13
Doktorandinnen und Doktoranden	2	31
Verwaltung/Sekretariate	39	4
Auszubildende	13	5
Stipendiaten	–	9
Studierende mit Abschlussarbeiten (Master, Bachelor), Praktikanten	49	(55)*
Studentische/wissenschaftliche Hilfskräfte	95	1
	394	75

* Studierende mit Abschlussarbeiten am IGVP wurden nicht als Mitarbeitende gezählt.

ORGANIGRAMM

Institutsleitung (kommissarisch, geschäftsführend)



Prof. Dr. Katja Schenke-Layland
Telefon +49 711 970-4082
katja.schenke-layland@
igb.fraunhofer.de

Institutsleitung (kommissarisch)



Hon.-Prof. Dr. Christian Oehr
Telefon +49 711 970-4137
christian.oehr@igb.fraunhofer.de

Stellvertretende Institutsleitung



apl. Prof. Dr. Steffen Rupp
Telefon +49 711 970-4045
steffen.rupp@igb.fraunhofer.de

Assistenz der Institutsleitung



Sara Bevilacqua
Telefon +49 711 970-4402
sara.bevilacqua@igb.fraunhofer.de

GRENZFLÄCHENTECHNOLOGIE UND MATERIALWISSENSCHAFT



Hon.-Prof. Dr. Christian Oehr
Telefon +49 711 970-4137
christian.oehr@igb.fraunhofer.de



Dr. Thomas Schiestel
Telefon +49 711 970-4164
thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de



Dr. Achim Weber
Telefon +49 711 970-4022
achim.weber@igb.fraunhofer.de

- Membranen
- Partikuläre Systeme und Formulierungen
- Plasmatechnik und dünne Schichten
- Polymere Grenzflächen und Biomaterialien

MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE



apl. Prof. Dr. Steffen Rupp
Telefon +49 711 970-4045
steffen.rupp@igb.fraunhofer.de



Dr. Anke Burger-Kentischer
Telefon +49 711 970-4023
anke.burger-kentischer@
igb.fraunhofer.de



Dr. Kai Sohn
Telefon +49 711 970-4055
kai.sohn@igb.fraunhofer.de

- Infektionsbiologie und Arraytechnologie
- Functional Genomics
- Molekulare Zelltechnologie
- Industrielle Biotechnologie
- Analytik

PHYSIKALISCHE PROZESSTECHNIK



Dipl.-Ing. Siegfried Egner
Telefon +49 711 970-3643
siegfried.egner@igb.fraunhofer.de



Dr. Thomas Scherer
Telefon +49 711 970-4091
thomas.scherer@igb.fraunhofer.de



Dr. Ana Lucía Vázquez-Caicedo
Telefon +49 711 970-3669
analucia.vasquez@igb.fraunhofer.de

- Wärme- und Sorptionssysteme
- Physikalisch-chemische Wassertechnologien
- Nährstoffmanagement
- Aseptische Technologien
- Prototypenentwicklung

**Verwaltungsleitung
Controlling und Finanzen**



Dipl.-Kfm. Michael Bangert
Telefon +49 711 970-4019
michael.bangert@igb.fraunhofer.de

**Verwaltungsleitung
Personal und Organisation**



Katja Rösslein M. A.
Telefon +49 711 970-4009
katja.roesslein@igb.fraunhofer.de

Business Development



Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg MBA
Telefon +49 711 970-4003
sabine.krieg@igb.fraunhofer.de

Business Development



Dr. Uwe Vohrer
Telefon +49 711 970-4134
uwe.vohrer@igb.fraunhofer.de

Presse und Öffentlichkeitsarbeit



Dr. Claudia Vorbeck
Telefon +49 711 970-4031
claudia.vorbeck@igb.fraunhofer.de

**UMWELTBIOTECHNOLOGIE
UND BIOVERFAHRENSTECHNIK**



Dr.-Ing. Ursula Schließmann
Telefon +49 711 970-4222
ursula.schliessmann@
igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Dieter Bryniok
Telefon +49 711 970-4211
dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de



Dr. Iris Trick
Telefon +49 711 970-4217
iris.trick@igb.fraunhofer.de

- Algentechnik
- Bioprozesstechnik
- Bioenergie
- Integriertes Wassermanagement

**ZELL- UND
TISSUE ENGINEERING**



Prof. Dr. Petra Kluger
Telefon +49 711 970-4072
petra.kluger@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Katja Schenke-Layland
Telefon +49 711 970-4082
katja.schenke-layland@
igb.fraunhofer.de



Dr. Svenja Hinderer
Telefon +49 711 970-4196
svenja.hinderer@igb.fraunhofer.de

- Kardiovaskuläre Systeme, Biomaterialien und Bioimaging
- Attract-Gruppe »Organ-on-a-Chip«

INSTITUTSTEILE

Fraunhofer CBP, Leuna



Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach
Telefon +49 3461 43-9101
gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de

BioCat, Straubing



Prof. Dr. Volker Sieber
Telefon +49 9421 187-300
volker.sieber@igb.fraunhofer.de

**Translationszentrum Regenerative Therapien,
Würzburg**



Prof. Dr. Heike Walles
Telefon +49 931 31-88828
heike.walles@igb.fraunhofer.de

FRAUNHOFER IGB IN NETZWERKEN

Das Fraunhofer IGB ist aktives Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken. Kooperationen mit verschiedenen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Fraunhofer-Instituten ergänzen die eigenen Kompetenzen und ermöglichen es uns, Synergien im Sinne unserer industriellen Kunden zu nutzen. Ebenso treiben wir über unser Netzwerk strategische, wirtschaftliche und nachhaltige Positionen im forschungspolitischen Umfeld voran.

Vernetzung mit Universitäten

Die Erforschung der Grundlagen ermöglicht die Anwendungen von morgen. Daher halten wir am Institut die Kontakte zu den benachbarten Universitäten so eng wie möglich: über wissenschaftliche Kooperationen ebenso wie über eine Universitätsprofessur oder Lehrbefugnis unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Durch die Einbindung unserer Institutsteile in Straubing, Würzburg und Leuna konnten wir unser wissenschaftliches Netzwerk auch auf Standorte außerhalb Stuttgarts ausdehnen. Das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP an der Universität Stuttgart (siehe S. 42) ist dem Fraunhofer IGB durch zahlreiche Lehrtätigkeiten und einen gemeinsamen Betrieb besonders eng verbunden.

- **Priv.-Doz. Dr. Susanne Bailer**

Lehrbefugnis in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart

- **Dr. Kirsten Borchers**

Lehrauftrag in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart

- **Prof. Dr. Dieter Bryniok**

Professur für Umweltbiotechnologie, Hochschule Hamm-Lippstadt

- **Prof. Dr. Petra Kluger**

Professur für Tissue Engineering an der Hochschule Reutlingen, Fakultät Angewandte Chemie

- **Hon.-Prof. Dr. Christian Oehr**

Lehrauftrag der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart

- **apl. Prof. Dr. Steffen Rupp**

Außerplanmäßige Professur und Lehrbefugnis in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart

- **Prof. Dr. Katja Schenke-Layland**

Professorin für Medizintechnik und Regenerative Medizin, Department für Frauengesundheit, Forschungsinstitut für Frauengesundheit, Eberhard Karls Universität Tübingen; Adjunct Associate Professor an der David Geffen School of Medicine, Abteilung Kardiologie, University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, Kalifornien, USA

- **Dr.-Ing. Ursula Schließmann**

Lehrtätigkeit in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart

- **Prof. Dr. Volker Sieber**

Professur und Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe, Technische Universität München

■ **apl. Prof. Dr. Günter Tovar**

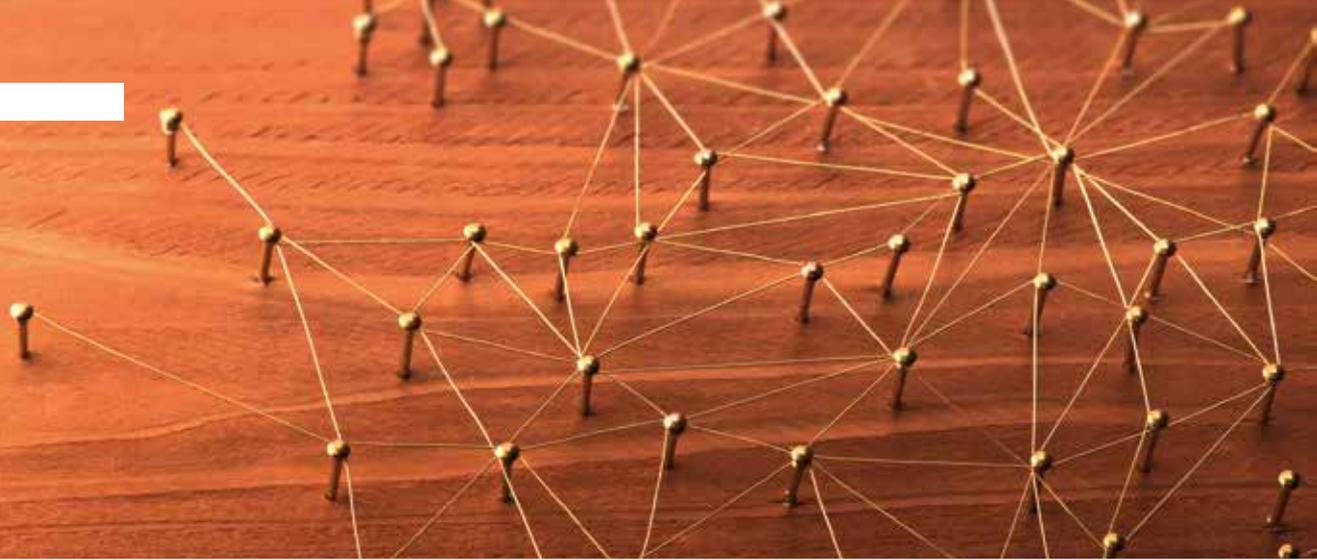
Außerplanmäßige Professur und Lehrbefugnis in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und in der Fakultät Chemie, Universität Stuttgart;
Kommissarischer Institutsleiter des Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, Universität Stuttgart (seit Januar 2016)

■ **Prof. Dr. Heike Walles**

Professur und Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin, Universität Würzburg

Darüber hinaus sind wir mit zahlreichen weiteren Universitäten und Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Kliniken vernetzt.





Ausgewählte Netzwerke Fraunhofer IGB

- BioMedTech e. V.
- Brennstoffzellen- und Batterie-Allianz BW (BBA-BW)
- CLIB2021 Cluster Industrielle Biotechnologie e. V.
- Deutsche Phosphor-Plattform DPP e. V.
- EU-Arbeitskreis der wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg
- European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP)
- European Technology Platform for Water WssTP
- Forum MedTech Pharma e. V.
- Forschungsallianz Kulturerbe
- Fraunhofer-EU-Netzwerk
- Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit
- Fraunhofer-Netzwerk International Business Development (IBD)
- German Water Partnership e. V.
- Industrielle Biotechnologie Bayern Netzwerk GmbH – IBB Netzwerk GmbH
- Innovationsnetzwerk Regeneratives Methanol

Ausgewählte Netzwerke Fraunhofer CBP

- BioEconomy Spitzencluster
- Wissenschaftscampus Pflanzenbasierte Bioökonomie Halle (WCH)
- Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany (HYPOS)
- Fraunhofer-Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik«
- ERIFORE – European Research Infrastructure for Circular Forest Bioeconomy
- SmartPilots Interreg Europe
- COST Action FP1306 »Valorisation of lignocellulosic biomass to Chemicals, Materials and Fuels«
- ZIM-Kooperationsnetzwerke Bioraffinerien (BioRaf) und Iberischer Drachenkopf (ProIDRA)
- Wood K plus – Kompetenzzentrum für Holzverbundwerkstoffe und Holzchemie

Weitere Informationen zu Netzwerken mit dem IGB finden Sie unter:

www.igb.fraunhofer.de/netzwerk



Weitere Informationen zu Netzwerken mit dem CBP finden Sie unter:

www.cbp.fraunhofer.de/netzwerk



FRAUNHOFER-VERBÜNDE UND -ALLIANZEN

Fachlich verwandte Fraunhofer-Institute organisieren sich in Verbänden, treten gemeinsam am FuE-Markt auf und wirken in der Fraunhofer-Unternehmenspolitik mit. Institute bzw. Abteilungen mit einander ergänzenden Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu vermarkten. Das Fraunhofer IGB, dem Fraunhofer-Verbund Life Sciences zugeordnet und aufgrund seiner materialwissenschaftlichen Ausrichtung zusätzlich Gast im Verbund MATERIALS, ist über die Allianzen bestens in der Fraunhofer-Gesellschaft vernetzt.

Fraunhofer-Verbünde

- **Fraunhofer-Verbund Life Sciences**
www.lifesciences.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Verbund Werkstoffe und Bauteile – MATERIALS (Gast)**
www.materials.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianzen

- **Fraunhofer-Allianz Bau**
www.bau.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Big Data**
www.bigdata.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Energie**
www.energie.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Food Chain Management**
www.fcm.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung**
www.generativ.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie**
www.nano.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Photokatalyse**
www.photokatalyse.fraunhofer.de

- **Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO®**
www.polo.fraunhofer.de
- **Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik**
www.allianz-reinigungstechnik.de
- **Fraunhofer-Allianz SysWasser**
www.syswasser.de
- **Fraunhofer-Allianz Textil**
www.textil.fraunhofer.de

Darüber hinaus forschen Fraunhofer-Institute innerhalb von Fraunhofer-Forschungsprogrammen zusammen. Das IGB ist an den aktuellen Leitprojekten »Theranostische Implantate«, »Seltene Erden«, »E³-Produktion« und »Strom als Rohstoff« beteiligt.

Weitere Informationen zu Verbänden und Allianzen mit dem IGB finden Sie unter:
www.igb.fraunhofer.de/netzwerk



HIGHLIGHTS 2016

FORSCHUNG – KOOPERATIONEN UND PROJEKTE

CO₂ vernetzt – vom Klimaschädling zum gefragten Rohstoff

Im Juli 2016 wurde das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte ZIM-Kooperationsnetzwerk »UseCO₂« bewilligt. In dessen Rahmen entwickeln 19 Partner aus Forschung und Industrie biotechnologische und chemisch-physikalische Verfahren, um Kohlenstoffdioxid aus der Luft zu binden und als Rohstoff zur Herstellung von Basis- und Spezialchemikalien oder Kraftstoffen wieder nutzbar zu machen. Das Fraunhofer IGB ist über seinen Straubinger Institutsteil Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat am Netzwerk beteiligt.

Benzinzusatzstoffe aus Zucker

1

Kraftstoffadditive wie Isooktan werden bisher aus Erdöl hergestellt. Im Auftrag des französisch-deutschen Unternehmens Global Bioenergies stellt das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna bald biobasierte Zusatzstoffe für Benzin her. Die Forscher des CBP entwickeln dafür die entsprechenden chemischen Verfahren, validieren sie und übertragen sie in einen industriellen Maßstab. Ausgangsstoff ist biobasiertes Isobuten, das seit Herbst 2016 in einer Pilotanlage hergestellt wird, die Global Bioenergies am Fraunhofer CBP installiert hat.

Effektive Polio-Impfstoffe mit Elektronenstrahlen

In einem von der Bill & Melinda Gates Stiftung (BMGF) geförderten Projekt wollen vier Fraunhofer-Institute unter Federführung des Fraunhofer IZI seit September 2016 wirksamere Impfstoffe für Polio herstellen. Dabei soll ein neues Verfahren zur Anwendung kommen, das Viren und andere Krankheitserreger mit niedrigerenergetischer Elektronenbestrahlung inaktiviert. Der Vorteil: Die Bestrahlung zerstört die zur Vermehrung der Viren notwendige Erbsubstanz, die für die Immunantwort wichtigen antigenen Strukturproteine bleiben jedoch besser erhalten. Die Bill & Melinda Gates Stiftung fördert das Projekt mit 1,85 Mio USD. Ziel ist es, mit dem neuen Verfahren Kosten bei der Herstellung zu sparen, um auch ärmeren Ländern den dringend benötigten Zugang zu Polio-Impfstoffen zu ermöglichen. Die Untersuchungen zur Antigenqualität des neuen Polioimpfstoffes, nach der Inaktivierung des Virus mittels Elektronenstrahlen, werden am IGB erfolgen.



1



2



3

Mehr Nachhaltigkeit in der Forschung

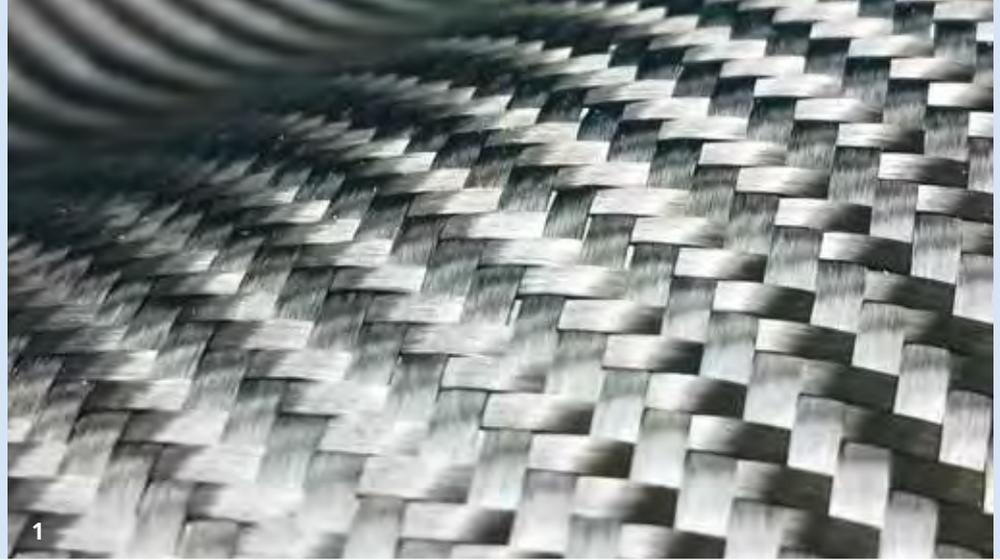
Als Ergebnis des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts LeNa von Fraunhofer-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft und Leibniz-Gemeinschaft überreichten die Präsidenten der Forschungseinrichtungen Bundesforschungsministerin Johanna Wanka am 6. Oktober 2016 beim BMBF-Symposium »Sustainability in Science« (SiSi) in Berlin die Handreichung »Nachhaltigkeitsmanagement für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen«. Ziel des Projekts, an dem das Fraunhofer IGB maßgeblich mitwirkte, war die Entwicklung eines einheitlichen Verständnisses davon, in welchen Handlungsfeldern außeruniversitäre Forschungseinrichtungen als Organisation und Arbeitgeber einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten können.

B2U – Personalisierte Produkte als neues Geschäftsmodell 2

»Mass Personalization – Mit personalisierten Produkten zum Business-to-User (B2U)« heißt ein neues Konzept der Stuttgarter Fraunhofer-Institute IPA, IAO, IBP und IGB. Bei »massenpersonalisierten« Produkten werden die Endverbraucher die Produktherstellung mitgestalten. In ihrer im Oktober 2016 vorgestellten Studie identifizierten die Institute drei Bedürfnisfelder, die zukünftig eine zentrale Rolle spielen werden: Mobilität, Gesundheit und Wohnen. Das Konzept ist auch Grundlage der Standortinitiative »Leistungszentrum Mass Personalization«, das im Juli 2017 an den Start gehen wird. Die Fähigkeit, personalisierte Produkte in Stückzahl eins zu den Kosten eines Massenprodukts und unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit zu entwickeln, zu designen und herzustellen ist dabei die zentrale Herausforderung.

Pilotanlage zur Herstellung von »grünem« Wasserstoff entsteht in Leuna 3

Für die elektrolytische Spaltung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff kann Überschussstrom aus erneuerbaren Energiequellen genutzt werden. Der Chemiepark Leuna bietet beste Voraussetzungen für den Aufbau einer Elektrolyse-Test- und Versuchsplattform: Der Wasserstoff lässt sich hier direkt in das Pipelinenetz einspeisen und von ansässigen Chemie-Unternehmen nutzen. Im Oktober 2016 übergab Jörg Felgner, Minister für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt, die Absichtserklärung zur Finanzierungsbeihilfe des Landes. Die gemeinsame Forschungsplattform des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in Halle und des Fraunhofer-Zentrums für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna soll ab 2018 einsatzbereit sein.



FRAUNHOFER IGB INTERNATIONAL

Neue EU-Projekte in Horizont 2020

Horizont 2020 ist das achte Rahmenprogramm für Forschung und Innovation der Europäischen Union und gleichzeitig das weltweit größte in sich geschlossene Forschungs- und Innovationsprogramm mit fast 80 Mrd Euro Förderung für einen Zeitraum von sieben Jahren von 2014 bis 2020.

Die ersten drei Jahre des siebenjährigen Forschungsrahmenprogramms sind bereits vergangen. Die Kommission wertet das Programm und seine Neuerungen in einer Zwischen-evaluierung aus und die Vorbereitungen für das neunte Forschungsrahmenprogramm haben bereits begonnen.

Das Fraunhofer IGB konnte sich im Jahr 2016 über die Beteiligung an drei weiteren H2020-Projekten freuen, darunter auch ein Projekt in koordinierender Funktion. Weitere Ergebnisse stehen noch aus.

Neue Projekte in der Säule I

»Wissenschaftsexzellenz«

Das Fraunhofer IGB ist auch in Horizont 2020 wieder an Marie-Sklodowska-Curie-Netzwerkprojekten beteiligt. Die Projekte GreenCarbon sowie BIOCLEAN starteten im Oktober 2016.

Ziel dieser Projekte ist es, herausragende Doktorandinnen und Doktoranden im Rahmen von exzellenten Forschungsvorhaben strukturiert auszubilden. Die teilnehmenden Projektpartner kommen dabei aus unterschiedlichen Sektoren. Die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses erfolgt intersektoral sowie interdisziplinär.

GreenCarbon

Im Projekt GreenCarbon werden Kohlenstoffmaterialien auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und diese als Katalysator oder als Adsorbentmaterial für Hochleistungsanwendungen weiterentwickelt.

BIOCLEAN

Ziel des Netzwerkprojekts BIOCLEAN ist es, dass hochqualifizierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler aus den Bereichen Chemie, Ingenieurwesen sowie experimenteller Mikrobiologie am Ende ihrer Ausbildung Biofilme effektiv managen können.



2

Neue Projekte in der Säule II »Führende Rolle der Industrie«

ELSi

2

Im Laufe der vergangenen 25 Jahre haben sich Photovoltaik(PV)-Anlagen rasant in Europa verbreitet. Die ersten dieser PV-Systeme erreichen nun das Ende ihrer Lebensdauer. Deren Entsorgung stellt eine große Herausforderung dar, welche in den kommenden Jahren weiter zunehmen wird. Seit Mai 2016 widmet sich das industriegetriebene EU-Projekt ELSi im Rahmen seiner zweijährigen Projektlaufzeit genau dieser Herausforderung. ELSi ist ein Förderprojekt der Pilotmaßnahme »Fast Track to Innovation«. Mit dem Fraunhofer IGB als Forschungspartner erarbeitet das ELSi-Team einen vielversprechenden Ansatz zur Rückgewinnung und Wiederverwertung aller Materialien aus siliziumbasierten Photovoltaik-Modulen im Industriemaßstab.

Das ELSi-Projekt wird ein vollständiges Recyclingsystem demonstrieren und validieren, um damit eine angemessene Entsorgung von PV-Modulen und die Rückgewinnung wertvoller Materialien zu ermöglichen.

Nose2Brain-patch

Im Januar 2017 wird das von Fraunhofer koordinierte Projekt N2B-patch seine vierjährige Forschungsarbeit aufnehmen. Ziel ist die Entwicklung einer intranasalen Applikationsplattform für Biopharmazeutika, die auf das zentrale Nervensystem wirken. Hierbei soll eine innovative galenische Formulierung auf Biomaterialbasis mit einem speziellen Applikator kombiniert und als Hydrogelpflaster am Riechepithel zur Therapie von Multipler Sklerose appliziert werden.

Abgeschlossene Projekte aus dem 7. Forschungsrahmenprogramm

Im Jahr 2016 konnten einige Projekte des 7. Forschungsrahmenprogramms erfolgreich abgeschlossen werden. Darunter unter anderem die vom Fraunhofer IGB koordinierten Projekte ECOWAMA, NAWADES, REWAGEN, BioEcoSim sowie HiPerDry. Nähere Informationen zu den einzelnen Projekten finden Sie auf den jeweiligen Projektwebsites sowie auf der Homepage des Fraunhofer IGB.

Ausblick

Bereits im Januar 2017 hat sich das Fraunhofer IGB auf weitere relevante Bekanntmachungen beworben und hofft weiterhin, einige interessante EU-Projekte für sich gewinnen zu können. Zudem wird mit Spannung das neue Arbeitsprogramm für die Jahre 2018–2020 erwartet, welches im Herbst 2017 veröffentlicht werden soll.

Weitere Informationen zu den
EU-Projekten des Fraunhofer IGB
finden Sie unter:

www.igb.fraunhofer.de/eu





Strategisch vernetzte Netzwerke

1

Angewandte Forschung für Europa – strategisch vernetzt

Das Fraunhofer IGB forscht und entwickelt in 72 Projekten zusammen mit mehr als 400 Partnern aus zahlreichen europäischen Ländern Lösungen für die Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung. Im Fokus stehen dabei stets Prozesse und Produkte für die gesellschaftlichen Bedarfssfelder Gesundheit, Umwelt und Energie. Hier ist das IGB ein gefragter Partner für Forschungseinrichtungen und Firmen und agiert als besonders aktiver Netzwerkpartner.

2016 ging das Institut mit dem Ausbau bestehender Netzwerke zu strategischen Initiativen auf europäischer Ebene noch einen Schritt weiter. Hierzu gehören Projekte wie ERIFORE (European Research Infrastructure for Circular Forest Bioeconomy), bei dem Partner gemeinsame Infrastrukturen für eine holzbasierte Bioökonomie bewerten und nachhaltig aufbauen, oder Interreg SmartPilots, in dem Firmen europaweit vernetzte Pilotanlagen zur ressourceneffizienten Nutzung angeboten werden. Für die sich im Aufbau befindende Forschungsplattform für industrielle Biotechnologie und synthetische Biologie (IBISBA, Industrial Biotechnology Innovation and Synthetic Biology Accelerator) leistet das Fraunhofer IGB zusammen mit dem Fraunhofer CBP einen Beitrag zur Entwicklung ressourcenschonender und innovativer europäischer Infrastrukturen. Es folgt damit den Vorgaben und Zielen, die die EU-Kommission durch das Horizont-2020-Forschungsrahmenprogramm vorgegeben hat: der Zusammenführung von Forschungsergebnissen aus den vorangegangenen Forschungsrahmenprogrammen zu Systemansätzen und deren Implementierung in einer Innovationsunion Europa.

Fraunhofer IGB und CBP haben bereits im nationalen Kontext profunde Erfahrungen mit der Entwicklung und dem strategischem Ausbau von Systemansätzen im Themenfeld Bioökonomie. Sie können daher schneller als andere nicht nur Wertschöpfungsketten für Einzelthemen, sondern thematisch übergreifende Wertschöpfungskreisläufe konzeptionieren und gemeinsam mit langjährigen Partnern aus Forschung, Politik und Wirtschaft umsetzen.

EU-Politik aktiv mitgestalten

Im Rahmen seiner Mitgliedschaft im Fraunhofer-Netzwerk International Business Development leistete das Fraunhofer IGB einen Beitrag zum Thema Internationalisierung europäischer Forschungseinrichtungen. Das Ergebnis eines durch das Joint Research Centre (JRC) initiierten und durch die European Association of Research and Technology Organizations (EARTO) unterstützten Konzepts wurde als »Policy Brief on the Internationalisation of RTOs« Ende Januar 2017 in Brüssel vorgestellt. Auch hier geht es um die strategische Vernetzung existierender Netzwerke und den Aufbau langanhaltender ressourceneffizienter Infrastrukturen für europäische Forschungseinrichtungen.



Internationales Training

2

Übergang zu einer biobasierten Wirtschaft

15 Mitarbeitende der indonesischen staatlichen Forschungsagentur BPPT (Agency for the Assessment and Application of Technology) nahmen im November 2016 an einem von Fraunhofer organisierten Trainingskurs zum Thema »Von der Petrochemie zur biobasierten Wirtschaft« teil. Die Teilnehmenden absolvierten zunächst eine Trainingswoche am Fraunhofer WKI in Braunschweig und lernten dort die Grundlagen nachhaltiger Aspekte der holzbasierten Ökonomie kennen. Danach erhielten sie am Fraunhofer IGB in Stuttgart Einblick in Labormethoden für die biotechnologische Herstellung nachhaltiger biobasierter Produkte, um dann am Fraunhofer CBP mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Umsetzungsbeispiele in den großtechnischen Maßstab im Detail zu diskutieren. Parallel bot das Training Gelegenheit zu verschiedenen Firmenbesuchen.

Kontakt



Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg MBA

Internationale Kontakte,
Projektanbahnung
Telefon +49 711 970-4003
sabine.krieg@igb.fraunhofer.de



Dipl.-Kffr. Jenny Ullrich

EU-Projekte, Projektmanagement
Telefon +49 711 970-4070
jenny.ullrich@igb.fraunhofer.de



PERSONALIA, PREISE, BEGEGNUNGEN

Erweiterungsbau in Straubing eingeweiht

1

Mit einem Festakt und dem Symposium »Power-to-X« eröffnete der IGB-Institutsteil Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat in Straubing am 9. März 2016 seinen Erweiterungsbau. Zur feierlichen Einweihung kamen Gäste aus Wissenschaft und Wirtschaft sowie Vertreter aus der Politik nach Straubing, unter anderem Stefan Müller, Parlamentarischer Staatssekretär am Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), sowie Franz Pschierer, Staatssekretär am Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Medien, Energie und Technologie.

Honorarprofessur für Dr. Christian Oehr

Für seine Verdienste an der Universität Stuttgart wurde Dr. Christian Oehr im April 2016 durch den Senat der Hochschule zum Honorarprofessor bestellt. Damit würdigt die Universität die langjährige Lehrtätigkeit des kommissarischen IGB-Institutsleiters, der seit 1996 an der Fakultät für Energie-, Verfahrens- und Biotechnik unterrichtet.

GreenTec Award für Anti-Eis-Folien

2

Im Rahmen einer feierlichen Gala wurden am 29. Mai 2016 zum Auftakt der Messe IFAT in München die GreenTec Awards 2016 verliehen, Europas wichtigste Auszeichnung für Umwelttechnologie. Das Fraunhofer IGB durfte den zweiten Preis in der Kategorie »Luftfahrt« für die am Institut entwickelten selbsthaftenden Anti-Eis-Folien entgegennehmen.

Förderpreis für internationale Augenforschung an Katja Schenke-Layland

Im Juni 2016 wurde Prof. Dr. Katja Schenke-Layland mit dem Harold F. Spalter International Research Scholar Award der amerikanischen Organisation »Research to Prevent Blindness (RPB)« ausgezeichnet. Der Award ermöglicht es der Wissenschaftlerin, eine strategische Kooperation mit dem Eye Institute der Keck School of Medicine an der University of Southern California (USC) aufzubauen. Ziel ist es, ein In-vitro-Modell der Tränendrüse zu entwickeln, um stammzellbasierte Therapien für Menschen zu entwickeln, die am Sjögren-Syndrom leiden.



Heike Walles ist Mitglied bei acatech

Prof. Dr. Heike Walles, Leiterin des Würzburger Institutsteils des Fraunhofer IGB und des Lehrstuhls für Tissue Engineering und Regenerative Medizin am Universitätsklinikum Würzburg, wurde bereits 2015 von der Mitgliederversammlung der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) als neues Mitglied gewählt. Anlässlich der acatech-Festveranstaltung am 12. Oktober 2016 in Berlin überreichten ihr die acatech-Präsidenten Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl und Prof. Dr. Henning Kagermann auf der begleitenden Mitgliederversammlung die offizielle Aufnahmeurkunde.

IGB-Ausgründung überzeugt bei Businessplan-Wettbewerb

3

Mit der Idee einer zellfreien Proteintherapie nach Herzinfarkten plant ein Team um Prof. Dr. Katja Schenke-Layland die Gründung eines medizintechnischen Start-ups. Mit ihrem Businessplan sicherte sich das Team im November 2016 den Einzug ins Finale des CyberOne Hightech Awards 2016. Der vom bwcon-Netzwerk ausgeschriebene Preis wird für besonders zukunftsweisende Geschäftsideen verliehen. Geschäftsführer der Ausgründung Renovatum Therapeutics wird Shannon Layland, als Wissenschaftler ist der Kardiologe Prof. Dr. Ali Nsair beteiligt, kommissarischer Direktor für das Herztransplantationsprogramm an der University of California in Los Angeles (UCLA).



NACHWUCHSFÖRDERUNG

Heute bereits an Lösungen für die Herausforderungen von morgen zu arbeiten, ist das Ziel der Fraunhofer-Gesellschaft. Das bedeutet auch, schon jetzt dafür zu sorgen, dass auch in Zukunft kluge Köpfe ihre Talente in die Fraunhofer-Forschung einbringen. Deswegen engagieren sich das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart und das Fraunhofer IGB in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. So gab es auch 2016 am Stuttgarter Forschungscampus wieder Veranstaltungen und Initiativen, um Schülerinnen und Schüler für MINT-Fächer zu begeistern und Studierenden in naturwissenschaftlichen Fächern Karrierechancen bei Fraunhofer aufzuzeigen.

Fraunhofer Talent School

1

Bei der Fraunhofer Talent School in Stuttgart erhalten Schülerinnen und Schüler ab 15 Jahren einen ausführlichen Einblick in das Arbeiten und Forschen bei Fraunhofer. Die Stuttgarter Institute bieten ihren Gästen dreitägige Workshops an, in denen sie selbst wissenschaftlich arbeiten können. Am Fraunhofer IGB tauchten die Schülerinnen und Schüler in die Welt der Molekularbiologie ein. Dazu schlüpfen sie im Workshop »CSI Stuttgart« in die Rolle von Ermittlern und lösten anhand selbst durchgeführter DNA-Analysen einen spannenden Kriminalfall. Unter der Aufsicht der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Forschungsgruppe Funktionelle Genomanalysen isolierten die Teilnehmenden DNA aus ihren Speichelproben und nahmen anschließend eine molekulare Charakterisierung vor. Auf diesem Weg erstellten sie einen genetischen Fingerabdruck, der dann die Identifizierung des »Täters« ermöglichte.

www.stuttgart.fraunhofer.deltalents

oftmals immer noch als »typisch männlich« wahrgenommen werden. Um solche Vorurteile und Hemmnisse abzubauen, rief das Bundesministerium für Bildung und Forschung 2001 den Girls' Day als bundesweiten Aktionstag ins Leben. Bereits seit 2003 beteiligt sich auch das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart am Girls' Day und bietet jedes Jahr ein breitgefächertes Programm mit Führungen an den Instituten an. Seither hat sich die Anzahl der Veranstaltungen und Teilnehmerinnen stetig gesteigert. Im April 2016 kamen 63 Schülerinnen im Alter zwischen 10 und 16 Jahren zum Girls' Day am Stuttgarter Fraunhofer-Campus. Das Fraunhofer IGB beteiligte sich in diesem Rahmen mit den Führungen »Maßgeschneiderte Gewebe aus dem Labor« und »Die Natur als chemische Fabrik«.

www.stuttgart.fraunhofer.delgirlsday

BOGY – Berufs- und Studienorientierung an Gymnasium

Für Schülerinnen und Schüler bietet das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart jährlich zahlreiche Schülerpraktika im Rahmen der »Berufsorientierung am Gymnasium (BoGy)« an. Damit will Fraunhofer junge Menschen schon frühzeitig für die Wissenschaft begeistern. Voraussetzung für ein einwöchiges BoGy-Praktikum ist ein besonderes Interesse der Schülerinnen und Schüler an natur- und ingenieurwissenschaftlichen

Girls' Day

2

Der Girls' Day richtet sich an junge Mädchen, um diese für eine Karriere in MINT-Berufen zu motivieren – den Berufen, die



Fächern. Am Fraunhofer IGB waren im Jahr 2016 insgesamt 14 BoGy-Praktikantinnen und Praktikanten zu Gast, davon sieben Jungen und ebenso viele Mädchen.

www.stuttgart.fraunhofer.delbogy

Wissen schafft Zukunft – Deine Karriere mit Fraunhofer in Stuttgart

Der jährliche Aktionstag »Checkpoint Zukunft« präsentierte sich 2016 erstmals in neuem Gewand – unter neuem Titel und mit überarbeitetem Konzept. Unter der Parole »Wissen schafft Zukunft« lud das Fraunhofer-Institutszentrum wieder Studierende zu einem Karrieretag auf dem Stuttgarter Forschungscampus ein. Anstelle von Vorträgen gab es Diskussionsrunden. Diese »Insider-Einblicke« boten ihnen die Möglichkeit, mit Fraunhofer-Mitarbeitenden aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen und Karriereebenen ins Gespräch zu kommen. Im Mittelpunkt standen daneben weiterhin die bewährten Führungen durch die Forschungsabteilungen der Institute. Das Fraunhofer IGB beteiligte sich mit den Themen »Tissue Engineering« und »Algentechnologie«.

www.stuttgart.fraunhofer.delkarrieretag

»Your future in Stuttgart«

Seit zwei Jahren wendet sich die Stadt Stuttgart mit einem Informationstag speziell an internationale Studierende, die an den Hochschulen in der Region Stuttgart eingeschrieben sind. Das Ziel dieser Veranstaltung ist, talentierte junge Fachkräfte für eine Karriere in der Stadt und der umliegenden Region zu begeistern. Neben namhaften regionalen Unternehmen beteiligten sich auch die Stuttgarter Fraunhofer-Institute und boten den Besuchern einen Workshop zum Thema Promotion bei Fraunhofer an. Mitarbeitende berichteten dabei von ihren persönlichen Erfahrungen und standen den internationalen Studierenden Rede und Antwort auf deren Fragen.

www.stuttgart.delenlyour-future-in-stuttgart

Duale Ausbildung am Fraunhofer IGB

Als Forschungseinrichtung engagiert sich das Fraunhofer IGB naturgemäß sehr intensiv in der Förderung von Studierenden. Doch auch die nicht-universitäre Ausbildung von jungen Frauen und Männern nimmt am Institut einen hohen Stellenwert ein. So gab es im Jahr 2016 insgesamt sechs Neuanstellungen von Auszubildenden. Im Herbst begannen drei Biologielaborantinnen und -laboranten sowie zwei Chemielaborantinnen und -laboranten ihre Ausbildung am IGB. Und auch im Bereich der Verwaltung gab es Zuwachs: Dort startete eine neue Kollegin ihre Ausbildung zur Kauffrau für Büromanagement.

Die Auszubildenden durchlaufen neben der Berufsschule mehrere Stationen am Institut, sodass sie die vielfältigen Arbeitsbereiche einer Forschungseinrichtung kennenlernen, um sich auf diese Weise für spätere Tätigkeiten in der Forschung oder in der Industrie zu qualifizieren. Sollten sich die Auszubildenden im Anschluss an ihre Ausbildung für ein Studium entscheiden, werden sie vom Fraunhofer IGB darin unterstützt. Neben den naturwissenschaftlichen Ausbildungsberufen im Forschungsbereich und den kaufmännischen Berufen in der Verwaltung bietet das Fraunhofer IGB auch im IT-Bereich Ausbildungsplätze zum Fachinformatiker für Systemintegration an.

www.igb.fraunhofer.de/ausbildung

Weitere Informationen zu Ausbildung und Nachwuchsförderung am IGB finden Sie unter:

www.igb.fraunhofer.de/karriere



KOMPETENZEN

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

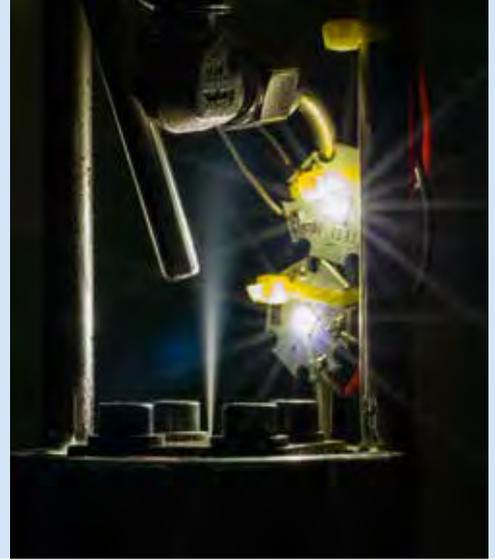
Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

Stand der Zahlen: Januar 2017

www.fraunhofer.de



Joseph von Fraunhofer
(1787–1826).



GRENZFLÄCHENTECHNOLOGIE UND MATERIALWISSENSCHAFT

Häufig müssen Werkstoffoberflächen oder innere Grenzflächen andere Eigenschaften aufweisen als sie das Material im Volumen besitzt. Für viele Anwendungen sind die Materialoberflächen sogar von entscheidender Bedeutung, beispielsweise in der Medizintechnik oder bei Adsorbermaterialien. Die Abteilung bietet Verfahren an, um Materialien aus der Gasphase oder nasschemisch zu beschichten, und entwickelt polymere und anorganische Materialsysteme mit großer Oberfläche wie z. B. Partikel, poröse Membranen, Vliese und Schäume – und Biomaterialien, insbesondere Hydrogele. Für die Kontrolle der Prozessschritte und die Charakterisierung von Materialoberflächen steht eine Vielzahl analytischer Verfahren zur Verfügung. Neben der Qualität der Produkte steht vor allem die Material- und Energieeffizienz der entwickelten Verfahren im Vordergrund.

Kompetenzen

- Abscheidung dünner Mono- oder Multischichten aus der Gasphase (u. a. plasmagestützt)
- Chemische Modifizierung von Oberflächen (Tauchbeschichtung, Rakeln etc.)
- Herstellung und Beladung funktionaler Nanopartikel mittels Polymerisationstechniken und Sprühtrocknung
- Phaseninversionsprozesse zur Herstellung polymerer und keramischer Membranen
- Synthese biokompatibler Polymere, chemische Modifizierung von Biomolekülen, Entwicklung von Biomaterialien
- Analyse von Grenzflächenspannung, -topographie, -adsorption sowie der chemischen Zusammensetzung von Oberflächen
- Plasma-Prozessdiagnostik

Forschungsschwerpunkte

- Schutz-, Barriere- und Release-Schichten
- Schichten für verbesserte Restentleerbarkeit und verminderte Eishaftung
- Biofunktionale Beschichtungen
- Formulierung von Biotinten für das Bioprinting
- Wasserreinigung mit Membranen, Adsorbentien und Wasserkontaktplasma
- Plasmareinigung und -sterilisation
- Nano-/mikrostrukturierte Materialien
- Kern-Schale-Partikel für Stofftrennung und Formulierungen
- Membranen für die Gastrennung, Vorwärtsosmose, PEM-Brennstoffzellen und Membranreaktoren

Kontakt



Hon.-Prof. Dr. Christian Oehr
 Abteilungsleiter,
 kommissarischer Institutsleiter
 Telefon +49 711 970-4137
christian.oehr@igb.fraunhofer.de



MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE

Die Biologisierung der Industriegesellschaft ist einer der wichtigen Trends des 21. Jahrhunderts. Mit neuen Sequenziertechnologien, Proteomanalysen, der gezielten Veränderung von Organismen aller Art und der Entwicklung enzymatischer oder fermentativer Produktionsverfahren lassen sich neue Prozesse für die Herstellung von Fein- und Grundchemikalien, aber auch für die Entwicklung von Diagnostika und Therapeutika entwickeln. Wir setzen diese neuen Prozesse für die Entwicklung von Diagnostika in der Infektionsforschung und in der personalisierten Medizin ein, ebenso bei der Entwicklung antimikrobieller Wirkstoffe und für die Herstellung therapeutischer Proteine. Im Bereich der industriellen Biotechnologie wandeln wir nachwachsende Rohstoffe mit biotechnischen Prozessen in neue Produkte für die chemische Industrie um.

Kompetenzen

- Molekularbiologische Aufarbeitungen klinischer Proben
- Diagnostische Microarrays
- Next-Generation Sequencing (NGS)
- Bioinformatische Workflows für NGS-Daten
- Herstellung stabiler Zelllinien und Expressionsstämme
- Zellbasierte Assays (GLP) und komplexe 3D-Infektionsmodelle
- Virusähnliche Partikel und therapeutische Viren
- Proteinreinigung und -charakterisierung
- Stamm- und Enzymscreening
- Entwicklung und Scale-up von Bioprozessen
- Chemisch-physikalische und biochemische Analytik

Forschungsschwerpunkte

- Infektionsbiologie
 - Mykologie – pathogene *Candida* spp.
 - Virologie – Herpes-Viren, Polio

- Wirt-Pathogen-Infektionsmodelle (3D-Gewebe Modelle)
- Target- und Wirkstoffscreening
- Diagnostik
 - Diagnostische Microarrays
 - Next-Generation Diagnostics
 - Zellbasierte Assays
- Therapeutische Proteine
 - Produktionszelllinien für die rekombinante Produktion von Proteinen (Interferone, Faktor VII)
- Enzymscreening und Charakterisierung
 - Lignolytische Enzyme, Hydrolasen, Oxidoreduktasen
- Fermentationsverfahren für die industrielle Biotechnologie
 - Enzymherstellung
 - Plattformchemikalien, z. B. Furandicarbonsäure, Itaconsäure, Äpfelsäure, langkettige Dicarbonsäuren
 - Mikrobiell hergestellte Biotenside
 - Scale-up
- Rohstoff- und Reststoffaufbereitung für die industrielle Biotechnologie
 - Aufbereitung von Lignocellulose
 - Fette und Öle
 - Chitinaufbereitung aus Reststoffen
- Wertstoffgewinnung/Naturstoffisolierung

Kontakt



apl. Prof. Dr. Steffen Rupp
Abteilungsleiter, stv. Institutsleiter
Telefon +49 711 970-4045
steffen.rupp@igb.fraunhofer.de



PHYSIKALISCHE PROZESSTECHNIK

Die Abteilung Physikalische Prozesstechnik entwickelt verfahrenstechnische Prozesse und Prozesskomponenten, die auf physikalischen oder physikalisch-chemischen Prinzipien beruhen. Ziel dabei ist es, durch Minimierung des Rohstoffeinsatzes und die Rückgewinnung von Wertstoffen in einer den Primärrohstoffen ebenbürtigen Qualität sowie durch die Einsparung und Wiedernutzung von Energie industrielle Prozesse gleichermaßen wirtschaftlich und nachhaltig zu gestalten. Unsere Entwicklungen richten sich einerseits an Hersteller von Prozesskomponenten und verfahrenstechnische Anlagenbauer, andererseits an Anwender aus Industriebereichen wie Metallverarbeitung, Lebensmittelindustrie, Biotechnologie oder Trinkwasserversorgung.

Kompetenzen

- Thermische Verfahrenstechnik
- Prozesse und Systeme zur Wärmeübertragung und Sorption
- Advanced Oxidation Processes (AOP) mit elektrolytischen und photolytischen (UV) Wasseraufbereitungsverfahren
- Elektrophysikalische Stofftrennung
- Prozesse und Verfahren zur Rückgewinnung von organischen und anorganischen Stoffen für die Landwirtschaft
- Stabilisierung flüssiger Lebensmittel und biogener Produkte
- Konstruktion und Systemintegration in industrielle Applikationen

Forschungsschwerpunkte

- Wärmespeicherung mit thermo-chemischen Prozessen für die zeitlich und räumlich entkoppelte Nutzung von Abwärme oder solarthermisch erzeugter Wärme
- Abtrennung von Wasserdampf aus Gasen mit Sorptionssystemen zur Luftentfeuchtung oder Wassergewinnung
- Trocknung mit überhitztem Dampf und integrierter Rückgewinnung flüchtiger Stoffe
- Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe zur Herstellung von bedarfsgerechten Düngemitteln
- Herstellung von Bodenverbesserungssubstraten aus organischen Reststoffen
- Elektrolytische und photolytische Roh- und Prozesswasseraufbereitung
- Schonende Stabilisierung von Lebensmitteln mit Druckwechseltechnologie (Pressure Change Technology, PCT)
- PCT-Technologie für den effizienten Aufschluss mikrobieller Zellen kombiniert mit Extraktion
- Mikrowellentechnik für den gezielten und schnellen Energieeintrag

Kontakt



Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Abteilungsleiter

Telefon +49 711 970-3643

siegfried.egner@igb.fraunhofer.de



UMWELTBIOTECHNOLOGIE UND BIOVERFAHRENSTECHNIK

Die Schwerpunkte der Abteilung liegen in der Entwicklung (bio-)verfahrenstechnischer Prozesse in den Bereichen Wassermanagement, Bioenergie, Umwelttechnik, Algentechnologie, Produktgewinnung aus organischen Roh- und Reststoffen sowie der Grenzflächenbiologie. Ausgehend von den verfahrenstechnischen Prozessen werden innovative Ansätze zur Entwicklung von Systemkonzepten für das Energie-, Abfall- und Wassermanagement in Industrie und Kommunen erarbeitet. Von Bedeutung sind für uns bei der Betrachtung industrieller Prozesse die Aspekte der Ultraeffizienz und Bioökonomie.

Kompetenzen

- Prozessentwicklung in Bioreaktoren vom Labor- bis zum Pilot- und technischen Maßstab
- Entwicklung und Betrieb von Demonstrationsanlagen für aerobe und anaerobe Abwasserreinigung, Hochlastfaulung, Bioenergie, Algentechnik
- Analytik der Substrate und Fermentationsprodukte, Proteinanalytik
- Echtzeit-Massenspektrometrie
- Isolierung und Aufreinigung biotechnisch hergestellter Produkte (Membranverfahren, Prozess-Chromatographie, Flüssig-Flüssig-Extraktion, Extraktion mit überkritischem CO₂)
- Entwicklung und Betrieb von Testapparaturen für antimikrobiell ausgerüstete Materialien
- Bewertung mikrobieller Kontaminationen
- Prozesssimulation und -automatisierung (Mat-Lab/ Siemens-Programmierung)

Forschungsschwerpunkte

- Methoden der Abwasserreinigung und Wasseraufbereitung für Industrie und Kommunen
- Echtzeit-Überwachung von Wasser mit Biosensoren
- Strategien und Techniken zur Nutzung und Vermeidung von Biofilmen
- Konzepte zur ressourcenschonenden Produktion in Unternehmen – Ultraeffizienzfabrik
- Verfahrensentwicklung zur Vergärung organischer Substrate zu Biogas
- Wertstoffe aus Mikroalgen und Cyanobakterien für die Branchen Lebensmittel, Futtermittel, Kosmetik, Pharma und Agrar
- Produktaufarbeitung (Downstream Processing) von Proteinen, Lipiden und Carotinoiden
- Biotransformation organischer Reststoffe und Biogas zu Basischemikalien
- Bioleaching-, Biosorptions- und Biofällungsverfahren zur Gewinnung von Wertstoffen aus Reststoffströmen

Kontakt

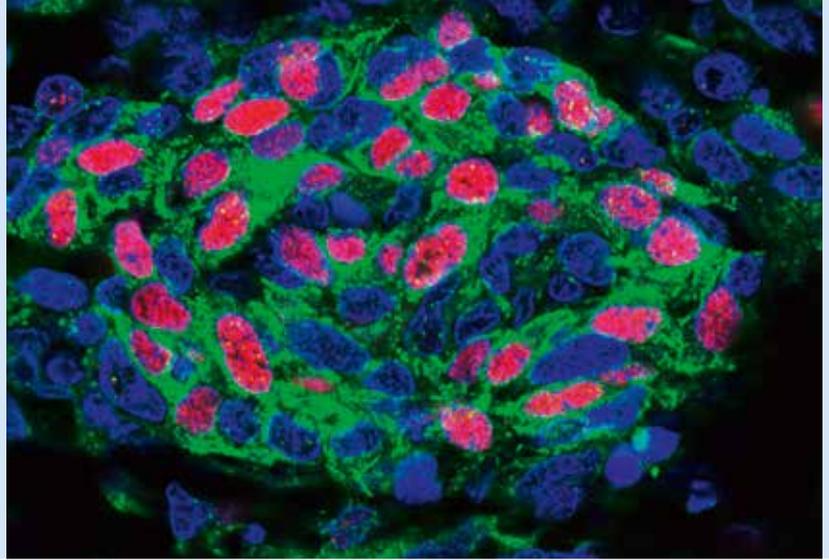


Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Abteilungsleiterin

Telefon +49 711 970-4222

ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de



ZELL- UND TISSUE ENGINEERING

Die Abteilung adressiert Fragestellungen im Tissue Engineering und in der regenerativen Medizin. Ein Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung innovativer Biomaterialien für die Medizintechnik. Ziel ist es, aussagefähige humane Testsysteme als Ersatzmethoden für Tierversuche zu etablieren. So nutzen wir für die Kosmetika- und Wirkstoffentwicklung humane primäre Zellen sowie adulte, embryonale oder induziert-pluripotente Stammzellen, um 2D- und 3D-In-vitro-Gewebe aufzubauen. Mithilfe mikrofluidischer Systeme bilden wir zudem die kleinste funktionelle Einheit eines Gewebes als Organ-on-a-Chip nach, um sie für das Hochdurchsatz-Screening potenzieller Wirkstoffe weiterzuentwickeln und zu validieren.

Kompetenzen

- Tissue Engineering mit humanen gewebespezifischen Primärzellen sowie adulten, embryonalen* und induziert-pluripotenten Stammzellen (iPS-Zellen) zum Aufbau dreidimensionaler Gewebemodelle
- Patentiertes, humanes 3D-Hautäquivalent
- Mikrofluidische Organ-on-a-Chip-Systeme
- Akkreditierte Prüfung der Zytotoxizität von Forschungs- und Industrieprodukten (DIN ISO 10993-5)
- Akkreditierte Prüfung der Phototoxizität von Substanzen
- Entwicklung und Modifizierung von Biomaterialien (Elektrospinnen, Hydrogele, extrazelluläre Matrix (ECM))
- Herstellung humaner rekombinanter extrazellulärer Matrixproteine
- Nicht-invasive Charakterisierung von Zellen und Geweben mittels Raman-Mikrospektroskopie

* Genehmigung durch Robert Koch-Institut AZ: 3.04.02/0086 und 3.04.02/0111

Forschungsschwerpunkte

- Design und Modifikation biokompatibler Hybrid-Materialien als Trägersubstrate für die Medizintechnik
- Untersuchung von Zell-Material-Interaktionen
- Klick-Chemie zur Kopplung von extrazellulärer Matrix an Oberflächen
- Aufbau verschiedener Hautmodelle als Testsysteme für Kosmetika und Wirkstoffe
- Validierung und Parallelisierung von Organ-on-a-Chip-Systemen (Herzmuskel, weißes Fettgewebe) für die Arzneimitteltestung
- Bioprinting humaner 3D-Gewebe
- Kardiovaskuläres Tissue Engineering: Testgewebe, regenerative molekulare und Zelltherapien sowie Implantate für Herzmuskel, Blutgefäße und Herzklappen

Kontakt



Prof. Dr. rer. nat. Katja Schenke-Layland

Abteilungsleiterin,
kommissarische Institutsleiterin
Telefon +49 711 970-4082
katja.schenke-layland@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. rer. nat. Petra Kluger

Abteilungsleiterin
Telefon +49 711 970-4072
petra.kluger@igb.fraunhofer.de



FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR CHEMISCH-BIOTECHNOLOGISCHE PROZESSE CBP

Das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP entwickelt und skaliert chemische und biotechnologische Verfahren zur Nutzung nachwachsender und petrochemischer Rohstoffe von der Rohstoffaufbereitung, über verschiedene Konversionsprozesse bis zur Abtrennung und Aufarbeitung der Produkte. Dabei schließt das Fraunhofer CBP mit seiner apparatetechnischen Ausstattung im Pilotmaßstab die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung. Durch die Bereitstellung von Infrastruktur und flexibel einsetzbaren Technikumsanlagen sowie hochqualifiziertem Personal ermöglicht es Partnern aus Forschung und Industrie, biotechnologische und chemische Prozesse zur Nutzung nachwachsender und petrochemischer Rohstoffe bis in produktionsrelevante Dimensionen zu skalieren und Verfahrensentwicklungen zu beschleunigen.

Kompetenzen

- Rohstoffaufbereitung – integrierte Pilotanlage für den Aufschluss von Lignocellulosen
- Biotechnologische Verfahren – modular einsetzbare Prozesskapazitäten zur Lösung verfahrenstechnischer Fragestellungen bis 10 m³ Reaktorvolumen,
- Chemische Verfahren – kontinuierliche Anlagen mit Durchsätzen bis 20 kg/h und Batchreaktoren bis 1 m³ auch unter hohen Prozessdrücken oder ATEX-Anforderungen
- Produktaufarbeitung zur Abtrennung und Aufreinigung der Wertstoffe, z. B. durch Destillation oder Extraktion

Forschungsschwerpunkte

- Gewinnung hochwertiger Extraktstoffe aus biogenen Roh- und Reststoffen
- Aufschluss von Lignocellulosen, Fraktionierung und stoffliche Nutzung der Komponenten
- Prozessentwicklung zur Darstellung neuer technischer Enzyme
- Funktionalisierung und Modifikation durch Enzymkatalyse
- Herstellung biobasierter Alkohole, Säuren und Olefine durch Fermentation und chemische Verfahren
- Kultivierung von Mikroalgen zur Gewinnung hochwertiger Inhaltsstoffe

Kontakt

Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP

Am Haupttor | Tor 12, Bau 1251

06237 Leuna

Fax +49 3461 43-9199 | www.cbp.fraunhofer.de



Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach

Leiter des Fraunhofer CBP

Telefon +49 3461 43-9101

gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de



BIO-, ELEKTRO- UND CHEMOKATALYSE BIOCAT, INSTITUTSTEIL STRAUBING

Im Institutsteil BioCat steht die Entwicklung neuer Bio- und chemischer Katalysatoren und deren Anwendung in technisch relevanten synthetischen und elektrochemischen Verfahren im Fokus. Ausgehend von Substraten wie Biomasse, CO₂, organischen und anorganischen Reststoff- oder Abfallströmen nutzen wir das komplette Spektrum der Katalyse, um nachhaltig und ressourcenschonend neue chemische Produkte herzustellen. Bei der Nutzung pflanzlicher Biomasse ist es das Ziel, die stoffliche Vielfalt biobasierter Moleküle sinnvoll zu nutzen und das Potenzial von chemischer Katalyse und Biokatalyse auszuschöpfen, um eine schonende Umwandlung unter Erhalt wichtiger Funktionalitäten zu erreichen. Daneben erarbeitet BioCat neue katalytische Verfahren zur Herstellung längerkettiger Kohlenwasserstoffe, um Strom aus der regenerativen Energieerzeugung chemisch speichern und bei Bedarf nutzen zu können.

Kompetenzen

- Chemische (homogene und heterogene) Katalyse, Biokatalyse (Enzyme, Ganzzellkatalyse), Elektrokatalyse, Katalysatorscreening und organische Synthese
- Molekularbiologische und technische Optimierung von Enzymen und Enzymreaktionen
- Analytik von Naturstoffen und chemischen Reaktionen (u. a. hochauflösende NMR, Hochdurchsatz-LC-MS, GC-MS)

Forschungsschwerpunkte

- Biotechnologische, chemische und elektro(bio)chemische Katalyse
- Spezial- und Feinchemikalien aus CO₂, Terpenen, Lignin und chitinhaltigen Abfällen, beispielsweise transparente Biopolyamide aus Terpenen
- Schmiermittel und biobasierte Tenside aus pflanzlichen Ölen und Fettsäuren
- Integration biogener Rohstoffe in bestehende Prozesse
- Erschließung anorganischer Sekundärrohstoffquellen
- Herstellung von mittel- bis langkettigen chemischen Energiespeichern aus Methan und/oder CO₂

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat,
Institutsteil Straubing

Schulgasse 11a | 94315 Straubing

Fax +49 9421 187-310 | www.biocat.fraunhofer.de



Prof. Dr. rer. nat. Volker Sieber

Leiter BioCat

Telefon +49 9421 187-300

volker.sieber@igb.fraunhofer.de



TRANSLATIONSZENTRUM »REGENERATIVE THERAPIEN«, INSTITUTSTEIL WÜRZBURG

Das Translationszentrum entwickelt biologisierte Medizinprodukte und zellbasierte Therapien zur individualisierten Patientenversorgung mit dem Ziel eines zügigen Transfers in die medizinische Anwendung. Infrastrukturen für die präklinische und klinische Testung, die CE-Zertifizierung und die Zulassung der neuen innovativen Therapien wurden etabliert. Ein Fokus hierbei liegt auf der Entwicklung digitaler, transferierbarer Dokumentationssysteme. Klinische Schwerpunkte sind innovative Implantate und neue Therapien für den Bewegungsapparat sowie onkologische Erkrankungen.

Kompetenzen

- Vorbereitung und Begleitung der CE-Zertifizierungen und Zulassungen von Implantaten
- Beratung von KMUs zum Arzneimittel- und Medizinproduktegesetz
- Entwicklung von GxP-Prozessen und Dokumentationssystemen (auch transferierbar)
- Zellkulturtechnik: primäre Zellen, Stammzellen, iPS-Zellen – Aufbau von Kokulturen und Gewebemodellen
- Entwicklung spezifischer Bioreaktoren, Sensoren und Inkubatoren für das Tissue Engineering
- Humane vaskularisierte (Tumor-)Gewebemodelle zur Optimierung von Medizinprodukten, zur Etablierung individueller Diagnostika und personalisierter Therapien, auch ATMPs
- Entwicklung von Technologien für das Tissue Engineering und die regenerative Medizin

Forschungsschwerpunkte

- Validierung und Standardisierung von humanen Gewebemodellen
- Entwicklung humaner Krankheits- und Infektionsmodelle
- Entwicklung humaner vaskularisierter Tumormodelle: Melanom, Dickdarm-, Mamma- und Lungenkarzinom
- Untersuchung von Stroma-Tumor-Interaktionen zum Wirkstoffscreening
- Einsatz der In-vitro-Modelle bei der Verfahrensentwicklung zur Optimierung von Wirkstoffen, Medizinprodukten oder Implantaten
- GMP-Prozessentwicklung, Dokumentation und Vorbereitung der Zulassungsverfahren
- Personalisierte therapiebegleitende In-vitro-Diagnostik

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Translationszentrum »Regenerative Therapien für Krebs- und Muskuloskelettale Erkrankungen«, Institutsteil Würzburg
Röntgenring 11 | 97070 Würzburg



Prof. Dr. hum. biol. Heike Walles

Telefon +49 931 31-88828

Fax +49 931 31-81068

heike.walles@igb.fraunhofer.de



INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHENVERFAHRENS- TECHNIK UND PLASMATECHNOLOGIE IGVP

Das IGVP gehört zur Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik der Universität Stuttgart und nutzt moderne Labors, Technika und Werkstätten für interdisziplinäre ingenieur- und naturwissenschaftliche Forschung an den drei Standorten Nobelstraße 12, Allmandring 5b und Pfaffenwaldring 31. Das Forschungsbudget 2016 betrug 2,57 Mio €. Ende 2016 arbeiteten 75 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon 40 Doktorandinnen und Doktoranden am Institut. 55 Studierende haben ihre Abschlussarbeit (Master-/Bachelor-Arbeit) am IGVP angefertigt.

Forschung

Das IGVP widmet sich insbesondere der Gestaltung funktionaler Materialien und deren Grenz- und Oberflächen, den biologischen Wechselwirkungen an solchen Grenzflächen sowie der Verfahrensentwicklung grenzflächenbestimmter Prozesse. In der Plasmatechnologie werden Niedertemperaturplasmen zur Oberflächenaktivierung eingesetzt, Mikrowellen zur Stabilisierung von Hochtemperaturplasmen in der fusionsorientierten Plasmaphysik sowie Plasmen und elektromagnetische Wellen in ihren dynamischen Eigenschaften analysiert und modelliert. Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IGB ermöglicht die Durchgängigkeit der Forschung von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung.

Lehre

Das IGVP beteiligt sich intensiv an der Lehre in Master- und Bachelorstudiengängen der Universität Stuttgart wie Verfahrenstechnik, Medizintechnik, Technische Biologie, Energietechnik, Erneuerbare Energien, Umweltschutztechnik, WASTE u. v. m.

Thematische Schwerpunkte

- Nanomaterialien und Nanotechnologie
- Biomaterialien und Biotechnologie
- Nachwachsende Rohstoffe, Industrielle Biotechnologie und Bioenergie
- Plasmatechnologie und Plasmaphysik

Kontakt

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 31 | 70569 Stuttgart

Fax +49 711 970-4006 | www.igvp.uni-stuttgart.de



apl. Prof. habil. Dr. rer. nat.

Günter Tovar

Institutsleiter (kommissarisch)

Telefon +49 711 970-4109

guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de

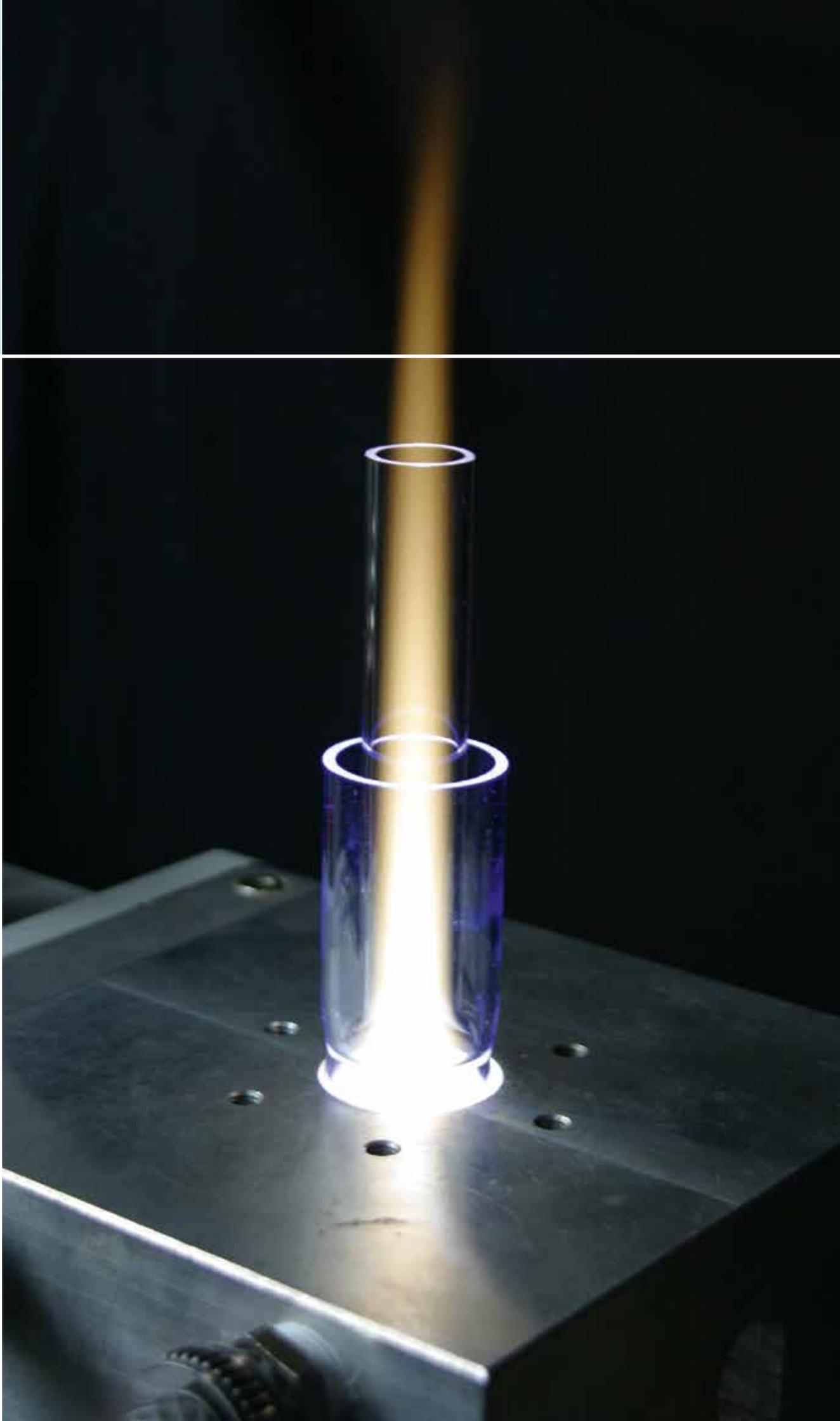


Dr.-Ing. Matthias Walker,
Akademischer Oberrat

Verwaltungsleiter

Telefon +49 711 685-62300

matthias.walker@igvp.uni-stuttgart.de



75 Industrieprojekte

26 Fraunhofer-interne Projekte

24 EU-Projekte

4 Fraunhofer-Leitprojekte

40 von Bundesministerien geförderte Projekte

10 Projekte mit Universitäten und Kommunen oder von Stiftungen gefördert

5 von Bundesländern geförderte Projekte

184 Projekte



GESUNDHEIT



Eine schnellere und genauere Diagnostik mittels molekularbiologischer Ansätze, neue Heilungschancen durch die regenerative Medizin und individualisierte Therapieansätze – unter anderem durch ein abgestimmtes Wechselspiel zwischen (biologisiertem) Implantat und physiologischem Umfeld – sind wissenschaftliche Trends, die vor dem Hintergrund einer gestiegenen Lebenserwartung an Bedeutung gewinnen. Damit einher geht die Notwendigkeit, die Wirksamkeit von Medikamenten zu erhöhen, beispielsweise durch optimierte Formulierungen und die gezielte Freisetzung von Wirkstoffen an ihrem Wirkort.

In diesen Themenfeldern erarbeitet das Fraunhofer IGB Lösungen mit dem Ziel, die medizinische Versorgung von Patienten zu verbessern und gleichzeitig Kosten im Gesundheitswesen senken zu können. Ein Schwerpunkt ist dabei die Entwicklung dreidimensionaler organoide In-vitro-Modelle aus menschlichen Geweben, die bereits in der präklinischen Forschung Aussagen über Wirkung und Nebenwirkung potenzieller Wirkstoffkandidaten erlauben – und Tierversuche ersetzen können.

Dem gestiegenen Gesundheitsbewusstsein tragen wir mit neuen produktschonenden Extraktions-, Aufarbeitungs- und Stabilisierungsverfahren für Lebensmittel Rechnung, die sich auch für Kosmetika einsetzen lassen

Vernetzung und Kooperation

Mit unseren Kompetenzen tragen wir zum Angebot des Fraunhofer-Verbunds Life Sciences bei, die Wirkstoffentwicklung von ersten Screenings bis zur Herstellung von Prüfmustern abdecken zu können. Als Partner der Fraunhofer-Allianz Food Chain Management leisten wir mit der Entwicklung schonender Verarbeitungsprozesse für Lebensmittel einen Beitrag zur Gesundheitsvorsorge. Darüber hinaus sind wir in den Fraunhofer-Allianzen Big Data und Generative Fertigung vernetzt.

Beschichtungen und Biomaterialien für die Medizintechnik

Bei der Herstellung von Medizinprodukten spielen die Eigenschaften der verwendeten Materialien und die Wechselwirkung zwischen Material und biologischem System eine entscheidende Rolle. Das Fraunhofer IGB entwickelt bioaktive, biokompatible oder bioinerte Materialien für den Einsatz in Medizin und Medizintechnik, z. B. für Stents, Katheter und Implantate. Die Biokompatibilität der Materialien testen wir mit einem akkreditierten Prüfverfahren nach DIN EN ISO 10993-5. Für Implantate untersuchen wir Zell-Material-Wechselwirkungen und entwickeln Materialien wie elektrogespinnene, bioabbaubare Fasern oder Hydrogele, die zu Biotinten für die additive Fertigung von Gewebemodellen weiterentwickelt werden. Neben biologischen Trägern entwickelt das Fraunhofer IGB auch miniaturisierte Röhrchen – als künstliche Versorgungssysteme für größere Gewebemodelle.

Personalisierte Medizin

Im Bereich der personalisierten Medizin entwickeln wir zellbasierte Therapeutika, autologe Transplantate und biologisierte Implantate. Das Fraunhofer IGB und sein Institutsteil Würzburg mit dem Translationszentrum »Regenerative Therapien für Krebs- und Muskuloskelettale Erkrankungen« können die Wertschöpfungskette der Medizin bis zur GMP-konformen Herstellung zellbasierter Therapeutika und Implantate (ATMPs) und, gemeinsam mit einem Ärztenetzwerk, Studien der klinischen Phase I abbilden. Kontaminationen der Implantate analysieren wir zerstörungsfrei mit spektroskopischen und multiphotonenmikroskopischen Methoden. Einen neuen Ansatz zur Herstellung formstabiler gewebeähnlicher Strukturen (Knorpel, Fettgewebe) verfolgen wir mit dem 3D-Druck von Zellen auf UV-vernetzbare Hydrogele. Für den Aufbau patienten- und krankheitsspezifischer Testsysteme arbeitet das Fraunhofer IGB an iPS-basierten Organ-on-a-Chip-Systemen.

Molekulare Diagnostik

Für eine möglichst eindeutige Diagnose entwickeln wir am Fraunhofer IGB neue, molekularbiologische Technologien – auf Nukleinsäurebasis (Microarrays, Nachweis auf Basis der DNA-Hochdurchsatzsequenzierung) oder mittels zellulärer Reportersysteme (Pyrogen-Assay-System). Mithilfe dieser Informationen können Maßnahmen für eine spezifische Behandlung eingeleitet oder personalisierte Medikamente für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen entwickelt werden. Speziell zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten führt die Kombination von Methoden der funktionellen Genomanalyse mit unserer Expertise in der Zellkulturtechnik und der Infektionsbiologie zu einem Alleinstellungsmerkmal in der Entwicklung von Infektionsmodellen und Diagnostika. Basierend auf der Raman-Mikrospektroskopie haben wir eine vielseitig einsetzbare nicht-invasive, markerfreie Diagnostikmethode zur Zell- und Gewebeanalyse in Echtzeit etabliert.

Wirkstoffentwicklung

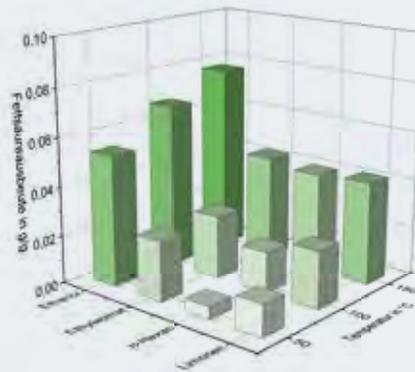
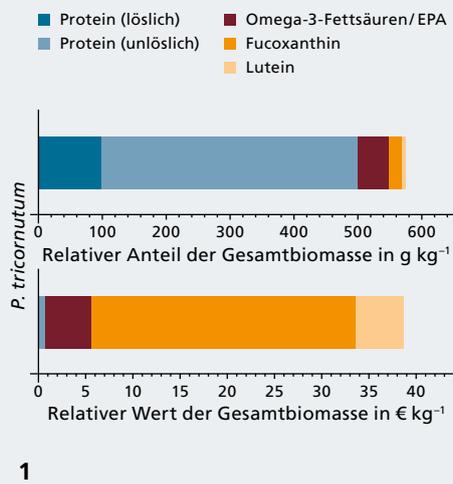
Mithilfe DNA-basierter Technologien und humaner Gewebemodelle klären wir Wirt-Pathogen-Interaktionen auf, um neue Zielstrukturen für Antibiotika und zur Unterstützung der eigenen Immunabwehr zu identifizieren. Potenzielle Wirkstoffe untersuchen wir mit zellbasierten Assays, z. B. für immunmodulatorische Substanzen, auf der Grundlage von Struktur-Wirkungsbeziehungen. Für die Untersuchung von Wirkung und Nebenwirkungen potenzieller Wirkstoffe entwickeln wir dreidimensionale In-vitro-Gewebemodelle und Organ-on-a-Chip-Systeme auf Basis humaner primärer oder iPS-Zellen, die Tierversuche ersetzen können. Zudem erarbeiten wir Verfahren zur Herstellung von Pharmaproteinen: von der Etablierung neuer Expressionsvektoren, über die Stammentwicklung bis hin zur Aufreinigung der Pharmazeutika.

Formulierung und Freisetzungssysteme

Ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung von funktionellen Inhaltsstoffen oder Wirkstoffen ist der Transport der Substanzen an ihren Zielort, beispielsweise in ein Gewebe oder eine Zelle. Am Fraunhofer IGB entwickeln wir Strukturen, die Stoffe gezielt zum Wirkort transportieren (Drug Delivery) und dort kontrolliert abgeben (Drug Release). Den Wirkstoff formulieren wir beispielsweise in eine Matrix, die aus biobasierten, polymeren oder silikatischen Materialien in Form von (Nano-)Partikeln oder Schichten besteht. Hierzu nutzen wir verschiedene Verfahren, wie beispielsweise Sprühtechnologien, Lösungsmittelverdampfung, Emulsionen oder Dispersionen. Einen neuen Ansatz zum Verpacken und zum gezielten Transport von Wirkstoffen verfolgen wir mit virusähnlichen Partikeln (Virus-like Particles) als Vehikel.

Lebensmittel und Kosmetik

In diesem Themenfeld ist unser Ziel, funktionelle Inhaltsstoffe aus biogenen Roh- oder Reststoffen, Zwischenprodukten der Agrar- und Lebensmittelproduktion und Mikroalgen zu gewinnen. Hierzu entwickeln wir produktschonende Verfahren zur Extraktion (überkritische Fluide, Hochdruck in Kombination mit Druckwechseltechnik) und reinigen die Produkte mit elektro-phoretischen und mechanischen Trennverfahren auf. Zudem erarbeiten wir neue physikalische Verfahren zur Stabilisierung und Konservierung von Lebensmitteln, Kosmetika und Arzneistoffen sowie pflanzlichen Extrakten. Da die Verfahren bei niedrigen Temperaturen arbeiten, wird die biologische Funktion wertvoller Inhaltsstoffe, etwa von Vitaminen, nicht beeinträchtigt.



WERTSTOFFE AUS MIKROALGEN FÜR DIE LEBENSMITTELANWENDUNG

Felix Derwenskus, Ulrike Schmid-Staiger

Mikroalgen – Integrierte Nutzung für die Ernährung

Mikroalgen können, basierend auf CO₂ und Sonnenlicht, eine Vielzahl von Stoffen bilden, welche für den Nahrungs- und Futtermittelsektor sowie für Kosmetikunternehmen interessant sind (Abb. 4). Neben ungesättigten Omega-3-Fettsäuren wie Eicosapentaensäure (EPA; C_{20,5} n-3) leisten insbesondere photosyntheseassoziierte Pigmente, beispielsweise Fucoxanthin oder Lutein, sowie Phytosterole einen großen Beitrag zur Wertschöpfung aus Algenbiomasse. Viele Inhaltsstoffe weisen gesundheitsfördernde Eigenschaften auf, die für die Ernährung genutzt werden können.

Die große Bandbreite der Inhaltsstoffe und die unterschiedliche Zusammensetzung verschiedener Mikroalgenspezies machen eine gezielte Aufarbeitung der Biomasse notwendig. Dabei ist das primäre Ziel, hochwertige Bestandteile effektiv zu gewinnen und zugleich die technofunktionellen und ernährungsphysiologischen Eigenschaften der Produkte zu erhalten. Im Rahmen des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg wird im Forschungsverbund »Mikroalgen – Integrierte Nutzung für die Ernährung« die möglichst vollständige Verwertung der verschiedenen Fraktionen, in Koppel- und Kaskadennutzung, angestrebt, um nachhaltige Prozesse für die Bioökonomie zu entwickeln.

Aufarbeitung von Algeninhaltsstoffen

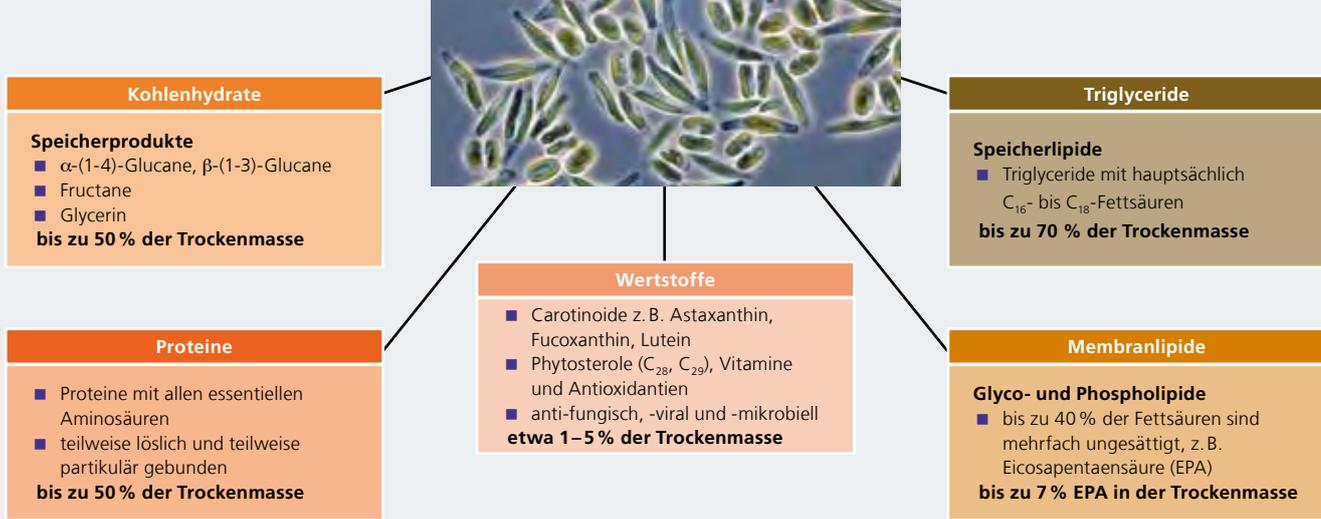
Drei Mikroalgenstämme (*Phaeodactylum tricornutum*, *Chlorella vulgaris* und *Nannochloropsis oceanica*) wurden ausgewählt, welche sich grundlegend in Größe, Zellwandaufbau und Inhaltsstoffen unterscheiden. Durch die Kombination aufeinanderfolgender Extraktionsverfahren sollen aus der Mikroalgenbiomasse, neben mittel- und hochpreisigen

Bestandteilen wie EPA und den Carotinoiden, auch die Hauptfraktionen, bestehend aus Proteinen sowie unpolaren Triglyceriden, sequenziell fraktioniert werden. Die Aufarbeitungstechnik wird prinzipiell bestimmt durch den chemischen Charakter und die Marktspezifikation, etwa dem geforderten Reinheitsgrad des Produktes. Hinzu kommt eine schonende Extraktion, die sowohl die Funktionalität der Produkte erhält, als auch die Gewinnung weiterer Zellkomponenten erlaubt. Zudem soll ein energieaufwendiger Trocknungsschritt weitestgehend vermieden werden.

Selektive Extraktion und Scale-up der Verfahren

Zum Einsatz kommt hierbei insbesondere die als »Pressurized Liquid Extraction« (PLE) bezeichnete Hochdruck-Flüssigextraktion, welche die Extraktion feuchter Biomasse mit geeigneten organischen Lösungsmitteln erlaubt. Die Extraktionseigenschaften ausgewählter Lösungsmittel unter Druck bei verschiedenen Extraktionsbedingungen (z. B. Extraktionstemperatur) wurden hierzu am Fraunhofer IGB untersucht (Abb. 1). Im Anschluss an die bereits durchgeführte Optimierung der Extraktionsparameter im Labormaßstab wird zurzeit in Kooperation mit den Verbundpartnern der Universität Hohenheim ein Scale-up dieses PLE-Verfahrens in den Technikumsmaßstab durchgeführt.

Eine Alternative zur PLE stellt die Extraktion mit überkritischen Fluiden (engl. Supercritical Fluids, SCF) dar. Zur Erhöhung der Polarität können den überwiegend unpolaren überkritischen Fluiden (z. B. Kohlenstoffdioxid) Co-Solventen wie Ethanol zugesetzt werden. Das unterschiedliche Extraktionsverhalten ohne und mit Co-Solvent wird gezielt auch für die Separation (Kaskadenextraktion) von unpolaren Triacylglyceriden und



4

polaren Lipiden wie Eicosapentaensäure oder Carotinoiden (z. B. Fucoxanthin) genutzt. Am Fraunhofer CBP besteht die Möglichkeit, dieses Verfahren in den Pilotmaßstab zu übertragen.

Ernährungstechnologische Untersuchungen der gewonnenen Fraktionen

Gemeinsam mit den Partnern aus dem Verbundprojekt erfolgt begleitend eine ernährungsphysiologische Untersuchung der gewonnenen Extrakte u. a. hinsichtlich der gesundheitsfördernden antioxidativen und antiproliferativen Eigenschaften sowie der Bioverfügbarkeit der Inhaltsstoffe. Die gewonnenen Daten können eine Basis für die rechtliche Zulassung von verschiedenen Mikroalgenpezies sowie deren Extrakten für die Humanernährung darstellen.

Ausblick

Am Ende der Projektlaufzeit soll eine Methodenmatrix für die Aufarbeitung von Algenbiomasse zur Verfügung stehen, die auf Biomasse verschiedener Algenpezies, mit jeweils unterschiedlicher stofflicher Zusammensetzung und mit unterschiedlichen Zielfractionen, übertragen werden kann. Damit wäre man dem Ziel, Mikroalgen ganzheitlich für die Ernährung zu nutzen, als wichtigem Baustein der Bioökonomie, einen großen Schritt näher.

- 1 *Zusammensetzung und Wertschöpfung von Phaeodactylum-Biomasse.*
- 2 *Fettsäure-Extraktion aus Phaeodactylum-tricornutum-Biomasse mittels PLE.*
- 3 *Fucoxanthin, extrahiert aus Phaeodactylum-tricornutum-Biomasse mittels PLE.*
- 4 *Potenzielle Mikroalgeninhaltsstoffe.*

Kontakt



Dr. rer. nat. Ulrike Schmid-Staiger

Telefon +49 711 970-4111

ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de



Felix Derwenskus M. Eng.

Telefon +49 711 970-4074

felix.derwenskus@igb.fraunhofer.de

Förderung

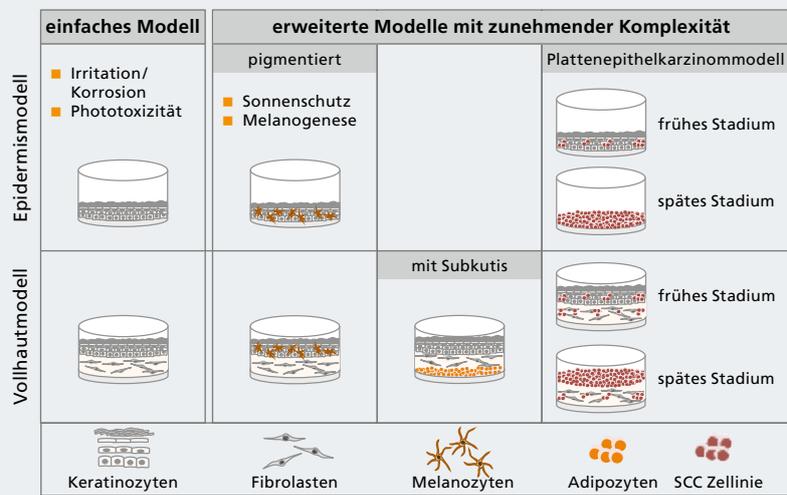
Das Projekt wird am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, dem Partnerinstitut des Fraunhofer IGB an der Universität Stuttgart, bearbeitet. Wir danken der Baden-Württemberg-Stiftung und dem Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts »Mikroalgen – Integrierte Nutzung für die Ernährung. Teilprojekt Entwicklung von Zellaufschluss- und Extraktionsverfahren zur Kaskadennutzung von Mikroalgenbiomasse« im Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg, Förderkennzeichen 7533-10-5-93.

Projektpartner

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie | Universität Hohenheim, Institut für Ernährungsmedizin | Max-Rubner Institut für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe

Weitere Informationen

www.bioeconomy-research-bw.de/mikroalgen_ziele



1

HAUTMODELLE UNTERSCHIEDLICHER KOMPLEXITÄT FÜR FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND PRÄKLINISCHE STUDIEN

Sibylle Thude, Kirstin Linke, Petra Kluger

3D-Gewebemodelle für Substanztests

Die Abteilung Zell- und Tissue Engineering ist auf die Entwicklung menschlicher dreidimensionaler Gewebe spezialisiert. Die 3D-Anordnung beeinflusst wesentliche Zellparameter wie Stoffwechselaktivität, Lebensfähigkeit, Teilung, Morphologie und Differenzierungsstatus und damit die Funktion des Gewebes als Testmodell. Nach vielen Jahren der Entwicklung hat das Fraunhofer IGB mehrere dreidimensionale menschliche Hautäquivalente etabliert, die sich in der Art und Anzahl integrierter Zelltypen und damit in ihrer Komplexität unterscheiden. Hierdurch können wir unterschiedliche Substanzen an gesunden oder krankhaften Gewebemodellen untersuchen und damit helfen, neue therapeutische Strategien zu entwickeln.

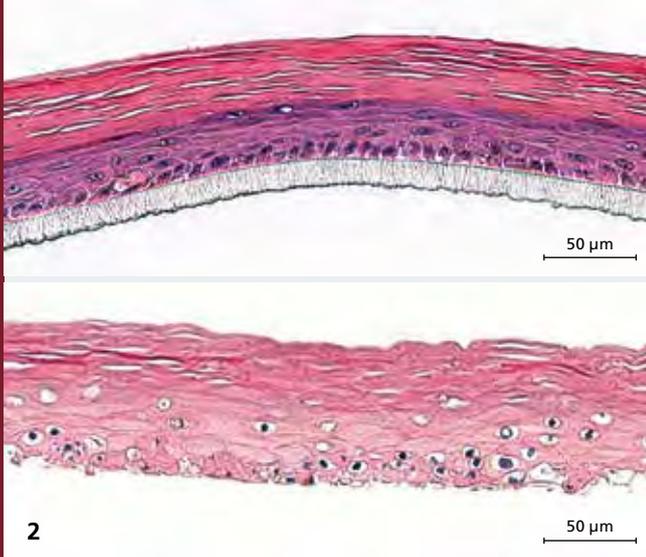
Epidermis- und Vollhaut-Modelle als Basis

Das einfache, gut stratifizierte Epidermismodell und das Vollhautmodell mit eingebetteten Fibroblasten sind etablierte In-vitro-Hautmodelle, mit deren Hilfe biologische Reaktionen auf Substanzen und deren Formulierungen evaluiert werden können. Eine Vielzahl von Untersuchungen zur Sicherheits- und Risikobewertung, die Betrachtung von Zell-Zell- und Zell-Matrix-Interaktionen oder des Differenzierungsverhaltens können durchgeführt werden. Mit akkreditierten Testverfahren zur Quantifizierung eines zytotoxischen oder phototoxischen Effekts von topisch oder systemisch applizierten Substanzen unterstützen wir Kunden bei der Entwicklung von Kosmetika, Medizin- und dermatopharmazeutischen Produkten [1, 2].

Pigmentierte In-vitro-Hautmodelle zur Untersuchung lichtassoziierter Hautschädigung

Viele wichtige Stoffwechselforgänge werden nur durch Sonnenlicht ermöglicht. Langes Sonnenbaden und ausgedehnte Outdoor-Aktivitäten können jedoch wegen der hohen Strahlendosis Hautreizungen und -entzündungen oder sogar Hautkrebs verursachen. Daher konzentriert sich die Kosmetikindustrie nicht nur auf die Verbesserung von Sonnenschutzmitteln, sondern auch auf die Entwicklung von melanogenen Substanzen. Diese stimulieren die Melaninproduktion in der Haut, wodurch der endogene Sonnenschutz erhöht wird. Zusätzlich werden antioxidative Substanzen als Radikalfänger eingesetzt, um lichtinduzierte Hautschäden und sogar Hautkrebs zu verhindern. Melanozyten sind in Haarfollikeln und in der Basalschicht der Epidermis zu finden und übernehmen in unserer Haut eine wichtige Schutzfunktion. Bei Sonneneinwirkung bilden sie ein wichtiges, UV-absorbierendes Pigment, das Melanin. Dieses wird auf umliegende Keratinozyten verteilt, wodurch die DNA vor UV-Licht-assoziierten Schäden geschützt wird.

Die Integration von Melanozyten in unsere Hautmodelle (Epidermis- oder Vollhautmodell) ermöglicht die Untersuchung von lichtassozierten Hautschäden. So können wir Sonnenschutzmittel und Formulierungen mit melanogenem oder antioxidativem Potenzial auf ihre Wirkung analysieren. Bräunungs- und Aufhellungseffekte lassen sich nach definierter UV-Bestrahlung (UV-A/UV-B oder Kombination) quantifizieren. Veränderungen im Kollagen oder in elastischen Fasern können überwacht werden, um Hautalterungseffekte zu untersuchen [3].



In-vitro-Modell für das menschliche Plattenepithelkarzinom – ein komplexes Krankheitsmodell

Mehr als 300 000 neue Fälle von weißem Hautkrebs (Basalzell- und Plattenepithelkarzinom) werden jährlich in Deutschland diagnostiziert. Dieser tritt überwiegend in sonnenexponierten Bereichen wie Kopf und Hals, Stirn, Nase, Lippen, Händen und Unterarmen auf. Die aktinische Keratose ist die häufigste präkanzeröse Form (Vorstufe). Bleibt diese unbehandelt, entwickelt sich ein invasives Plattenepithelkarzinom. Neben chirurgischen Behandlungen stehen zahlreiche nicht-chirurgische Eingriffe wie die photodynamische Therapie (PDT) zur Verfügung.

Durch gleichzeitige, definierte Integration von weißen Hautkrebszellen (Zelllinie SCC-25) mit gesunden Keratinozyten in die Hautmodelle, können wir frühe und späte Stadien des Plattenepithelkarzinoms nachstellen. Diese sind morphologisch mit der In-vivo-Situation vergleichbar. Mittels Raman-Mikrospektroskopie ist es uns gelungen, gesunde Keratinozyten von den Tumorzellen im Modell zu unterscheiden.

Ausblick

Die Modelle helfen, den Krankheitsverlauf zu verstehen und ermöglichen die Untersuchung neuer photosensibilisierender Substanzen, angepasster Bestrahlungsprotokolle mit spezifischen Lichtquellen und deren Auswirkungen auf gesunde und kranke Zellen [4]. In Kooperation mit der Universität Stuttgart haben wir auch ein Modell für das Melanom (schwarzer Hautkrebs) entwickelt.

- 1 *In-vitro-Haut – einfache bis komplexe Modelle.*
- 2 *Effekt einer phototoxischen Substanz vor (oben) und nach (unten) UV-A-Bestrahlung (5 J/cm²).*
- 3 *UV-Bestrahlung des pigmentierten Hautmodells mit der BioSUN.*

Kontakt



Dipl.-Biol. (t.o.) Sibylle Thude
 Telefon +49 711 970-4152
 sibylle.thude@igb.fraunhofer.de



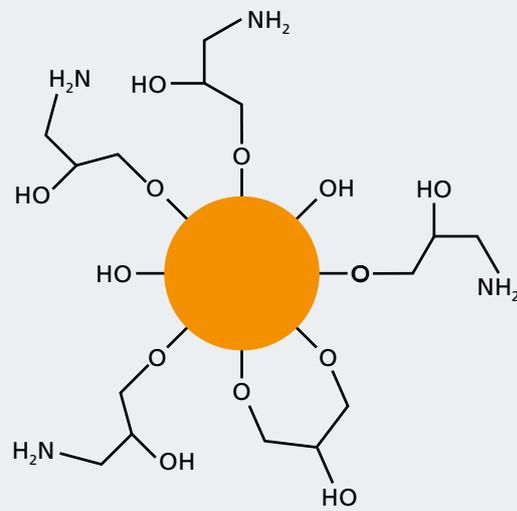
Prof. Dr. rer. nat. Petra Kluger
 Telefon +49 711 970-4072
 petra.kluger@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Biological evaluation of medical devices – Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity (ISO 10993-5:2009); German version EN ISO 10993-5:2009
- [2] OECD guideline for the testing of chemicals, section 4, Health Effects: In Vitro 3T3 NRU phototoxicity test (2004). DOI: 10.1787/9789264071162-en
- [3] Thude, S.; Kluger, P.; Schenke-Layland, K. (2015) In vitro-Hauttestsysteme zur Untersuchung lichtassoziierter Hautschädigung. Biospektrum 02.15, 21. Jahrgang: 172–174. DOI: 10.1007/s12268-015-0557-z. Springer-Verlag.
- [4] Brauchle, E.; Johannsen, H.; Nolan, S.; Thude, S.; Schenke-Layland, K. (2013) Design and analysis of a squamous cell carcinoma in vitro model system. Biomaterials 30: 7401–7407. DOI:10.1016/j.biomaterials.2013.06.016

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »SkinCancer« im Rahmen des Programms Mittelstandsorientierte Eigenforschung (MEF).



1

EISENOXID-NANOPARTIKEL FÜR DIE REGENERATIVE MEDIZIN

Maria Steinke, Teresa Kilian, Heike Walles

Nicht-invasive Verfahren für die regenerative Medizin

Im Forschungsbereich der regenerativen Medizin fokussiert sich die Wissenschaft darauf, geschädigtes Gewebe durch therapeutische Zellen, zu denen mesenchymale Stammzellen (engl. Mesenchymal Stem Cells, MSCs) zählen, zu heilen. MSCs haben die Eigenschaft, sich selbst zu erneuern, und das Potenzial, sich in unterschiedliche Zelltypen, wie beispielsweise Knochen- und Knorpelzellen, zu differenzieren. Um die Stammzellen nach einer Injektion oder Implantation im Organismus lokalisieren und verfolgen zu können, lassen sich diese mit superparamagnetischen Eisenoxid-Nanopartikeln als Kontrastmittel markieren. Zur nicht-invasiven Lokalisation wird in präklinischen und zum Teil bereits in klinischen Studien die Magnetresonananz-Bildgebung (engl. Magnetic Resonance Imaging, MRI) eingesetzt. Hierbei ist die zelluläre Auflösung jedoch oft nicht ausreichend.

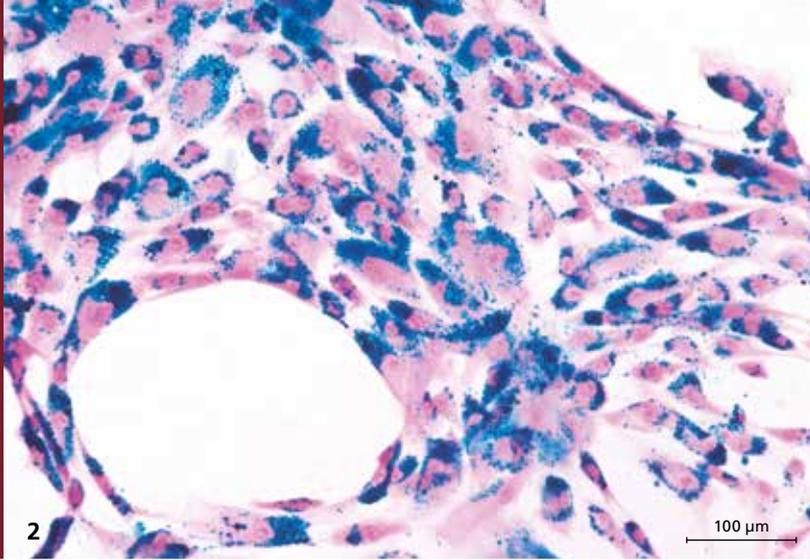
Bildgebung mit magnetischen Partikeln

Seit kurzem ist ein neues Verfahren für präklinische Studien auf dem Markt, die magnetische Partikelbildgebung (engl. Magnetic Particle Imaging, MPI). Diese weist eine höhere zeitliche und räumliche Auflösung sowie eine höhere Sensitivität als MRI auf. Der Einsatz von Eisenoxid-Nanopartikeln zur nicht-invasiven Lokalisation von Stammzellen ist zurzeit limitiert: Aufgrund mangelnder Bioverträglichkeit scheitern viele Partikel-Prototypen bereits im zweidimensionalen Zellkulturmodell. Weiterhin bleibt die Zellmarkierung meist nur wenige Tage aufrecht erhalten, was eine Verfolgung im Organismus über einen längeren Zeitraum ausschließt. Im EU-geförderten Projekt »IDEA« besteht unsere Zielsetzung darin, Eisenoxid-Nanopartikel-Prototypen zu entwickeln, die bioverträglich

sind und sich zur bildgebenden Darstellung mittels MPI für Langzeitstudien eignen.

Bioverträgliche Eisenoxid-Nanopartikel

Es ist uns gelungen, einen Partikel-Prototypen (M4E) zu identifizieren, der von MSCs in das Zellinnere aufgenommen wird. M4E-Partikel besitzen einen hydrodynamischen Durchmesser von 115 nm und bestehen aus einem Eisenoxid-Kern mit einer aminofunktionalisierten Dextranhülle (Abb. 1). In In-vitro-Kulturen nehmen nahezu 100 Prozent der MSCs die M4E-Partikel auf (Abb. 2). Sie werden während der Zellteilung an beide Tochterzellen weitergegeben, was eine Langzeitverfolgung der Zellen prinzipiell ermöglicht. Allerdings verlieren die Stammzellen die aufgenommenen Partikel innerhalb weniger Tage, wenn sie unter 2D-Bedingungen kultiviert werden. Bringt man jedoch die markierten MSCs auf eine dreidimensionale Trägerstruktur auf, die als Gewebegerüst dient, können wir markierte Zellen bis zu sechs Wochen nachweisen. Über nicht-invasive magnetische Partikelspektroskopie, die auf demselben physikalischen Prinzip wie MPI beruht, können wir markierte MSCs ebenso bis zu sechs Wochen lang verifizieren. M4E-Partikel beeinträchtigen weder die Viabilität noch das Wachstum oder das Teilungsverhalten von MSCs. Weiterhin lösen M4E-Partikel keine gentoxischen Effekte aus [1]. Aufgrund dieser Befunde sind die von uns gesetzten Kriterien bezüglich der Biokompatibilität erfüllt.



Ausblick

Unsere in vitro generierten Daten lassen darauf schließen, dass der Eisenoxid-Nanopartikel-Prototyp M4E für eine bioverträgliche Markierung von MSCs sowie für die nicht-invasive Detektion mittels MPI geeignet ist. Kultiviert man die Stammzellen in einer gewebeähnlichen 3D-Umgebung, bleibt die Markierung bis zu fünf Mal länger erhalten als in der konventionellen 2D-Kultur. Hätten wir unsere Studien lediglich in der 2D-Umgebung durchgeführt, hätten wir ein Bild erhalten, das der Situation in vivo womöglich nicht entspricht. In sich anschließenden Studien am Tiermodell werden wir die In-vitro-/In-vivo-Korrelation unserer Daten aufzeigen. Weiterhin könnte die 3D-Trägerstruktur, die mit den markierten Stammzellen beladen wurde, als Implantat für regenerative Therapien verwendet werden, in der die Stammzellen differenzieren oder zum Zielgewebe wandern können.

- 1 *Schematische Darstellung des Partikel-Prototypen M4E.*
- 2 *Berliner Blaufärbung der markierten Stammzellen. Partikel sind blau dargestellt.*

Kontakt



Dr. rer. nat. Maria Steinke

Telefon +49 931 31-80720
 maria.steinke@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. hum. biol. Heike Walles

Telefon +49 931 31-88828
 heike.walles@igb.fraunhofer.de

Literatur

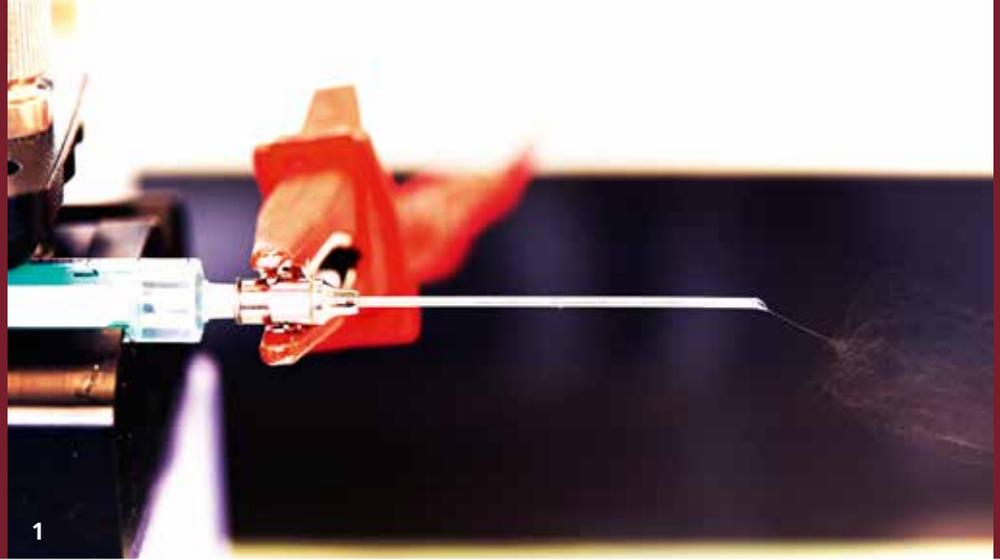
[1] Kilian, T.; Fidler, F.; Kasten, A.; Nietzer, S.; Landgraf, V.; Weiß, K.; Walles, H.; Westphal, F.; Hackenberg, S.; Grüttner, C.; Steinke, M. (2016) Stem cell labelling with iron oxide nanoparticles: impact of 3D culture on cell labelling maintenance. *Nanomedicine (Lond)* 11(15):1957–70. doi: 10.2217/nnm-2016-0042

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »IDEA – Identification, homing and monitoring of therapeutic cells for regenerative medicine – Identify, Enrich, Accelerate« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Förderkennzeichen 279288.

Projektpartner

Dr. Florian Fidler, Würzburg | Dr. Cordula Grüttner, Warnemünde | Priv.-Doz. Dr. Stephan Hackenberg, Würzburg | Dr. Annika Kasten, Rostock



1

ELECTROSPINNING IN DER REGENERATIVEN MEDIZIN

Svenja Hinderer, Katja Schenke-Layland

Elektrospinnen – Funktionsprinzip

Elektrospinnen ist eine bekannte Methode aus der Filter- und Textilindustrie, die immer mehr Anwendung in der regenerativen Medizin und der Medizintechnik findet. Mittels Elektrospinnen ist es möglich, dreidimensionale faserförmige Trägersubstrate und Membranen zu erzeugen. Dafür wird eine Polymerlösung durch eine Spritze gepumpt, an deren Ende sich ein Tropfen bildet. Durch das Anlegen einer Hochspannung löst sich eine Faser aus dem Tropfen, die sich in kreisenden Bewegungen in Richtung auf die Gegenelektrode, den Kollektor, bewegt. Auf diesem Weg verdampft das Lösungsmittel und trockene, willkürlich orientierte Fasern im Nano- bis Mikrometerbereich scheiden sich auf dem Kollektor ab. Über eine Vielzahl von System- und Prozessparameter können Faser- und Porengröße sowie die Fasermorphologie eingestellt und verändert werden.

Anwendungen in der Biomedizin

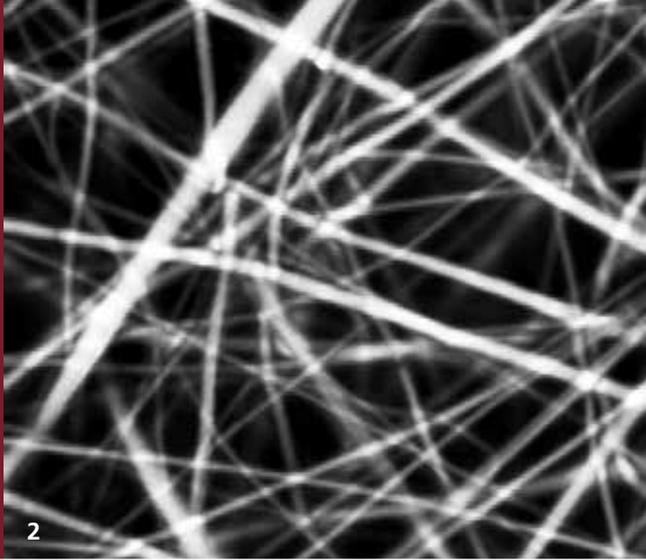
Attraktiv bei dieser Technik ist vor allem, dass die faserförmige Struktur der extrazellulären Matrix (engl. Extracellular Matrix, ECM) des menschlichen Körpers hervorragend nachgeahmt werden kann [1]. Am Fraunhofer IGB generieren wir elektrogesponnene Trägersubstrate in unterschiedlichen Formen für die statische und dynamische Zellkultur, zur Differenzierung von Stammzellen, als Implantate, Testsysteme oder als Drug-Delivery-Systeme.

Biomaterialien als Ausgangsmaterial

Abhängig vom späteren Einsatzgebiet und der damit zusammenhängenden gewünschten Funktionalität des Biomaterials verwenden wir sowohl enzymatisch und/oder hydrolytisch bioabbaubare als auch nicht-abbaubare Polymere. Wir verspinnen natürliche Polymere, wie zum Beispiel Kollagen, Gelatine, Hyaluronsäure, Fibronectin und kleinere ECM-Moleküle (Proteoglykane, Glykosaminoglykane oder Wachstumsfaktoren), aber auch synthetische Polymere wie Polylactid (PLA), Polyurethan (PU), Poly- ϵ -Caprolacton (PCL), Polyglykolsäure (PGA), Polyethylenglykol (PEG) u. v. m. [2]. Zudem besteht umfassendes Know-how im Verspinnen von funktionalen Hybriden (PCL-Gelatine-Decorin, PLA-Elastin, PLA-Fibronectin), welche zugleich mechanisch stabil und biologisch aktiv sind [3].

Die SpinKoll-Sehne – Elektrospinnen von Kollagen

Standardmäßig werden zur Herstellung elektrogesponnener Trägersubstrate halogenierte Lösungsmittel verwendet, was einen kritischen Faktor beim Verspinnen von Proteinen darstellt. Im Projekt SpinKoll soll Kollagen Typ I aus einer essigsauren Lösung versponnen werden, um die Kollagenstruktur und die Funktionalität nach dem Spinningprozess beizubehalten. Über eine spezielle Layer-by-layer-Anordnung erhöhen wir zudem die mechanische Stabilität des rein natürlichen Materials, sodass ein Trägersubstrat entsteht, welches potenziell Anwendung als Sehnenersatz finden kann.



Herstellung eines Drug-Release-Systems

Neben der Herstellung von Implantaten und Testsystemen arbeiten wir an Systemen, die Medikamente, Proteine oder Wachstumsfaktoren über die Zeit freisetzen können. Ein aktuelles Beispiel ist die Verkapselung von Glycin-modifiziertem Diclofenac in einem hydrophoben PLA-Trägersubstrat, welches über 24 Stunden kontinuierlich freigesetzt wird [4]. Die mechanischen Eigenschaften von PLA wurden durch die Verkapselung des Medikaments nicht beeinflusst.

Freisetzungsexperimente zeigten, dass ca. 90 Prozent des Diclofenac in die Umgebung abgegeben werden. Eine weitere Freisetzung kann dann nur noch über den Abbau der Fasern erfolgen. Über Multiphotonen-Mikroskopie konnte das Medikament in den Fasern sichtbar gemacht werden. Zudem konnten wir die Biokompatibilität des Drug-Release-Systems mithilfe standardisierter Testverfahren sowie über Fluoreszenzlebensdauer-Mikroskopie (FLIM) an humanen Fibroblasten bestätigen. Das mittels Elektrosponnen hergestellte Drug-Release-System eignet sich als Wundauflage zur Behandlung von aktinischer Keratose.

- 1 *Elektrosponnen zur Herstellung von faserförmigen Trägersubstraten.*
- 2 *Multiphotonenmikroskopie: Elektrogenesponnenes Trägersubstrat mit Diclofenac-Glycin.*
- 3 *Röhrenförmiges elektrogenesponnenes Substrat.*

Kontakt



Dr. rer. nat. Svenja Hinderer

Telefon +49 711 970-4196

svenja.hinderer@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. rer. nat. Katja

Schenke-Layland

Telefon +49 711 970-4082

katja.schenke-layland@

igb.fraunhofer.de

Literatur

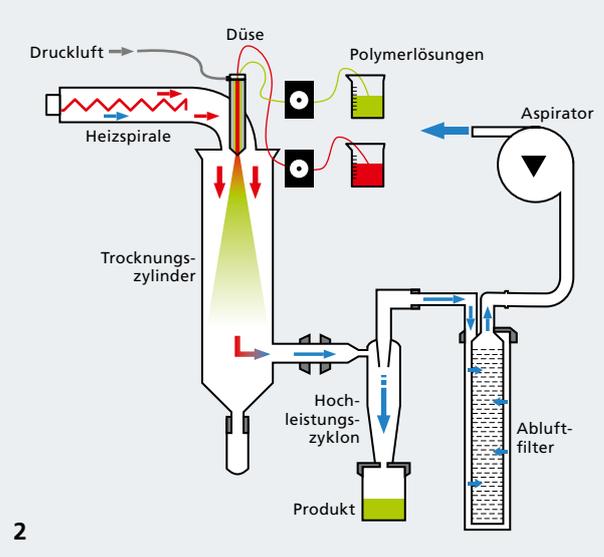
- [1] Hinderer, S. et al. (2016) ECM and ECM-like materials – Biomaterials for applications in regenerative medicine and cancer therapy, *Advanced Drug Delivery Reviews* 97: 260–269
- [2] Hinderer, S. et al. (2014) Bioengineering of a bio-functionalized off-the-shelf heart valve, *Biomaterials* 35: 2130–2139
- [3] Hinderer, S. et al. (2012) Engineering of fibrillar decorin matrices for a tissue-engineered trachea, *Biomaterials* 33(21): 5259–5266
- [4] Piccirillo, G. et al. (2016) Electrospun PLA scaffold for a controlled and targeted delivery of a synthetically obtained Diclofenac prodrug to treat actinic keratosis, *Acta Biomaterialia*: DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2016.11.002>

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »SpinKoll« im Rahmen des Programms Discover sowie für die Förderung im Rahmen des Programms TALENTA speed up.

Weitere Informationen und Projektpartner

www.schenke-layland-lab.com



FUNKTIONELLE VERKAPSELUNG VON WIRKSTOFFEN MITTELS SPRÜHTROCKNUNG

Michael Walz, Achim Weber

Wirkstoffverkapselung

Die Verkapselung von Wirkstoffen ist aufgrund mehrerer Aspekte für die Industrie im Bereich der Pharma- und Medizintechnik interessant. Einerseits können Kapseln zum Schutz der Wirkstoffe vor äußeren Einflüssen dienen, wie beispielsweise der Magensaftresistenz bei oraler Applikation. Andererseits lässt sich durch kontrollierte Freisetzung die Behandlung der Patienten verbessern. Geringere Wirkstoffkonzentrationen durch eine kontinuierliche Freisetzung können zur Senkung von Nebenwirkungen führen. Vor allem ist jedoch die Handhabung bzw. die Sicherheit der Therapie gegenüber konventionellen Methoden verbessert. Ein Wirkstoffdepot kann über mehrere Tage bis Monate den Wirkstoff freisetzen und so eine regelmäßige Tabletteneinnahme reduzieren, was hinsichtlich der Überalterung der Gesellschaft als großer Vorteil gesehen wird.

Formulierung mittels Sprühtrocknung

Zur Formulierung solcher Wirkstoffsysteme müssen verschiedene Aspekte, wie die Stabilität, Biokompatibilität, Zytotoxizität und das Freisetzungverhalten berücksichtigt werden. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP der Universität Stuttgart untersuchen wir am Fraunhofer IGB daher die Nutzung von Biopolymeren aus nachwachsenden Rohstoffen als Matrixmaterial für Wirkstoffformulierungen. Im Rahmen eines Projekts wurde Inulin als Biopolymer in Sprühverfahren mittels Zweistoff- und Dreistoffdüse (Abb. 3) zur Wirkstoffverkapselung verwendet. Inulin wurde dabei zusätzlich chemisch modifiziert, um den Einfluss auf die Freisetzungseigenschaften zu untersuchen.

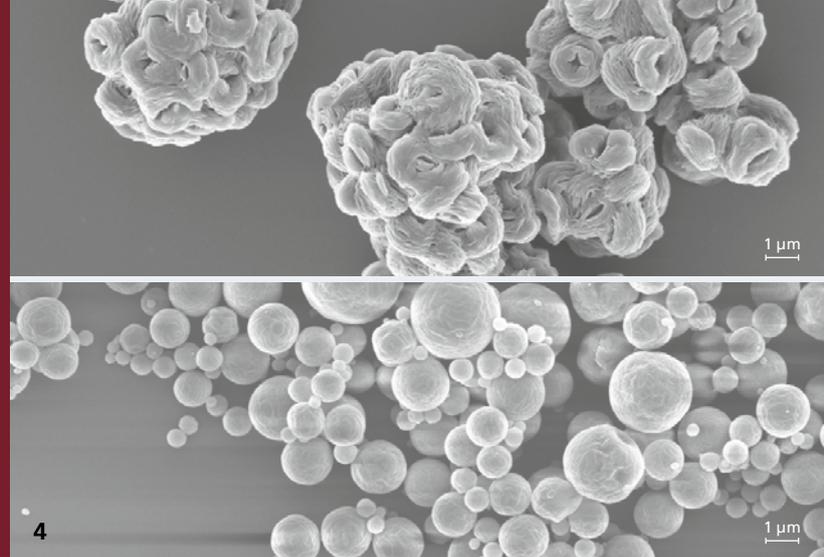
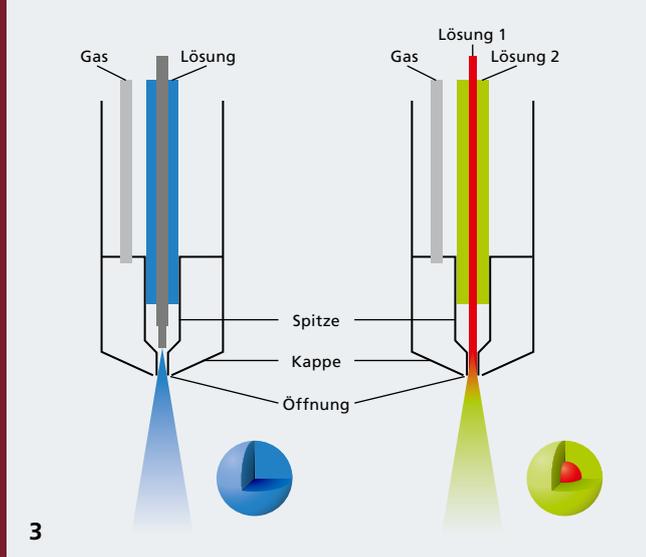
Zur Herstellung der beladenen Wirkstoffpartikel verwenden wir unter anderem das einstufige Verfahren der Sprühtrocknung. Dabei wird eine Polymerlösung in einem Trocknungs-zylinder mithilfe eines Gases in feine Tröpfchen zerstäubt. Durch den heißen Gastrom wird das Lösungsmittel verdampft und die resultierenden Partikel abgeschieden (Abb. 2). Ein großer Vorteil ist, dass durch die Anwendung der Sprühtrocknung keine weitere Aufreinigung notwendig ist.

Verkapselungen mit der Zweistoffdüse

Mithilfe der statistischen Versuchsplanung werden die optimalen Parameter für den Sprühtrocknungsprozess ermittelt. Dabei werden Trocknungstemperatur, Zerstäubungsgas, Pumpgeschwindigkeit und Konzentration der Polymerlösung variiert. Anschließend werden verschiedene Wirkstoffe verkapselt, wie Dexpanthenol für Anwendungen auf der Haut. Bei natürlichem Inulin konnten wir feststellen, dass der Wirkstoff innerhalb von wenigen Stunden vollständig freigesetzt wird. Eine Modifikation des Biopolymers mit Essigsäure- und Propionsäureanhydrid konnte die Stabilität der Partikel in wässrigen Lösungen deutlich verbessern (Abb. 4). Es zeigte sich auch eine verlängerte Freisetzung nach der Verkapselung von Dexpanthenol mit diesen modifizierten Inulinderivaten.

Herstellung von Kern-Schale-Partikeln

Unlösliche Wirkstoffe müssen vor der Sprühtrocknung in stabile Emulsionen oder Suspensionen überführt werden. Dafür sind meistens hohe Scherkräfte und Stabilisatoren notwendig, die je nach Substanz negative Wechselwirkungen verursachen. Daher wird in diesem Projekt der Einsatz der Dreistoffdüse untersucht (Abb. 3). Es können zwei voneinander unabhängige Stoffströme mit einem Gasstrom zerstäubt



werden. In den Tropfen kommt es aufgrund der Scherkräfte zur Durchmischung und mit der zeitgleichen Trocknung wird der Wirkstoff im Partikel immobilisiert [1]. Unter Verwendung verschiedener Materialien ist auch die Herstellung von Kern-Schale-Partikeln möglich (Abb. 1), sodass der Wirkstoff in einer Matrix eingebettet und diese mit einem zweiten Material umhüllt wird. Damit bieten sich maßgeschneiderte Lösungsansätze für ein breites Anwendungsfeld.

Ausblick

In weiteren Versuchen werden verschiedene Wirkstoff- und Materialkombinationen hergestellt und charakterisiert. Auch die Verkapselung von Nanopartikeln über dieses Verfahren stellt eine interessante Anwendung dar.

- 1 Kern-Schale-Partikel von Inulin, hergestellt mittels Dreistoffdüse.
- 2 Schematische Darstellung der Sprühtrocknung [1].
- 3 Zweistoff- und Dreistoffdüse [1].
- 4 Vergleich von wirkstoffbeladenen Inulin-Partikeln mit und ohne Modifikation.

Kontakt



Michael Walz M. Sc.

Telefon +49 711 970-4118

michael.walz@igb.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Achim Weber

Telefon +49 711 970-4022

achim.weber@igb.fraunhofer.de

Literatur

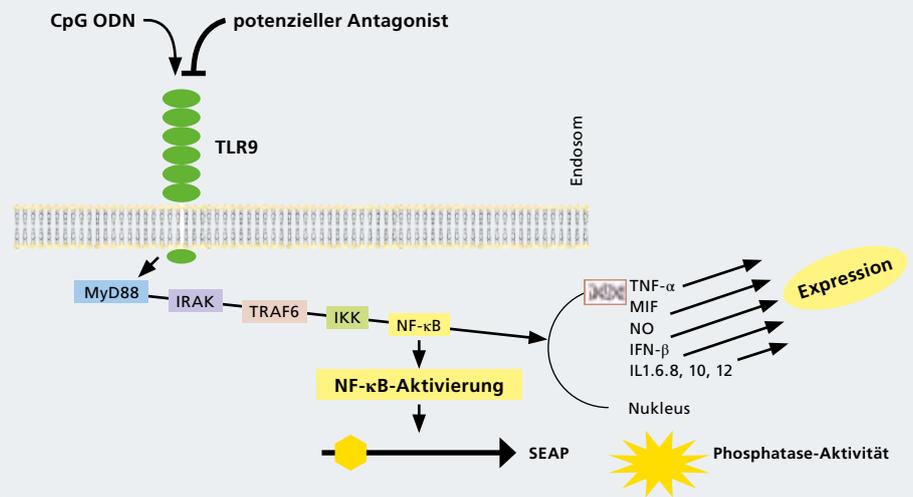
[1] Kašpar, O.; Tokárová, V.; Nyanhongo, G. S.; Gübitz, G.; Štěpánek, F. (2013) Effect of cross-linking method on the activity of spray-dried chitosan microparticles with immobilized laccase, Food Bioproducts Processing 91: 525

Förderung

Wir danken der Konrad-Adenauer-Stiftung für die Förderung eines Promotionsstipendiums.

Projektpartner

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, Universität Stuttgart



IMMUNMODULATOREN FÜR DIE THERAPIE VON INFEKTIONEN UND ENTZÜNDLICHEN ERKRANKUNGEN

Steffen Rupp, Anke Burger-Kentischer

Immunmodulatoren als Therapeutika

Unser Ziel ist es, neue Wirkstoffe zu entwickeln, die die Mechanismen der angeborenen Immunität modulieren, um sie für die Therapie von Infektionskrankheiten, entzündlichen Prozessen und Autoimmunerkrankungen einzusetzen. In einem gemeinsamen Projekt mit der Hebrew University of Jerusalem wurden bereits erste vielversprechende Ergebnisse [1, 2] zum Einsatz immunmodulatorischer Stoffe für die Behandlung von Infektionen und inflammatorischen Erkrankungen erzielt. Ein gerichteter Transport der Wirkstoffe an den Ort der Entzündung oder Infektion könnte diese Effekte weiter verbessern. Auch bei Infektionen mit resistenten Pathogenen würde eine Aktivierung des angeborenen Immunsystems die Therapie verbessern.

Dermatologische Erkrankungen wie Lupus, atopische Dermatitis oder Psoriasis sind geeignete Indikationen, da hier Rezeptoren des angeborenen Immunsystems wie Toll-like-Rezeptoren (TLR) bereits als Schlüsselmoleküle für die Erkrankung identifiziert wurden. Tatsächlich gibt es gegenwärtig ca. 22 verschiedene, in unterschiedlichen Stadien der klinischen und vorklinischen Erprobung befindliche Wirkstoffe zur Behandlung von Psoriasis, wie z. B. Interleukin-17-Antagonisten. Dies verdeutlicht das Potenzial immunmodulatorischer Wirkstoffe in der Therapie.

Das angeborene Immunsystem hat essentielle Funktionen in der Bekämpfung von Pilzinfektionen, wie z. B. von *Candida* spp., und viralen Infektionen, die z. B. durch Herpesviren verursacht werden können. Deswegen sind auch hier immunmodulatorische Substanzen für einen therapeutischen Einsatz

relevant. Ein zweiter Fokus ist daher die Entwicklung neuer immunmodulatorischer Wirkstoffe, um diese Infektionen zu bekämpfen. Erste Wirkstoffkandidaten mit TLR-modulierenden Aktivitäten wurden bereits mit Erfolg in klinischen Studien als antivirale Wirkstoffe getestet, was die Richtigkeit unserer Vorgehensweise unterstreicht und bestätigt. Auch in diesem Ansatz soll mit einer gezielten Freisetzung der Immunmodulatoren am Ort der Infektion die Wirkung noch potenziert werden.

Drug Design und Auswahl

Mit computerbasierten Methoden identifizieren unsere Partner an der Hebrew University neue Agonisten und Antagonisten von angeborenen humanen Immunrezeptoren oder den entsprechenden Signalwegen, die für die oben genannten Indikationen relevant sind. Für den Toll-like-Rezeptor 9 konnte dies bereits erfolgreich durchgeführt werden [1]. Dabei werden über Modeling-Verfahren, basierend auf bekannten Liganden oder der Struktur der Rezeptoren, aus Millionen von in Datenbanken beschriebenen Molekülen diejenigen identifiziert, welche die Rezeptoraktivität beeinflussen könnten. Die Moleküle, die experimentell als Immunmodulatoren validiert werden konnten, gehen für eine weitere Optimierung in zusätzliche Modeling-Runden [1, 3]. Mit einer Auswahl von 200–300 Verbindungen wurden hier bereits Antagonisten verifiziert, welche in nanomolaren Konzentrationen wirksam sind [1].

Gezielte Pharmakotherapie

Liposomen sind effiziente Drug-Delivery-Systeme, die den Wirkstoff vor Abbau schützen, seine pharmakokinetischen



3

Eigenschaften verbessern und eine hohe Wirkstoffkonzentration am Wirkort freisetzen. Um Liposomen effizient an den Zielort zu bringen, sind ein effektives »Targeting« und eine lange Zirkulationsdauer wichtig. Ein solches »Targeting« kann mithilfe spezieller Navigator-Liganden erfolgen [2]. So können z. B. zelltypspezifische Rezeptoren gezielt mit diesen Liganden adressiert werden.

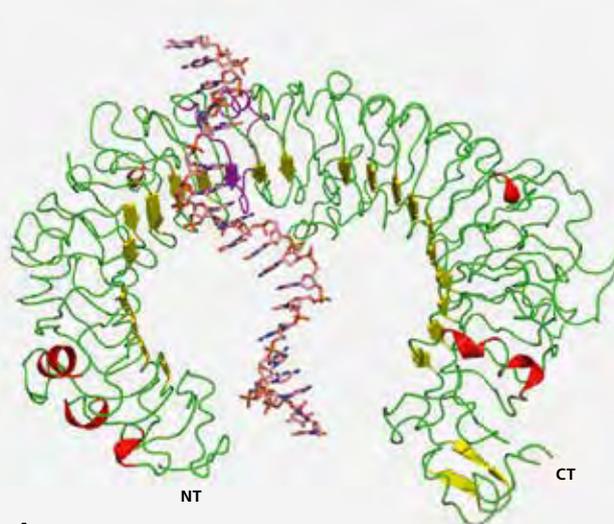
In-vitro- und In-vivo-Testsysteme

Zur Validierung der identifizierten immunmodulatorischen Wirkstoffe und deren Formulierung existieren am Fraunhofer IGB unterschiedliche Assays bis hin zu komplexen Infektionsmodellen sowohl für Pilz- wie auch für virale Infektionen [1–6]. Nach Validierung der rezeptormodulierenden Eigenschaften über zellbasierte Assays [1, 3], setzen wir 3D-Gewebemodelle ein, die Komponenten des Immunsystems enthalten [4], um die Effekte auf die Zell-Zell-Kommunikation und Infektion zu analysieren. Eine weitere Validierung der besten Verbindungen wird im Tiermodell von Partnern geleistet.

Ausblick

Mit dieser Vorgehensweise werden zwei Ansätze kombiniert, die den Heilungsprozess bei Infektionen oder inflammatorischen Erkrankungen beschleunigen können: Erstens ermöglicht eine Modulation des angeborenen Immunsystems eine schnelle Beseitigung der eingedrungenen Pathogene oder die Dämpfung der (auto-)inflammatorischen Prozesse und zweitens werden bekannte und neue Wirkstoffe gezielt in infiziertes oder pathologisch verändertes Gewebe eingebracht.

- 1 Zellkulturplatten.
- 2 Der zellbasierte PAMP-Assay ist ein flexibles Werkzeug, um Leitsubstanzen für die Arzneimittelentwicklung zu identifizieren.
- 3 Zellkulturflaschen.
- 4 Struktur eines Rezeptor-Antagonist-Komplexes aus humanen TLR9 und Oligodesoxynukleotid (ODN).



4

Kontakt



**Dr. rer. nat. Anke
Burger-Kentischer**

Telefon +49 711 970-4023
anke.burger-kentischer@
igb.fraunhofer.de



apl. Prof. Dr. rer. nat. Steffen Rupp

Telefon +49 711 970-4045
steffen.rupp@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Zatsepin, M. et al. (2016) J Chem Inf Model 56: 1835–1846
- [2] Ron-Doitch, S. et al. (2016) J Control Release 229: 163–171
- [3] Burger-Kentischer, A. et al. (2010) Journal of immunological methods 358: 93–103
- [4] Kühbacher, A. et al. (2017) Methods in molecular biology 1508: 439–449
- [5] Hogk, I. et al. (2013) Methods in molecular biology 1064: 239–251
- [6] Hogk, I. et al. (2013) BioResearch open access 2: 250–257

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft und der Hebrew University für die Förderung des Projekts »JRHHDD – Joint Research Hub for Drug Discovery and Delivery« im Rahmen des ICON-Programms.

Projektpartner

Gershon Golomb, Amiram Goldblum, Hebrew University, Jerusalem, Israel



QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEME IN PRÄ-KLINISCHEN FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN

Marco Metzger, Thorsten Bergmann

Optimierung der Arbeits- und Prozessqualität

Das Translationszentrum »Regenerative Therapien für Krebs- und Muskuloskeletale Erkrankungen« (TZKME) hat sich zum Ziel gesetzt, die komplette Wertschöpfungskette im Bereich der regenerativen Therapien abzudecken – von der Entwicklung bis zur Zulassung von (biologisierten) Medizinprodukten und zellbasierten Transplantaten. Um dies nach höchsten Qualitätsstandards leisten zu können, wird am Translationszentrum derzeit die entsprechende Infrastruktur auf Basis eines Qualitätsmanagementsystems (QM-System) etabliert.

QM-Systeme spielen in der heutigen Unternehmenswelt eine immer wichtigere Rolle. Das Ziel ist, die Arbeits- und Prozessqualität im Unternehmen zu steigern sowie die Qualität der Produkte und Dienstleistungen zu erhalten und kontinuierlich zu verbessern. QM-Systeme umfassen dabei je nach System und Norm mehrere Inhalte: Sie setzen auf eine Standardisierung und Optimierung von Arbeitsprozessen und -strukturen, die Etablierung von Normen für Produkte und Dienstleistungen und eine akkurate Dokumentation. Ein wichtiges Ziel ist die Erhaltung und Steigerung der Kundenzufriedenheit. Neben dem Kunden steht aber auch der Arbeitnehmer im Fokus. QM-Systeme sollen die Motivation der Mitarbeitenden fördern, für deren fortlaufende berufliche Weiterbildung sorgen und eine verbesserte Gestaltung und Ausrüstung ihrer Arbeitsräume erreichen.

Qualitätsmanagement nach internationaler Norm

QM-Systeme haben in rudimentärer Form eine lange Tradition, angefangen mit den Vorschriften und Kontrollen der Zünfte im Mittelalter. Mit Beginn der industriellen Revolution gewannen sie enorm an Bedeutung, da es immer wichtiger wurde,

bei gesteigerter Produktionsleistung bestimmte Qualitätsstandards für die Produkte zu gewährleisten. Dabei folgen QM-Systeme im Allgemeinen folgender Trilogie: Qualitätsplanung (Definieren von Qualitätszielen, Planung von Prozessen und Kontrollen), Qualitätsregelung (Bewerten des Qualitätsstandes und ggf. Ableiten von Maßnahmen) und der Qualitätsverbesserung (Optimierung von Strukturen und Prozessen).

1979 führte Großbritannien die erste europäische Norm für QM-Systeme ein, den British Standard 5750, welcher später als Vorlage für die DIN EN ISO 9000 und deren Nachfolgeversionen diente. Die aktuelle DIN EN ISO 9001 (Version 2015) [1] gilt heutzutage als gängiger Standard weltweit für die Struktur von QM-Systemen und findet in den meisten Organisationen Anwendung. In einigen Bereichen, wie z. B. der Gesundheitsversorgung, der Automobil- oder Pharmaindustrie, ist ein QM-System nach internationalen Normen sogar gesetzlich vorgeschrieben.

Abbildung von Wertschöpfungsketten

Unter dem Dach des TZKME finden sich in direkter räumlicher Nähe die beiden Lehrstühle für Tissue Engineering und Regenerative Medizin (TERM) sowie für Funktionswerkstoffe der Medizin und Zahnheilkunde (FMZ), die eine gemeinsame präklinische Studieneinheit betreiben. Das gemeinschaftliche Ziel ist, die komplette Wertschöpfungskette regenerativer Therapien abzudecken.

Dafür müssen jedoch tragfeste Infrastrukturen etabliert werden, die eine effektive interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Bereiche Forschung, Entwicklung, präklinische und klinische Erprobung und Zulassung kontinuierlich ermöglichen.



Das derzeit aufgebaute QM-System soll dafür im Laufe des Jahres 2017 an die Norm DIN EN ISO 9001:2015 angepasst und zertifiziert werden.

Akkreditierte Prüflaboratorien

Das Prüflaboratorium des FMZ ist unter dem Dach des Translationszentrums bereits nach DIN EN ISO 17025:2005 akkreditiert und von der Zentralstelle der Länder für Gesundheitsschutz bei Arzneimitteln und Medizinprodukten (ZLG) anerkannt. Hier werden biologische Prüfungen von Medizinprodukten und Dentalwerkstoffen (DIN EN ISO 10993-5 und 10993-6, DIN EN ISO 7405) sowie anorganisch-analytische Prüfverfahren durchgeführt.

Folgende biologische Prüfungen werden derzeit angeboten:

1. Zellproliferation nach Kontakt mit Extrakten oder im direkten Kontakt (Zellzahlbestimmung)
2. Stoffwechselaktivität nach Kontakt mit Extrakten oder im direkten Kontakt (WST-1-Test)
3. Proteinsynthese im Kontakt mit Extrakten oder im direkten Kontakt (Proteinbestimmung nach Lowry)
4. Zellschädigung und Lyse im indirekten Kontakt (Agardiffusionstest)
5. Prüfung auf lokale Effekte nach Implantation in vivo

Good Laboratory Practice

Ein weiterer strategisch wichtiger Baustein zur vollständigen Abbildung der oben genannten Wertschöpfungskette stellt die Implementierung der Guten Laborpraxis (Good Laboratory Practice, GLP) in der tierexperimentellen präklinischen Studieneinheit dar. GLP ist für alle sicherheitsrelevanten Fragestellungen in der präklinischen Entwicklung von Bioimplantaten gesetzlich vorgeschrieben. Aufbauend auf der existierenden DIN ISO 10993-6 zur zulassungsrelevanten In-vivo-Testung von Medizinprodukten im Kleintiermodell soll GLP in den kommenden ein bis zwei Jahren am Translationszentrum aufgebaut werden.

Kontakt



Dr. sc. hum. Marco Metzger

Gruppenleiter Implantate
Telefon +49 931 31-86686
marco.metzger@igb.fraunhofer.de



Thorsten Bergmann

Projektleiter QM
Telefon +49 931 31-82907
thorsten.bergmann@uni-wuerzburg.de

Literatur

[1] DIN EN ISO 9001:2015 Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO EN ISO 9001:2015, 2015)

Projektpartner

Universitätsklinikum Würzburg, Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin | Universitätsklinikum Würzburg, Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe der Medizin und der Zahnheilkunde

Weitere Informationen

www.term.ukw.de
www.fmz.uni-wuerzburg.de

1+2 Abstimmung und Planung des QM-Beauftragten (Thorsten Bergmann, Universitätsklinik Würzburg) mit dem Gruppenleiter Implantate (Dr. Marco Metzger, IGB) zur Erstellung von Prozessketten im Rahmen der Implementierung der DIN EN ISO 9001 am TZKME Würzburg.



1

MIKROPHYSIOLOGISCHE ORGAN-ON-A-CHIP-SYSTEME ALS ALTERNATIVEN ZUM TIERVERSUCH

Julia Rogal, Christopher Probst, Silvia Kolbus-Hernandez, Peter Loskill

Einschränkungen der Wirkstofftestung

Heutige Verfahren zur Entwicklung von Arzneimitteln zeichnen sich durch extrem hohe Kosten und einen immensen Zeitaufwand aus. Einer der Hauptgründe für die Ineffizienz der Verfahren ist, dass experimentelle In-vivo-Tests in Menschen nicht tragbare Risiken besitzen und daher aufwendige Tierversuche und Versuche mit Zelllinien notwendig sind.

Tiermodelle und Zelllinien spielen nicht nur in der Pharmaforschung, sondern auch in der Kosmetik- und Chemieindustrie sowie in der akademischen Grundlagenforschung eine tragende Rolle. Allerdings sind selbst hochentwickelte Tiermodelle nicht in der Lage, den komplexen menschlichen Körper und speziell menschliche Krankheiten nachzubilden. Darüber hinaus sind sie ethisch fragwürdig.

Immortalisierte Zelllinien andererseits sind in vielen Fällen entweder nicht menschlichen Ursprungs oder stammen ursprünglich aus Krebsgewebe und werden klassischerweise als 2D-Monokulturen kultiviert. Die tatsächliche physiologische Nähe dieser Kulturen zu menschlichem Gewebe ist dadurch sehr beschränkt. Daher ist es nicht überraschend, dass Resultate, die aus Versuchen mit Zelllinien sowie Tierversuchen gewonnen werden, häufig nicht oder nur eingeschränkt auf den Menschen extrapoliert werden können.

Menschliche In-vitro-Modelle statt Tierversuche und Zelllinien

Die Entdeckung humaner induziert-pluripotenter Stammzellen (hiPS-Zellen) eröffnete die Möglichkeit, viele Einschränkungen

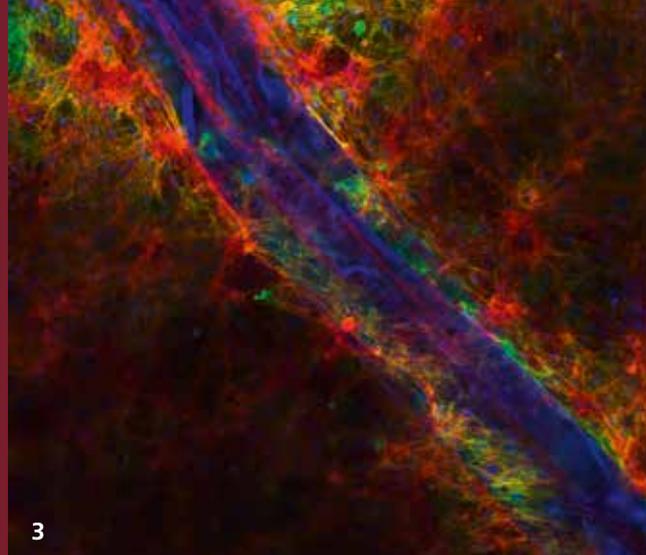
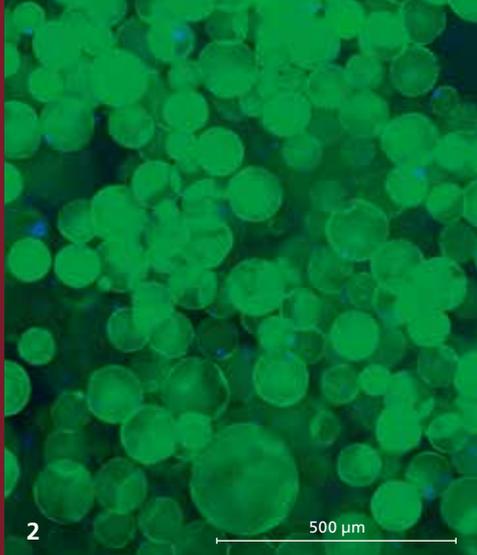
von klassischerweise verwendeten Tiermodellen zu überwinden. Dies führte zu einem Paradigmenwechsel in der Entwicklung personalisierter und krankheitsspezifischer Modellsysteme. Speziell das Prinzip von Organ-on-a-Chip-Systemen hat sich in den letzten Jahren von einer konzeptionellen Idee hin zu einer möglichen Alternative für Tiermodelle entwickelt. Das Potenzial der Systeme ist inzwischen von Wissenschaft, der betroffenen Industrie sowie staatlichen Behörden allgemein anerkannt.

Organ-on-a-Chip-Systeme kombinieren die Alleinstellungsmerkmale der klassischen Zell-Assays (menschliche Gene) und der Tiermodelle (3D-Gewebe und Blutkreislauf). Sie ermöglichen es, die Notwendigkeit von Tierversuchen nach den Vorgaben des 3R-Prinzips (Replace, Reduce, Refine) zu reduzieren. Weiterhin verbessern sie die Übertragbarkeit der vorklinischen Resultate auf die klinischen Phasen und machen somit die gesamte Entwicklung kostengünstiger, sicherer und schneller.

Grundbausteine eines Organ-on-a-Chip

In der Attract-Gruppe Organ-on-a-Chip werden unterschiedliche mikrophysiologische Organ-on-a-Chip-Systeme, auch mikrophysiologische Systeme (MPS) genannt, entwickelt, die auf minimaler Grundfläche eine In-vivo-Struktur und Funktionalität der jeweiligen Organgewebe aufweisen.

Die primäre Komponente dieser Systeme ist die mikrophysiologische Umgebung. Dazu werden Technologien der Mikrostrukturtechnik, der Materialwissenschaften und der



Mikrofluidik verwendet, um Strukturen zu schaffen, die physiologisch korrekt die In-vivo-Umgebungsbedingungen des jeweiligen Gewebes in vitro nachbilden. Der Einsatz der Mikrofluidik ermöglicht dabei die Arbeit mit physiologisch relevanten Kleinmengen an Flüssigkeiten sowie den Zu- und Abtransport löslicher Faktoren, wie Nährstoffen, Arzneimitteln oder Metaboliten.

Die zweite wichtige Komponente ist das integrierte menschliche Gewebe. Dabei vermeiden wir den Einsatz nicht-repräsentativer Zelllinien und arbeiten mit hiPS-Zellen. Durch gezielte Differenzierung von hiPS-Zellen können Zelltypen und Gewebe gewonnen werden, die sich bisher schwierig bzw. unmöglich aus primären Biopsien isolieren ließen. Da hiPS-Zellen kryokonservierbar und expandierbar sind, eignen sie sich auch für industrielle Anwendungen weitaus besser als beispielsweise primäre Zellen und ermöglichen reproduzierbarere Modelle. Im Unterschied zu embryonalen Stammzellen ist der Einsatz von hiPS-Zellen dabei ethisch wesentlich unproblematischer.

Anwendungen

Organ-on-a-Chip-Systeme finden primär Anwendung im Bereich des vorklinischen Screenings von Arzneimitteln zur Untersuchung der Wirksamkeit und zur Prüfung der Toxizität. Zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten existieren grundsätzlich in fast jedem Gebiet, in dem derzeit Tierversuche durchgeführt werden. Dazu zählen speziell die biomedizinische Grundlagenforschung, aber auch die Kosmetikindustrie, in der es eine große Nachfrage nach Alternativmethoden gibt. Der Grund dafür ist das komplette Einfuhrverbot für in Tierversuchen getestete Kosmetika in die EU seit wenigen Jahren. Ein weiteres, vielversprechendes Anwendungsgebiet ist die personalisierte Medizin. Dieser Bereich ist bisher noch wenig entwickelt, besitzt jedoch langfristig sehr großes Potenzial.

Kontakt



Dr. rer. nat. Peter Loskill

Telefon +49 711 970-3531

peter.loskill@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Organ-on-a-Chip-Systeme für Hochdurchsatz-Screenings« im Rahmen des Fraunhofer Attract-Programms.

- 1 *Mikrophysiologisches Fat-on-a-Chip-System.*
- 2 *Fluoreszenzgefärbte humane Adipozyten für Fat-on-a-Chip-Systeme.*
- 3 *Humane iPSC-basierte Kardiomyozyten entlang einer mikrostrukturierten Faser.*



CHEMIE UND PROZESS- INDUSTRIE



Funktionale Oberflächen und Materialien

Für die Oberflächen vieler Werkstoffe, z. B. industrieller Bauteile oder technischer Textilien, sind häufig andere Eigenschaften erwünscht, als sie das Material im Volumen besitzt. Am Fraunhofer IGB entkoppeln wir die Volumen- von den Oberflächeneigenschaften durch Grenzflächenverfahrenstechnik. Oberflächen von Kunststoffen, Keramiken oder Metallen verleihen wir neue Eigenschaften, indem wir dünne Schichten auftragen oder definierte Funktionen an Oberflächen erzeugen. Hierzu setzen wir Gasphasenprozesse (CVD, PVD, PECVD), nasschemische Verfahren oder kombinierte Verfahren ein. Für offenporige polymere Schäume mit funktionellen Gruppen haben wir eine einstufige Synthesestrategie entwickelt.

Fermentation und Biokatalyse

Unsere Arbeiten zielen auf die Entwicklung und Optimierung biotechnologischer (fermentativer oder biokatalytischer) Prozesse zur Herstellung von Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen oder biogenen Reststoffen. Diese bieten neben milden Reaktionsbedingungen und hoher Spezifität eine nahezu unerschöpfliche Produktvielfalt. Optimierte Transformationsprozesse erreichen wir auch durch die Kopplung mit chemischen Prozessen. Unser Leistungsspektrum umfasst das Screening nach neuen Chemokatalysatoren, industriell nutzbaren Enzymen und Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) sowie die Entwicklung von Produktionsverfahren für Fein- und Basischemikalien inkl. des Scale-ups und der Produktaufarbeitung.

Biobasierte Chemikalien

Fermentations- und Aufbereitungsverfahren wurden am Fraunhofer IGB beispielsweise für C₂-Verbindungen (Ethylen, Essigsäure, Ethanol), C₃-Verbindungen (Propen, Propanol, Propandiol, Propionsäure, Milchsäure), Dicarbonsäuren (Äpfelsäure, Itaconsäure) sowie für Aminosäuren oder Proteine (Thaumatococcus, Bacteriorhodopsin) erfolgreich bearbeitet. Ausgehend von nachwachsenden Rohstoffen, Algenlipiden oder biogenen Reststoffen konnten wir neue Wege zur Herstellung von Grundstoffen (langkettige Dicarbonsäuren, Fettsäureepoxide, Lactame) für die Kunststoffindustrie aufzeigen. Ausgewiesene Expertise besitzen wir in der mikrobiellen Herstellung von Biotensiden für Anwendungen als Emulgatoren oder Reinigungsmittel.

Bioraffineriekonzepte

Ein nachhaltiger Ansatz für die Herstellung chemischer Produkte ist die möglichst vollständige Verwertung von Biomasse nach dem Prinzip einer Bioraffinerie. Verschiedene land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (Stroh, Holzabfälle) sowie organische Reststoffe unterschiedlicher Industriezweige (Molke, Krabbenschalen und Insektenpanzer, Terpene) konnten wir bereits erfolgreich als Rohstoffquelle erschließen und durch fermentative oder biokatalytische und kombinierte chemische Prozesse zu Basischemikalien umsetzen, die weiter zu Feinchemikalien oder Biopolymeren aufgearbeitet werden. Die parallele oder anschließende energetische Nutzung der Restbiomasse schließt den Kreislauf und erhöht den Gesamtwirkungsgrad.

(Elektro-)chemische Umwandlung

Mit der Energiewende und dem Ausbau der regenerativen dezentralen Stromerzeugung steht zukünftig – witterungsabhängig – kostengünstiger Strom zur Verfügung. Wird dieser fluktuierend anfallende Überschussstrom flexibel für elektrochemische Reaktionen genutzt, können Basischemikalien nachhaltig hergestellt werden. Hierfür entwickeln wir Katalysatoren und geeignete Elektroden, Elektrolyse-Verfahren und Apparate. Im Fraunhofer-Leitprojekt »Strom als Rohstoff« entwickelt das Fraunhofer IGB ein einstufiges Verfahren, mit dem Ethen elektrochemisch in nur einem Verfahrensschritt hergestellt werden soll. Eine Elektrolysezelle, in der sich mit elektrischer Energie nur aus Wasser und Luft Wasserstoffperoxid herstellen lässt, ist bereits als Prototyp am Fraunhofer IGB verfügbar.

Aufarbeitungstechnologien

Die Stofftrennung ist in vielen Bereichen der Chemie und Prozessindustrie ein zentraler Verfahrensschritt. Für das Upstream Processing von Rohstoffen wie für das Downstream Processing von Fermentations- und Syntheseprodukten erarbeitet das Fraunhofer IGB wirtschaftliche Verfahren und plant entsprechende Anlagen. Im Fokus stehen ressourceneffiziente Membran- oder elektrophysikalische Technologien, die vielstufige Aufarbeitungsprozesse vereinfachen und falls erforderlich mit herkömmlichen Trennverfahren wie Zentrifugation, Extraktion oder chromatographischen Verfahren kombiniert werden.



Die chemische Industrie gehört zu den bedeutendsten und forschungsintensivsten Branchen in Deutschland. Viele Innovationen in der Automobil-, Elektro- und Elektronikindustrie, Bauwirtschaft oder Verpackungstechnik wären ohne den Beitrag der Chemie nicht möglich. Dabei ist die Chemie- und Prozessindustrie, mehr als alle anderen Branchen, gekennzeichnet durch rohstoff- und energieintensive Prozesse.

Die Abhängigkeit vom Import der Rohstoffe, die Begrenztheit der fossilen Ressourcen weltweit – auch im Wettbewerb mit der energetischen Nutzung – und die Notwendigkeit, Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt zu berücksichtigen, rücken deshalb auch in unseren Arbeiten Ansätze in den Vordergrund, fossile Ressourcen besser zu nutzen oder zu substituieren.

Vernetzung und Kooperation

Unsere ausgeprägte Vernetzung mit anderen Instituten der Fraunhofer-Verbünde Life Sciences und Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS sowie der Fraunhofer-Allianzen Nanotechnologie, Photokatalyse, Textil, Polymere Oberflächen POLO® und Reinigungstechnik, zu Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen ist ein Garant für die kompetente Bearbeitung auch interdisziplinärer Fragestellungen.



BI-AMIN – AMINE NACHHALTIG PRODUZIERT

Fabian Steffler, Volker Sieber

Amine spielen eine wichtige Rolle in der chemischen Industrie. Sie werden in einer großen Vielfalt als Bausteine für Agro- und Pharmachemikalien sowie für Tenside, Beschichtungen und Schmierstoffe hergestellt. In dem vom BMBF geförderten Projekt »Bi-Amin« sucht das Fraunhofer IGB zusammen mit seinen Projektpartnern nach biotechnologischen Reaktionsrouten und Katalysatoren, die die Produktionsverfahren nachhaltiger gestalten können.

Negative Energiebilanz: Alternativen zur chemischen Synthese gesucht

Amine werden großtechnisch auf Basis fossiler Rohstoffe produziert. Für diese chemische Synthese sind hohe Temperaturen und Drücke erforderlich; dies verschlechtert die Energiebilanz der Produktionsverfahren. Außerdem sind die Reaktionen meist nicht enantioselektiv, was die spezifische Produktbildung und -ausbeute senkt.

Biotechnologisches Verfahren setzt auf nachwachsende Rohstoffe

Im Projekt »Bi-Amin« erarbeitet der Institutsteil BioCat in Straubing in Zusammenarbeit mit der TU München und einem Industriepartner ein biotechnologisches Verfahren für die Produktion von Aminen. Biotechnologische Verfahren eröffnen die Möglichkeit, anstelle fossiler Rohstoffe auch verschiedene nachwachsende Rohstoffe als Substrate einzusetzen. Außerdem arbeiten Biokatalysatoren, Enzyme, die vielfach aus Mikroorganismen oder Pflanzen gewonnen werden, am besten bei niedrigen Temperaturen und unter Normaldruck, also unter »natürlichen« Bedingungen. Dies kann die Energiebilanz des Herstellungsprozesses verbessern.

Zellfreie Biosynthese ersetzt Fermentation

Im Gegensatz zu fermentativen Verfahren, in denen Mikroorganismen als ganze Zellen zum Einsatz kommen, sollen die Amine nach dem Konzept der zellfreien Biosynthese hergestellt werden: Hierbei setzen wir gereinigte spezifische Enzyme ein, die zu rein enzymatischen Reaktionskaskaden zusammengesetzt werden. Ziel des Projektteams ist, solche enzymatischen Reaktionsrouten für die Biosynthese von Aminen zu entwickeln und in einem weiteren Schritt in den Pilotmaßstab zu überführen.

Ausblick

Die Enzyme sollen nachwachsende Rohstoffe mit möglichst hohen Ausbeuten zu den gewünschten Aminen umsetzen. Der Straubinger Institutsteil des Fraunhofer IGB arbeitet daran, geeignete Enzyme und deren Bereitstellung für die Reaktionsrouten zu optimieren. Ein weiterer Schwerpunkt der Straubinger Forscher ist es, neue Verfahren zur Aufarbeitung der Amine aus den zellfreien Reaktionsgemischen zu entwickeln. Denn diese tragen wesentlich zur Wirtschaftlichkeit des biotechnologischen Verfahrens bei.



3



4

Kontakt



Dr. rer. nat. Fabian Steffler

Telefon +49 9421 187-358

fabian.steffler@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. rer. nat. Volker Sieber

Telefon +49 9421 187-300

volker.sieber@igb.fraunhofer.de

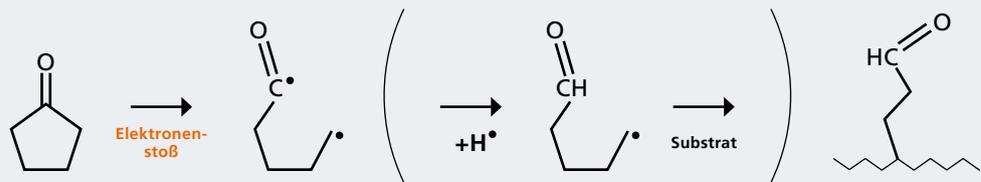
Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Bi-Amin – Biogene Amine nachhaltig produziert«, Förderkennzeichen 031B0071C.

Projektpartner

TU München | CASCAT GmbH, Straubing

- 1 *Bioreaktor für die Enzymproduktion.*
- 2 *Durchmischung wässriger und gasförmiger Phasen im Bioreaktor.*
- 3 *Probenfraktionierung für die Analytik.*
- 4 *Proteinaufarbeitung am Beispiel von grün fluoreszierendem Protein (GFP).*



1

STABILE PLASMAPOLYMERE DURCH RINGÖFFNUNG

Jakob Barz, Bentsian Elkin, Michael Haupt, Christian Oehr

Chemische Oberflächenfunktionalisierung

Die Beschichtung über Plasmapolymersation ist ein etabliertes und weit verbreitetes Verfahren, um Oberflächen mit spezifischen Eigenschaften auszurüsten. Dazu zählen beispielsweise diverse öl- und wasserabweisende Beschichtungen, wie sie am Fraunhofer IGB entwickelt werden. Neben Beschichtungen, bei denen es mehr auf einen makroskopischen Effekt ankommt, sind auch Beschichtungen gefragt, die spezifische chemische Funktionsgruppen besitzen und somit besondere Charakteristika aufweisen. Chemische Funktionsgruppen, die die Anbindung verschiedener Substanzen an eine Oberfläche ermöglichen, sind u. a. Amino-, Epoxyd-, Carboxyl- und Thiolgruppen. Anwendungsmöglichkeiten gibt es zum Beispiel im biotechnologischen Bereich oder auf dem Gebiet der Klebtechnik.

Da die herkömmlichen Verfahren teilweise nicht effizient genug und nur eingeschränkt einsetzbar sind, forscht das Fraunhofer IGB an einem alternativen Plasmaverfahren, bei dem Oberflächen mittels ringöffnender Polymerisation funktionalisiert werden.

Ausgangssituation

Der übliche Weg eine chemisch funktionalisierte Plasmapolymerschicht zu erzeugen besteht darin, dass die Ausgangssubstanz (Präkursor) die gewünschte Funktionsgruppe bereits enthält. Häufig ist dabei noch eine Doppelbindung als »Sollbruchstelle« enthalten. Beispiele hierfür sind Plasmapolymere aus Allylamin (Aminogruppen) oder Acrylsäure (Carboxylgruppen). Das Problem hierbei ist, dass der Energieeintrag aus dem Plasma, der zum Aktivieren der Sollbruchstelle führt, nahe der Energieschwelle liegt, bei der die Funktionsgruppe

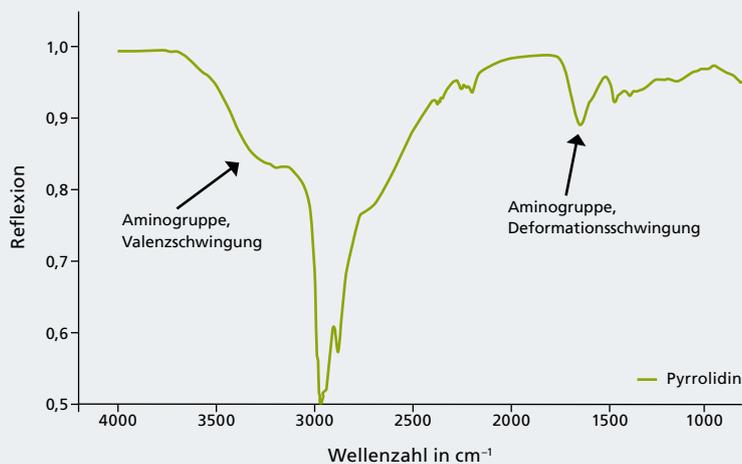
im Plasma zerstört werden kann. Um die Funktionsgruppen zu erhalten, muss der Energieeintrag also möglichst gering gehalten werden. Das wirkt sich allerdings gleichzeitig negativ auf den Polymerisations- und Vernetzungsgrad der erzeugten Schicht und auch auf die Abscheiderate aus. Zudem sind die auf diesem Wege eingesetzten Präkursoren aufgrund ihrer Reaktivität giftig und/oder instabil.

Auch andere Verfahren zur Erzeugung von funktionalisierten Plasmapolymerschichten, wie das Pfropfen oder der Einsatz chemisch einfacher Gase bzw. Gasgemische, sind nur eingeschränkt einsetzbar.

Vorgehensweise

Ein alternativer Weg zur Erzeugung funktionalisierter Plasmapolymere besteht darin, dass die erwünschte chemische Funktion in der Ausgangssubstanz gar nicht vorhanden ist, sondern erst durch die Plasmaeinwirkung entsteht. Durch eine ringöffnende Polymerisation mittels Elektronenstoß im Plasma können hochreaktive Zwischenprodukte entstehen, welche die Vorläufer zur erwünschten chemischen Funktion enthalten. Auf den Oberflächen, die dem Plasma ausgesetzt sind, bilden sie eine Polymerschicht, die eine hohe Dichte an diesen Funktionsgruppen aufweist.

Das Grundprinzip wird am Beispiel der Erzeugung von aldehydfunktionalisierten Schichten aus Cyclopentanon erklärt (Abb. 1). Durch Elektronenstoß im Plasma wird der Ring (vorzugsweise an der zur Ketogruppe benachbarten Bindung) geöffnet. Dadurch entsteht ein Biradikal, das mit einem Wasserstoffatom aus dem Plasma unter Bildung eines aldehydhaltigen radikalischen Zwischenprodukts reagieren und



2

in die wachsende Plasmapolymerschicht eingebaut werden kann. Analog dazu wurden am Fraunhofer IGB auch Plasmapolymere mit primären Aminogruppen, Hydroxylgruppen, Thiolgruppen und weitere Funktionsschichten erzeugt.

Der Vorteil des Verfahrens: Da die chemische Zielfunktionsgruppe in den Präkursor-Molekülen nicht vorhanden ist, benötigt man im Unterschied zur herkömmlichen Methode keine besonders schonenden Plasmabedingungen. Im Gegenteil, optimale Ergebnisse werden eher bei höheren Energiedichten erzielt. Dies führt auch zu weiteren positiven Effekten: hohen Abscheideraten bzw. kurzen Prozesszeiten einerseits und gut haftenden, hochstabilen Plasmapolymerschichten andererseits.

Ergebnisse

Die so erzeugten Plasmapolymerschichten wurden mit unterschiedlichen analytischen Methoden wie Ellipsometrie, FTIR-Spektroskopie, Röntgenphotoelektronenspektroskopie und chemischer Derivatisierung charakterisiert. Dabei konnten wir eine hohe Dichte der gewünschten chemischen Funktionen nachweisen. Weiterhin wurden die auf unterschiedlichen Substraten (Polymer, Metall, Keramik) abgeschiedenen Schichten hinsichtlich ihrer Stabilität in unterschiedlichen Medien (alkalische und saure wässrigen Lösungen, Lösemittel wie Alkohole oder Aceton) überprüft und erwiesen sich in diesen als beständig.

Ausblick

Die Erzeugung von Plasmapolymere über Ringöffnung eröffnet viele Anwendungsfelder, in denen stabile Funktionsschichten gefordert sind. Die Beschichtungen lassen sich auf unterschiedlichen Materialien in vielen verschiedenen Formen, von massiven Körpern über Folien bis hin zu Textilien und Fasern aufbringen. Das Fraunhofer IGB ist somit in der Lage, für Kunden maßgeschneiderte Beschichtungen für deren Produkte anzubieten.

Kontakt



Dr. rer. nat. Jakob Barz
Telefon +49 711 970-4114
jakob.barz@igb.fraunhofer.de

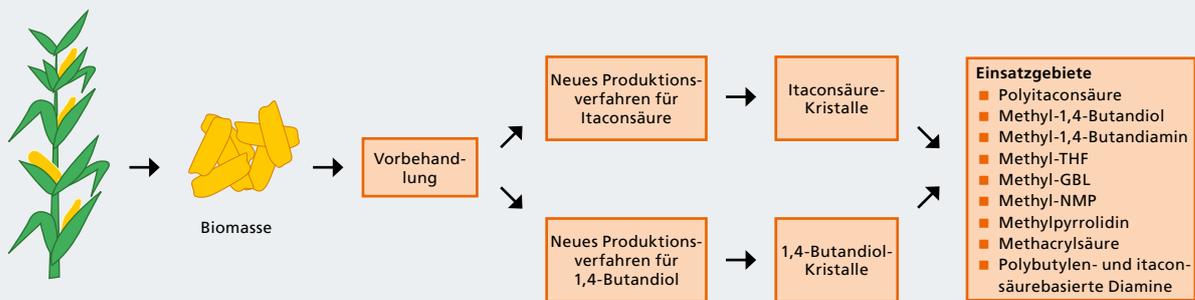


Dr. rer. nat. Michael Haupt
Telefon +49 711 970-4028
michael.haupt@igb.fraunhofer.de

Literatur

Elkin, B.; Müller, M.; Oehr, C. (2006) Verfahren zur chemischen Funktionalisierung von Oberflächen durch Plasmapolymere, DE 102004057155

- 1 Reaktionsschema des Ringöffnungsplasmas.
- 2 FTIR-Spektrum des Plasmapolymers aus Pyrrolidin.



1

PRODUKTION VON ITACONSÄURE – FERMENTATIVE HERSTELLUNG UND SCALE-UP

Katja Patzsch, Andy Leschnik, Georg-Ullrich Geiger, Björn Vater, Susanne Zibek

Ausgangssituation

Europa bereitet sich auf die Umstellung von einer fossilen auf eine biobasierte Ökonomie vor. Aufgrund der umfassenden Möglichkeiten und der Komplexität wird erwartet, dass dieser Wandel mindestens ein bis zwei Jahrzehnte dauern wird. Die gegenwärtige Ausgangsposition für Europa bei der biotechnologischen Produktion wertvoller Chemikalien aus nachwachsender Biomasse ist sehr gut. So hat Europa eine führende Rolle im Bereich der Forschung innerhalb der industriellen (weißen) Biotechnologie. Darüber hinaus zeichnet sich Europa durch die globale Spitzenposition seiner Chemie- und Lebensmittelindustrie und die fortschrittliche logistische Infrastruktur aus. Dennoch besteht ein dringender Bedarf an der wirtschaftlichen Umsetzung der Forschungsergebnisse für industrielle Prozesse, um die Spitzenposition nicht an schneller agierende konkurrierende Ökonomien abzugeben.

Projekt Bio-QED

Vor diesem Hintergrund will das Konsortium des EU-geförderten Projekts Bio-QED zeigen, dass biobasierte Basischemikalien wirtschaftlich und zugleich nachhaltig in industriellem Maßstab hergestellt werden können. Dies umfasst auch, sämtliche technische und wirtschaftliche Schlüsselparameter zusammenzustellen, die für Investitionsentscheidungen über die ersten industriellen Produktionsanlagen zur Herstellung der biobasierten Basischemikalien 1,4-Butandiol und Itaconsäure benötigt werden. Die Projektpartner decken die komplette Wertschöpfungskette für biobasiertes 1,4-Butandiol und biobasierte Itaconsäure ab (Abb. 1).

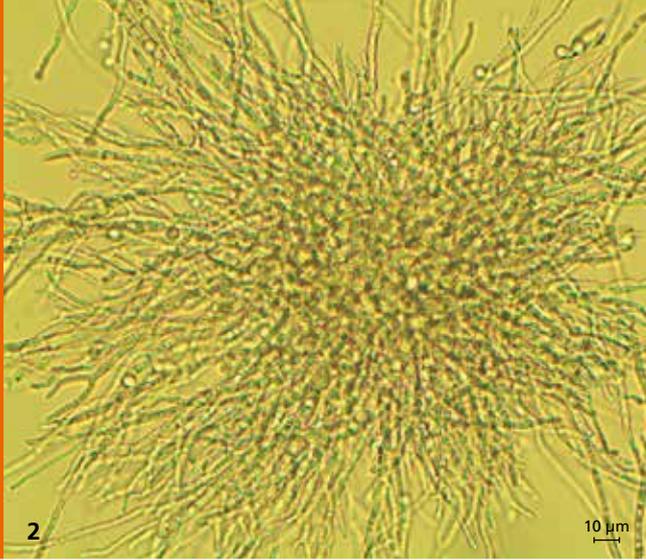
Itaconsäure

Itaconsäure ist eine wichtige Dicarbonsäure, die als Plattformchemikalie, z. B. als Co-Monomer zur Synthese von Emulsionspolymeren, als Ersatz für petrochemisch hergestellte Acrylsäure oder zur Herstellung von Farben und Lacken sowie biologisch abbaubaren Polymeren in der Verpackungsindustrie verwendet werden kann. Die Produktion von Itaconsäure erfolgt biotechnologisch durch die Fermentation von Zucker-substraten mit dem Pilz *Aspergillus terreus* (Abb. 2).

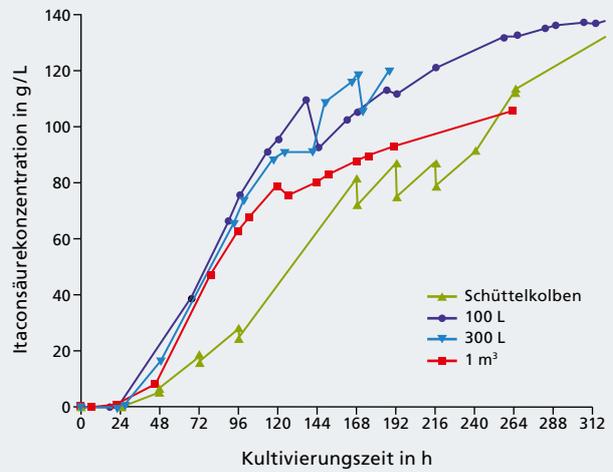
Fermentation von Itaconsäure

Die Gruppe Industrielle Biotechnologie des Fraunhofer IGB beschäftigt sich mit der Entwicklung von Fermentationsverfahren im Labormaßstab. Im Bio-QED-Projekt wurde zum einen die Sporengewinnung von *Aspergillus terreus* für die Produktionsvorbereitung untersucht und eine vereinfachte Vorbereitung erzielt, bei der das Pilzmyzel nicht mehr von den Sporen zur Inokulation abgetrennt werden muss. Ebenso wurden verschiedene Lagerparameter wie Temperatur, Salzkonzentration und die Zugabe von Glycerol für Sporen/Sporen-Myzel-Gemische untersucht. Vergleichend dazu fanden vorbereitend für die Skalierung in den industriellen Maßstab Untersuchungen zum Transfer von Biomasse im Verhältnis 1:10 in einer Wachstums-Kaskade statt.

Weiterhin untersucht die Gruppe die Optimierung der Itaconsäure-Produktion. Dafür wird unter anderem der Einfluss des pH-Wertes auf die Itaconsäure-Produktion betrachtet. In Experimenten im Schüttelkolbenmaßstab konnte eine finale Itaconsäure-Konzentration von 137 g/L bei einer Kultivierungszeit von 14 Tagen erzielt werden (Abb. 3). Dies wurde durch eine Anhebung des pH-Wertes erreicht, nachdem der



2



3

pH-Wert unter 1,8 gesunken war. Das Verfahren ist aus der Literatur bekannt [1]. Durch die Anpassung des pH-Wertes konnte die Itaconsäure-Produktion erhöht werden.

Scale-up

Am Fraunhofer CBP erfolgte das Scale-up des Fermentationsprozesses bis in den Maßstab von 1 m³ (Totalvolumen). Die Fermentationsprozesse im 100-Liter- und 300-Liter-Maßstab erzielten vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich Itaconsäureproduktion und Glucoseverbrauch (Abb. 3). Im 1-m³-Maßstab wurde eine etwas niedrigere Itaconsäureproduktion erreicht, da sich mit höherem Fermentationsvolumen die Pilzmorphologie leicht verändert. Während bis zum 300-Liter-Maßstab *A. terreus* in Pelletform wächst, war die Wachstumsform im 1-m³-Maßstab mehr myzelartig. Daher arbeiten wir derzeit an der Anpassung der Scale-up-Parameter, um eine gleichbleibende Morphologie des Pilzes sowie Itaconsäureproduktion zu gewährleisten.

Weiterführende Arbeiten betrachten die Übertragung des Fermentationsprozesses auf andere Zuckersubstrate 1. und 2. Generation, eine weitere Maßstabvergrößerung bis 10 m³ und die Entwicklung der Produktaufarbeitung im Pilotmaßstab.

- 1 Wertschöpfungsketten, welche im Projekt Bio-QED abgebildet werden.
- 2 Mikroskopische Darstellung des Pilzes *Aspergillus terreus*.
- 3 Itaconsäureproduktion in verschiedenen Fermentationsmaßstäben.

Kontakt



Dr.-Ing. Katja Patzsch

Telefon +49 3461 43-9104

katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Susanne Zibek

Telefon +49 711 970-4167

susanne.zibek@igb.fraunhofer.de

Literatur

[1] Hevekerl, A.; Kuenz, A.; Vorlop, K.-D. (2014) Influence of the pH on the itaconic acid production with *Aspergillus terreus*, Appl Microbiol Biotechnol 98: 10005–10012

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »Bio-QED – Quod Erat Demonstrandum: Large scale demonstration for the bio-based bulk chemicals BDO and IA aiming at cost reduction and improved sustainability« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Zuwendungsvereinbarung 613941.

Projektpartner

Novamont, Italien | Mater Biotech, Italien | Cargill, Belgien | TNO, Niederlande | Itaconix, USA | Lubrizol Advanced Materials Spain S.L., Spanien | MiPlast, Kroatien | VLCl, Niederlande | Patentopolis, Niederlande | nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH | Rina Services, Italien

Weitere Informationen

www.bio-qed.eu



BIOINSPIRIERTE FLUORCARBONFREIE HYDROPHOBIERUNGSMITTEL FÜR TEXTILIEN

Michael Richter, Christina Faltl, Patricia Huber, Michael Hofer

Umweltverträgliche Textilausrüstung

Die Veredelung von Textilien, etwa um sie mit wasser- und schmutzabweisenden Eigenschaften auszurüsten, erfordert zumeist den Einsatz von umweltschädlichen Chemikalien. Der Natur entlehnte Hydrophobierungsmittel bieten sich als umweltverträgliche Alternativen an. Innovative Ansätze für die schadstoffarme Herstellung von wasserabweisenden Funktionsmolekülen, die für Mensch und Umwelt in jeder Hinsicht unbedenklich sind, haben daher in der Textilindustrie eine sehr große Bedeutung. Aus diesem Grund erforscht der Straubinger Institutsteil BioCat des Fraunhofer IGB zusammen mit den Hohenstein Instituten in Bönningheim die Herstellung und Anwendung solcher bioinspirierter Hydrophobierungsmittel.

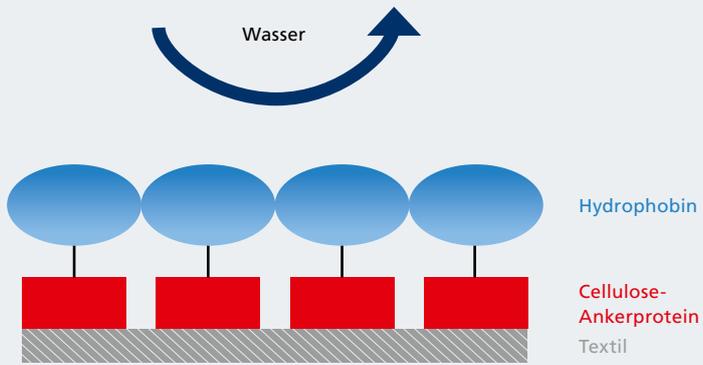
Die Natur als Vorbild

Das Grundkonzept des Projekts ist der Natur entliehen. Die angestrebten Hydrophobierungsmittel bestehen aus funktionalen Proteinen und können mittels biotechnologischer Verfahren aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Die hydrophoben Proteine kommen in der Natur als Hydrophobine beispielweise in Pilzen vor. Dort spielen sie unter anderem eine wichtige Rolle bei der Beeinflussung der Oberflächenspannung von Wasser während der Ausbildung von Luftmyzelien. Hydrophobine können als amphiphile Proteine durch nicht-kovalente Wechselwirkungen auf einer Materialoberfläche sehr hydrophobe (wasserabweisende) Schichten ausbilden, wenn ihr hydrophober Teil dabei von der Materialseite weggerichtet ist.

Um die Hydrophobine spezifisch und gerichtet an cellulosehaltige Textilien zu binden, werden ebenfalls Proteine aus der Natur genutzt – sogenannte Cellulose-Ankerproteine, die zum Beispiel in natürlichen Enzymen wie Cellulasen vorkommen. Die entstehenden bifunktionalen Fusionsproteine können dann auf verschiedene Textilien appliziert werden und sollen dort einzigartige hydrophobe Eigenschaften aufweisen. In einer Machbarkeitsstudie konnten bereits Ankerproteine hinsichtlich der selektiven und festen Bindung an Cellulose-Textilien erfolgreich getestet werden.

Biologische Alternative zu Chemikalien

Die bioinspirierten Funktionsproteine werden entwickelt, um in Zukunft eine nachhaltige und robuste Alternative zu den bis heute gängigen per- und polyfluorierten Chemikalien darzustellen, die für die wasserabweisende Ausrüstung von Textilien benutzt werden. Diese sind aufgrund ihrer Herstellungsverfahren und Umweltverträglichkeit sehr umstritten und unterliegen einem wachsenden regulatorischen Druck. Im Projekt werden alle notwendigen Arbeiten der Molekularbiologie, Protein-, Oberflächen- und Textilchemie abgedeckt. Das Vorhaben wird von einem projektbegleitenden Ausschuss beraten, der sich aus Vertretern der Textilindustrie und des Biotechnologiesektors zusammensetzt. Somit sind die Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Projektziele und für die Möglichkeit der industriellen Machbarkeit von vornherein in idealer Weise gegeben.



2

Ausblick

Zielprodukte sind Outdoor-Textilien, technische Textilien, OP-Textilien sowie antimikrobielle Textilien, deren Fasern vor Zersetzung geschützt sind, beispielsweise für den Automobilbereich. Die Technologie lässt sich leicht auf Anwendungen in anderen Geschäftsfeldern übertragen, bei denen die Funktionalisierung von Cellulose eine Rolle spielt.

Kontakt



Dr. rer. nat. Michael Richter
 Telefon +49 9421 187-353
 michael.richter@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. rer. nat. Volker Sieber
 Telefon +49 9421 187 300
 volker.sieber@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, das aufgrund eines Beschlusses des Bundestags das interdisziplinäre IGF-Projekt Nr. 18884N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V. fördert. Die Förderung erfolgt über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF).

Projektpartner

Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH, Bönnigheim |
 William-Küster-Institut für Hygiene, Umwelt und Medizin,
 Bönnigheim

- 1 *Wasserabweisend funktionalisierte Textilien.*
- 2 *Schema der proteinbasierten Textilfunktionalisierung.*



CARBOPREC – KOHLENSTOFFFASERN AUS NACHWACHSENDEN RESSOURCEN

Moritz Leschinsky, Christine Roßberg, Maik Tretbar, Daniela Pufky-Heinrich, Jakob Barz

Ausgangssituation

In immer mehr industriellen Anwendungen steigt die Nachfrage nach Hochleistungsverbundwerkstoffen. Dies erfordert neue, verbesserte Produktionsmöglichkeiten zur Herstellung von Kohlenstofffasern. Zurzeit werden aufgrund der herausragenden technischen Eigenschaften über 80 Prozent der Kohlenstofffasern auf Basis von Polyacrylnitril (PAN) als Ausgangsstoff (Precursor) hergestellt. Allerdings ist dieses Polymer teuer und nur in begrenzter Menge verfügbar, was die Anwendung von Kohlenstofffasern aktuell auf wenige Premiumsektoren begrenzt, in denen die beträchtlichen Kosten zugunsten der hohen Leistungsfähigkeit toleriert werden können. Um Kohlenstofffasern auch in weiteren Branchen wie dem Automobilbau oder dem Bau von Windkraftanlagen einsetzen zu können, müssen günstigere Precursor-Materialien entwickelt werden.

Vorgehensweise

Im EU-Projekt »CARBOPREC« arbeiten 14 Partner aus sieben Ländern gemeinsam an der Entwicklung von zwei neuen Precursor-Materialien auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen, die in Europa in Form von Lignocellulose gut verfügbar sind: Cellulose und Lignin. Dabei werden in beiden Fällen Kohlenstoffnanoröhren (engl. Carbon Nanotubes, CNT) als Verstärkung eingesetzt und neue Produktionsverfahren entwickelt.

Die Herstellungsverfahren der Precursoren sind dabei stark abhängig von der makromolekularen Struktur der eingesetzten Rohstoffe. Cellulose wird im Rahmen des Projekts aus kommerziell erhältlichen Zellstoffen in Reinform isoliert

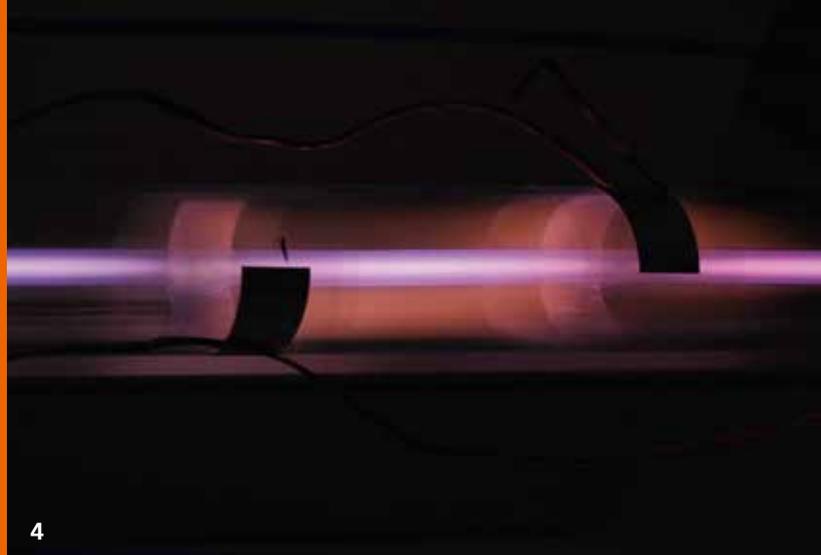
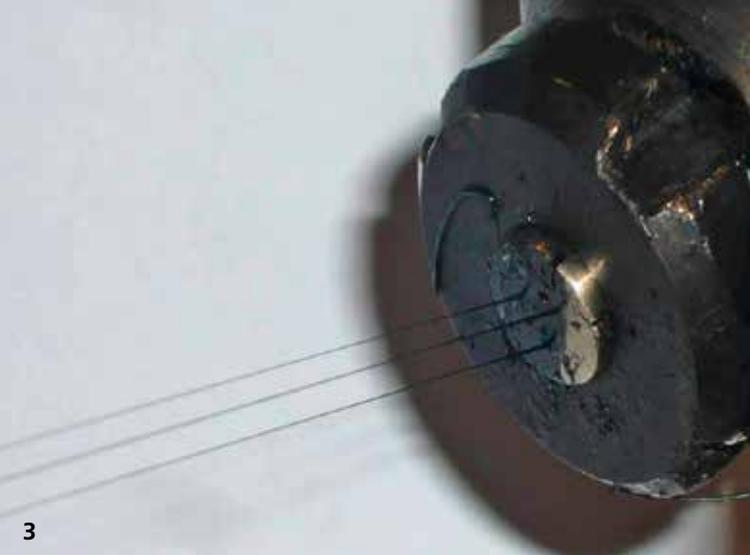
und dann in einem phosphorsäurebasierten Nassspinnverfahren als Multifilament gesponnen. Lignin wird mithilfe des Organosolv-Verfahrens in Reinform aus Holz isoliert, mit CNT und weiteren Polymeren compounding und anschließend aus der Schmelze als Multifilament gesponnen.

Die verschiedenen Prozessstufen von der Gewinnung der Rohstoffe, über die Faserherstellung, -stabilisierung und -karbonisierung bis hin zur Endanwendung in Demonstrator-Bauteilen sind Gegenstand des Vorhabens.

Modifiziertes Organosolv-Verfahren optimiert Lignineigenschaften

Das Fraunhofer CBP arbeitet im Projekt federführend an der Isolierung und Eigenschaftsoptimierung der Rohstoffe Lignin und Cellulose. Mit dem am Institutsteil Leuna im Pilotmaßstab etablierten Organosolv-Verfahren wurde durch Variation der Prozessbedingungen und durch die Auswahl verschiedener Lignocellulosen zunächst systematisch an der Optimierung der Lignineigenschaften gearbeitet. Anschließend wurden über 150 Kilogramm der optimierten Lignine hergestellt und dem Konsortium zur Herstellung von Demonstratoren übergeben. Die so produzierten Lignine weisen dabei gegenüber kommerziell bereits erhältlichen Ligninen besonders vorteilhafte Spinneneigenschaften auf.

Ebenso wurden in Leuna ein an der Universität Hamburg entwickeltes Extraktionsverfahren von Zellstoff erfolgreich in den Pilotmaßstab übertragen und somit 120 Kilogramm Chemiecellulose für die Nassspinnversuche im Projekt hergestellt.



Faserstabilisierung durch Plasmatechnologie

Ein bisher kritischer Punkt für die Karbonisierung von Ligninfasern ist die Stabilisierung des zunächst noch thermoplastischen Precursors. Um diese im Plasma zu ermöglichen, wurde am CBP in Leuna ein neues Ligninderivat entwickelt, dessen funktionelle Gruppen im Plasma reagieren und vernetzen. Nachdem durch umfassende Plasmauntersuchungen in der IGB-Abteilung Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft der Nachweis der Reaktion erbracht wurde, konnte die Ligninderivatisierung am CBP in den Kilogramm-Maßstab skaliert und weiter optimiert werden. Die Reaktion im Plasma führt zu einer deutlichen Zunahme des Molekulargewichts im Ligninderivat und somit zur gewünschten Vernetzung. Neben der Faserstabilisierung, die aktuell im Projekt untersucht wird, bietet der Ansatz auch Möglichkeiten in anderen Anwendungen.

Ausblick

Es wird erwartet, dass die am CBP und IGB gemeinsam entwickelten Materialien und Verfahren nachhaltig zur Entwicklung von biobasierten Kohlenstofffasern beitragen. Darüber hinaus sind das im Projekt gewonnene Verständnis für die Struktureigenschaften-Beziehungen von Lignin sowie die entwickelten und skalierten Verfahren von großem Wert auch für zukünftige Entwicklungen, Anwendungen und Projekte im Geschäftsfeld der Chemie und Prozessindustrie.

- 1 Pilotanlage zum Organosolv-Aufschluss von Holz am Fraunhofer CBP in Leuna.
- 2 Filterpresse zur Abtrennung von Organosolv-Lignin am Fraunhofer CBP in Leuna.
- 3 Schmelzspinnen von Ligninfasern.
- 4 Plasmarohrreaktor zur Materialmodifikation.

Kontakt



Dr. rer. nat. Moritz Leschinsky

Telefon +49 3461 43-9102

moritz.leschinsky@igb.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Jakob Barz

Telefon +49 711 970-4114

jakob.barz@igb.fraunhofer.de

Förderung

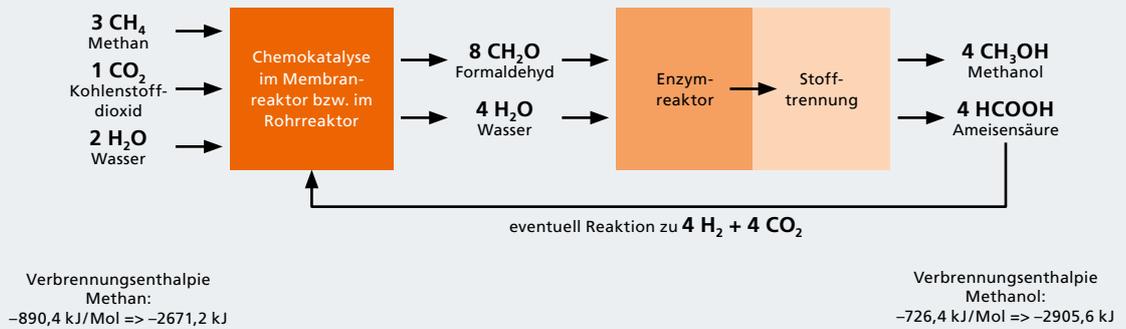
Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »CARBOPREC« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Förderkennzeichen GA N°604215.

Projektpartner

Canoe, Pessac, Frankreich | Arkema, Colombes, Frankreich | Avana Industries, Budapest, Ungarn | Ayming, Asnières-sur-Seine, Frankreich | Balakovo Carbon Production LLC, Balakovo, Russland | CETI, Lille, Frankreich | CTAG, Pontevedra, Spanien | MDP, Terni, Italien | Plastinov, Samazan, Frankreich | Renault, Boulogne, Frankreich | Sigmatex, Middlewich, Cheshire, Großbritannien | Universität Freiburg, Deutschland | Universität Hamburg, Deutschland

Weitere Informationen

www.carboprec.eu



1

STOFFLICHE NUTZUNG VON METHAN ZUR HERSTELLUNG VON PLATTFORMCHEMIKALIEN

Matthias Stier, Dieter Bryniok

Alternative Nutzung von Biogas

Methan ist der Hauptbestandteil von Biogas. Dieses wird heute zum überwiegenden Teil als Energieträger zur Produktion von Wärme und Strom genutzt. Die energetische Nutzung von Biogas ist effizient, wenn die Wärme das ganze Jahr über sinnvoll genutzt wird, was aber nicht bei allen Biogasanlagen der Fall ist. Daher wird seit langem an Möglichkeiten einer stofflichen Nutzung des enthaltenen Methans geforscht. Damit leistet das Fraunhofer IGB einen wichtigen Beitrag für den Übergang zu einer biobasierten Produktion.

Kombination von chemokatalytischer und enzymatischer Umsetzung

Im Verbundprojekt »Enzymatisch-chemokatalytische Oxidationskaskaden in der Gasphase – ECOX« wurden, gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Katalyse LIKAT in Rostock sowie der Martin-Luther-Universität in Halle, die Grundlagen für Verfahren zur Umsetzung gasförmiger Substrate gelegt.

Der Projektpartner LIKAT entwickelte einen chemischen Katalysator zur Umsetzung von Biogas zu Formaldehyd [1, 2]. Die zur Umsetzung des Formaldehyds notwendigen enzymatischen Prozesse entwickelte das Fraunhofer IGB. Durch eine Formaldehyd-Dismutase aus *Pseudomonas* sp. gelang dabei die Herstellung von Methanol und Ameisensäure aus Formaldehyd. Die im Enzymreaktor entstehende Ameisensäure kann als Wertstoff genutzt oder in den chemokatalytischen Prozess zurückgeführt werden. Außerdem ist die Nutzung des Verfahrens zur Herstellung von Methylformiat denkbar. Dieses entsteht in wässriger Lösung spontan aus Methanol und Ameisensäure – bisher allerdings nur in geringen Konzentrationen. Der Projektpartner LIKAT will diesen Ansatz weiterverfolgen

und in Zukunft auch chemokatalytische Prozesse für eine solche Herstellungsweise von Methylformiat entwickeln.

Entwicklung von Membranreaktoren

Für die wirtschaftliche Umsetzung von Methan zu chemischen oder pharmazeutischen Wertstoffen bedarf es der Entwicklung spezieller Reaktorkonzepte, beispielsweise für Membranbioreaktoren. Diese ermöglichen es, die entstehenden Produkte kontinuierlich aus dem Reaktionsgemisch auszuschleusen und somit die Herstellung mit der Aufarbeitung zu verbinden. Das Ziel ist, eine effektive stoffliche Verwertung von Methan durch aerobe methanotrophe Mikroorganismen zu ermöglichen [3].

Die die Reaktionen im Reaktor kennzeichnenden Stoffdaten, wie etwa die Löslichkeit von Methan in Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken, können mit dem neuen foxySPEC-Massenspektrometer, das von den Fraunhofer-Instituten ICT und IGB gemeinsam entwickelt wurde, simultan aufgezeichnet werden. Dieses verfügt über einen modifizierten Membraneinlass, der es erstmals ermöglicht, gleichzeitig bis zu 30 verschiedene flüchtige Bestandteile sowohl aus der Gasphase als auch aus der Flüssigphase in Echtzeit zu messen.

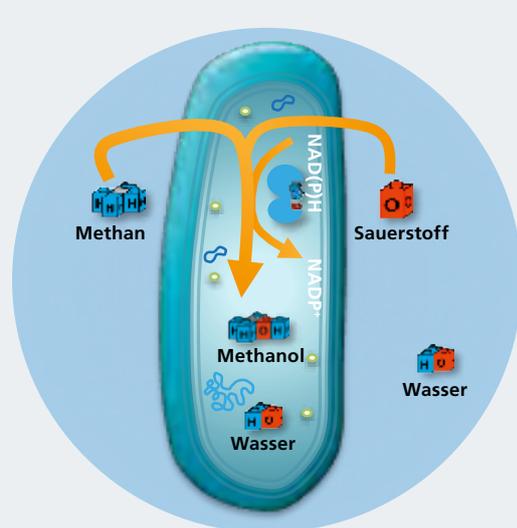
Auf der Basis der so erhobenen Daten lassen sich Parameter ableiten, die im Rahmen einer computergestützten Simulation die Optimierung der Bauform des Reaktors möglich machen. Derzeit entwickelt das Fraunhofer IGB auf diese Weise Bioreaktoren, die für alle Verfahren der aeroben biotechnischen Umsetzung gasförmiger Substrate einsetzbar sind.



2



3



4

Automatisierte Versuchsanlage für Gasphasenreaktionen

Für die verfahrenstechnische Entwicklung dieser Prozesse wurde am Fraunhofer IGB eine vollautomatisierte Versuchsanlage für Gasphasenreaktionen konstruiert und aufgebaut, in der Temperatur, Druck und Substratzugabe exakt gesteuert werden können. Im ECOX-Projekt integrierte das IGB das foxySPEC-Massenspektrometer in die Anlage. Auf diese Weise ließen sich die Konzentrationen sowohl der Substrate Formaldehyd und Methan als auch der Produkte messen. So ist eine vollständige Bilanzierung von chemischen und biologischen Reaktionen zuverlässig möglich.

Fortschritte in der Prozessentwicklung

Nach der gelungenen Umsetzung von Methan zu den Basischemikalien Methanol und Ameisensäure konnte die Produktion beider Stoffe am Fraunhofer IGB in der Versuchsanlage weiter verbessert werden. Als entscheidender Schritt erwiesen sich dabei die Messmöglichkeiten des foxySPEC Massenspektrometers. Mit dessen Hilfe ist die Kopplung des chemokatalytischen Prozesses zur Herstellung von Formaldehyd aus Methan mit dem enzymtechnischen Prozess erfolgreich gelungen.

Ausblick

Der technische Prozess zur Herstellung von Methanol und Ameisensäure aus Biogas stellt einen Modellfall für weitere enzymtechnische Prozesse mit gasförmigen Substraten in der Gasphase und in Kombination mit chemokatalytischen Reaktionen dar. Ein vielversprechender weiterführender Ansatz liegt in der Verwendung von methanotrophen Bakterien und deren Schlüsselenzym Methanmonooxygenase (MMO) zur Herstellung unterschiedlicher Basischemikalien [4]. Damit ist ein wichtiger Schritt hin zur stofflichen Verwertung biogener Materialien über gasförmige Zwischenprodukte wie Biogas oder Synthesegas gelungen.

Kontakt



Dipl.-Ing. Matthias Stier

Telefon +49 711 970-4075
matthias.stier@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Dieter Bryniok

Telefon +49 711 970-4211
dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Leibniz-Institut für Katalyse, Zweijahresbericht 2013 und 2014, S. 36–37; verfügbar unter: www.catalysis.de/institut/ öffentlichkeitsarbeit, abgerufen am 31. Januar 2017
- [2] Nguyen, L. et al. (2006) J. Catal. 237(1): 38–48
- [3] Burrows, K. J. et al. (1984) Microbiology 130(12): 3327–3333
- [4] Lee, E.-H. et al. (2010) J. Hazard. Mater. 184(1): 313–320

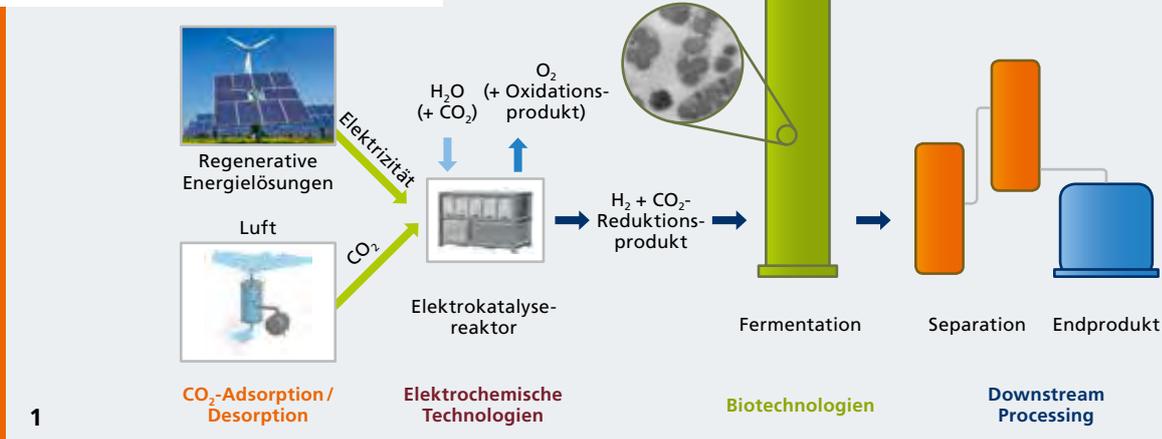
Förderung

Wir danken der Deutschen Bundestiftung Umwelt (DBU) für die Gewährung eines Promotionsstipendiums und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »ECOX«, Förderkennzeichen 031A168A.

Weitere Informationen

www.foxyspec.fraunhofer.de

- 1 *Kombinierter chemokatalytisch-enzymatischer Prozess zur Herstellung von Methanol und Ameisensäure aus Biogas.*
- 2 *Enzym-Druckreaktor.*
- 3 *Echtzeit-Massenspektrometer foxySPEC.*
- 4 *Metanotrophes Bakterium.*



HERSTELLUNG VON CHEMIKALIEN AUS CO₂

Tobias Gärtner, Lénárd-Istvan Csepei, Luciana Vieira, Fabian Steffler, Thomas Michael Scherer, Siegfried Egner, Volker Sieber

Ausgangssituation und Projektziel

In den kommenden Jahrzehnten wird die Nutzung von CO₂ als Kohlenstoffquelle für die Herstellung von Schlüsselchemikalien unter direkter Nutzung regenerativer Energie strategische Bedeutung erlangen. Vorteilhafterweise werden dabei einerseits Treibhausgasemissionen reduziert und andererseits CO₂-neutrale Verbindungen erzeugt. Prinzipiell stehen CO₂-Quellen aus Fermentationsprozessen (z. B. alkoholische Gärung in Brauereien oder Brennereien) zur Verfügung, deren CO₂-Gehalt hoch ist. Jedoch wird nur durch CO₂-Rückgewinnung aus der Luft bzw. Abgasströmen ein signifikanter CO₂-Anteil des Bedarfs für zukünftige CO₂-to-Chemicals-Prozesse bereitgestellt werden können [1]. Eine Notwendigkeit ist darüber hinaus die Nutzung regenerativer Energiequellen oder chemischer Reduktionsäquivalente wie beispielsweise Wasserstoff. Diese fallen unter den heutigen Bedingungen meist dezentral an, was der Vergleich mit der Power-to-Gas-Technologie zeigt [2]. Deshalb zielt das Projekt »Cost-effective CO₂ conversion into chemicals via combination of Capture, Electrochemical and Biochemical CONversion technologies – CELBICON« auf neue CO₂-to-Chemicals-Technologien ab, die (a) einen modularen Aufbau und eine Skalierbarkeit für die dezentrale Anwendung, (b) eine hohe Material- und Energieeffizienz, (c) geringe Investitions- und Betriebskosten und (d) eine große Robustheit und gleichzeitig Variabilität aufweisen (Abb. 1).

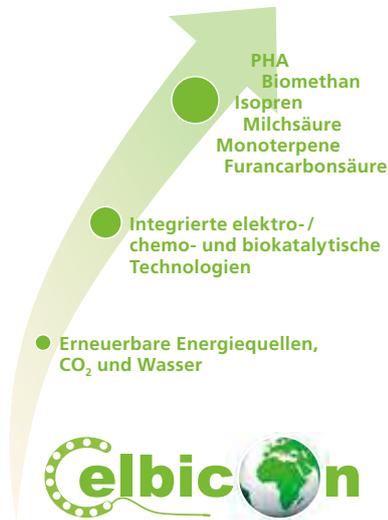
Technologieplattform

In dem im März 2016 begonnenen Projekt werden eine Hochdruck- und eine Niederdruckprozesslinie betrachtet. Das Fraunhofer IGB erarbeitet die Technologieplattform für die Niederdrucklinie. Dabei wird ein energie- und ressourceneffizienter integrierter Prozess entwickelt, um aus

atmosphärischem CO₂ durch Kombination von elektrochemischer und biotechnologischer Katalyse höherwertige Chemikalien wie Isopren oder Milchsäure herzustellen (Abb. 2). Im elektrochemischen Schritt wird dabei das von der Climeworks AG bereitgestellte CO₂ mittels Gasdiffusionskathode in eine Mischung aus wasserlöslichen C1-Intermediaten wie Formiat, Formaldehyd oder Methanol umgewandelt. Gleichzeitig wird an der Anode das Prozesswasser der Fermentation wieder aufbereitet. Die C1-Intermediate der Kathodenreaktion werden über einen integrierten Fermentationsprozess direkt in Isopren bzw. Monoterpene und Milchsäure umgewandelt. Neben der innovativen Kombination von elektrochemischen und biotechnologischen Verfahrensschritten werden zur Entwicklung der Technologieplattform auch die Integration der Reaktoren in ein System und das damit verbundene Wärme- und Stoffstrommanagement untersucht.

Katalysatoren für elektrochemische Konversion von CO₂

Ein Schlüsselschritt für die CO₂-Aktivierung in der Niederdruckprozesslinie ist die Entwicklung einer Gasdiffusionselektrode und deren Integration in eine elektrochemische Zelle in Zusammenarbeit mit der Gaskatel GmbH. Hierbei müssen zum einen der Massentransport über Phasengrenzen und der Mehrelektronentransfer auf CO₂ optimiert und zum anderen geeignete Katalysatoren entwickelt werden, um den Energieeintrag in die Konversion von H₂O und CO₂ zu den C1-Intermediaten zu minimieren. Das Fraunhofer IGB hat hierbei seit Projektstart unter Einsatz verschiedener Präparationsmethoden bereits eine Vielzahl von Katalysatoren hergestellt und charakterisiert. Unter anderem kommen kupferbasierte Katalysatoren zum Einsatz, welche auch unter kontinuierlichen Prozessbedingungen geprüft werden. Für die



2

simultane Prozesswasserbehandlung wird der Einsatz von Bordotierten Diamantelektroden untersucht, die eine optimale Hydroxylradikal-Produktion gewährleisten und so eine effektive Prozesswasserbehandlung möglich machen.

Fermentative Konversion der C1-Intermediate

Im Bereich der fermentativen Konversion der C1-Intermediate konzentriert sich das Fraunhofer IGB auf *Methylobacterium* ssp. für die Herstellung von Isopren und Monoterpenen und auf *Lactobacillus* ssp. für die Herstellung von Milchsäure. Um die Stämme an das C1-Substrat anzupassen, werden verschiedene Varianten der Biokatalysatoren mittels Screeningmethoden untersucht. Die entsprechenden Fermentationsprozesse werden durch Variation der Prozessparameter optimiert. Anschließend wird die Aufarbeitung der Fermentationsprodukte im Kontext des gesamten Wärme- und Stoffstrommanagements weiterentwickelt und in die Technologieplattform integriert.

Die hier im Fokus stehende Entwicklung einer Technologieplattform unter Kombination von CO₂-Rückgewinnung aus der Luft, elektrochemischer Fixierung in wasserlöslichen C1-Intermediaten und anschließender fermentativer Herstellung von Basischemikalien wie Isopren und Feinchemikalien wie Milchsäure steht erst am Anfang. Jedoch bildet dieses Konzept den Zugang zu einer CO₂-neutralen Chemikalienproduktion, welche die heutige chemische Industrie neu definieren kann.

- 1 Darstellung der Prozesskette im Projekt Celbicon.
- 2 Der Celbicon-Ansatz ermöglicht eine breite Palette an Produkten.

Kontakt



Dr. rer. nat. Tobias Gärtner
Telefon +49 9421 187-352
tobias.gaertner@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. rer. nat. Volker Sieber
Telefon +49 9421 187-300
volker.sieber@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Wurzbacher, J.A.; Gebald, C.; Steinfeld, A. (2011) Energy Environ. Sci. 4: 3584
- [2] <http://www.powertogas.info/> abgerufen im Dezember 2016

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts »Celbicon« im Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020, Förderkennzeichen 679050.

Projektpartner

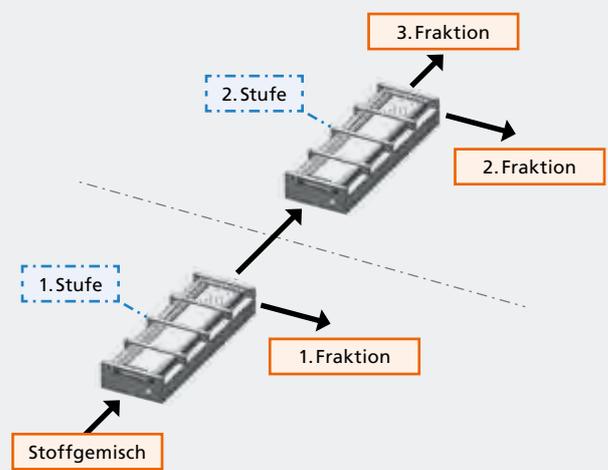
Politecnico di Torino, Italien | Technische Universität Delft, Niederlande | Karlsruher Institut für Technologie KIT, Deutschland | Universität Montpellier, Frankreich | Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spanien | Avantium Chemicals BV, Amsterdam, Niederlande | Climeworks AG, Zürich, Schweiz | Gaskatel GmbH, Kassel, Deutschland | Gensoric GmbH, Rostock, Deutschland | Hysytech S.R.L., Turin, Italien | Krajete GmbH, Linz, Österreich | M.T.M. SRL, Cherasco, Italien

Weitere Informationen

http://cordis.europa.eu/project/rcn/200178_en.html



1



2

FREE-FLOW-ELEKTROPHORESE – ENTWICKLUNGEN FÜR DIE INDUSTRIELLE UMSETZUNG

Lea König, Maximilian Kotzur, Thomas Scherer

Stofftrennung im elektrischen Feld

Die Free-Flow-Elektrophorese (FFE) ist ein kontinuierliches Verfahren, das ursprünglich aus der Analytik stammt. Es dient der selektiven Trennung beziehungsweise Fraktionierung eines Gemisches gelöster oder suspendierter Komponenten, die eine Ladung tragen. Mit FFE können zahlreiche Stoffklassen adressiert werden. Die Spanne reicht von Metallionen wie Gold über organische Stoffe und Proteine bis hin zu Zellorganellen und partikulären Stoffen. Somit sind die Einsatzmöglichkeiten äußerst vielfältig. Aber die Free-Flow-Elektrophorese hat noch weitere Vorteile wie exzellente Ausbeuten oder eine extrem hohe Selektivität und Reinheit bei vergleichsweise niedrigem Chemikalieneinsatz. Verfahren nach dem bisherigen Stand der Technik wie Chromatographie oder Extraktion sind oft sehr aufwendig bzw. erfordern zahlreiche Stufen und einen intensiven Chemikalieneinsatz, um eine vergleichbare Produktqualität zu erzielen. Am Fraunhofer IGB werden Entwicklungen verfolgt, um das FFE-Verfahren industriell in großtechnischem Maßstab anwenden zu können.

Wirkprinzip

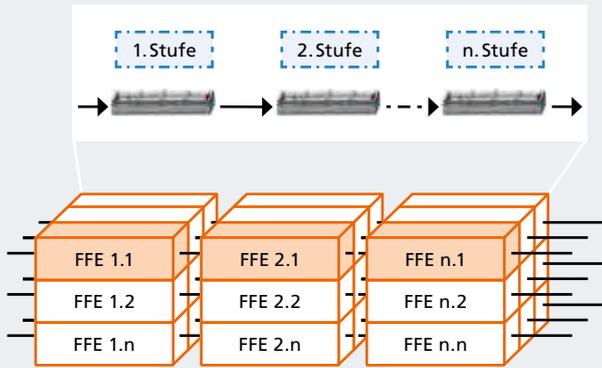
Die zu separierenden Stoffe werden beim FFE-Verfahren direkt in einen Pufferstrom gegeben, welcher laminar durch die Prozesskammer strömt. Durch das senkrecht zur Fließrichtung angelegte elektrische Feld erfahren die geladenen Stoffe eine ablenkende Kraft und migrieren entlang der Feldlinien. Die Migrationsrichtung (zur Anode oder Kathode) und -geschwindigkeit eines Stoffes hängen von der stoffspezifischen, elektrophoretischen Mobilität (Symbol μ) ab. Dadurch erfahren unterschiedliche Stoffe unterschiedliche Ablenkung quer zu ihrer Strömungsrichtung und können an einem Auslassgitter in verschiedene Fraktionen separiert werden.

Herausforderungen

Die elektrophoretische Mobilität eines Stoffes hängt von diversen Parametern ab, die nicht alle unmittelbar bestimmt werden können. Sie kann nur empirisch in einer FFE-Zelle (Abb. 1) unter erheblichem Aufwand bestimmt werden (Abb. 4, links). Hierfür ist der Betrieb der FFE-Zelle, die Analyse zahlreicher Fraktionen, die Ermittlung der Migrationsstrecke der Produktfraktion und, auf Basis dieser Strecke, die Berechnung der elektrophoretischen Mobilität notwendig. Für die industrielle Umsetzung ist die Kenntnis der Mobilität allerdings grundlegend für die Prozessplanung und Dimensionierung sowie für die Auslegung von Anlagen. Darüber hinaus müssen dafür weitere maßgebliche Prozessparameter, wie Verweilzeit oder elektrische Feldstärke, bestimmt und optimiert werden.

Entwicklungsstrategie

Unter anderem hängt die elektrophoretische Mobilität maßgeblich von der Ladung und Größe eines Stoffes ab. Besonders ähnlich sind sich hinsichtlich dieser Eigenschaften die Lanthanoide. Sie dienen daher dem Fraunhofer IGB als Benchmark für die Identifikation maßgeblicher Parameter zur Prozess- und Anlagenauslegung. Des Weiteren wurde am Fraunhofer IGB eine Methode zur Berechnung der elektrophoretischen Mobilität auf Basis von Ex-situ-Messungen eines Summenparameters (außerhalb der FFE-Zelle) entwickelt (Abb. 4, rechts). Die Methode erlaubt es, diesen essenziellen Prozessparameter mit sehr geringem Aufwand zu bestimmen und zur Prozessplanung und Dimensionierung sowie Auslegung von Anlagen zu verwenden.



3

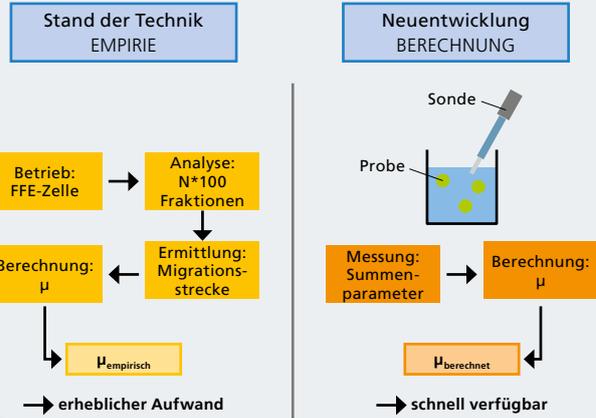
Erhältliche FFE-Zellen aus der Analytik weisen feste Größen auf. Im Zuge der Lösung kundenspezifischer Trennprobleme werden nach konventioneller Methode die Prozessparameter an das Trennproblem angepasst und die Limitationen der FFE-Zelle beibehalten. Dies verringert oft die Effizienz des Trennprozesses bzw. die Produktqualität. Der Ansatz des Fraunhofer IGB kombiniert die Prozess- und Anlagenauslegung, um diese Nachteile zu beseitigen. Ist ein Trennproblem durch eine Variation der Prozessparameter, welche die Produktqualität nicht negativ beeinflusst, nicht lösbar, kann so die FFE-Zelle angepasst werden, um das Trennproblem zu lösen.

Diese Anpassung bringt weitere Vorteile mit sich. Die Trennkammer wird immer nur so breit ausgelegt wie benötigt. Dadurch sinkt der Energieverbrauch, weil sich der elektrische Spannungsabfall über der FFE-Zelle verringert. Weiterhin können dadurch der Durchsatz für die FFE-Zelle erhöht und der Prozessmedienverbrauch sowie die Materialkosten für die FFE-Zelle gesenkt werden. Durch den Aufbau sequenziell operierender FFE-Zellen, die nach dem 0/1-Prinzip operieren (Abb. 2), wird am Fraunhofer IGB die Effizienz eines FFE-Systems in Bezug auf Chemikalieneinsatz, Energie und Trennleistung optimiert. Eine Parallelisierung (Abb. 3) erhöht den Durchsatz weiter und erlaubt eine einfache Bedienbarkeit des FFE-Systems.

Anwendungen

Für die Free-Flow-Elektrophorese bieten sich in der Industrie zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten wie beispielsweise in der Edelmetallgewinnung (sowohl im Bergbau als auch im Recycling), im Downstream Processing, in der Diagnostik und in der Produktion von Medikamenten.

Elektrophoretische Mobilität μ



4

Kontakt



Dr. rer. nat. Thomas Scherer

Telefon +49 711 970-4091

thomas.scherer@igb.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Telefon +49 711 970-3643

siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

Förderung

Die Arbeiten erfolgten im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojekts »Kritikalität Seltener Erden«. Über die Leitprojekt-Initiative will die Fraunhofer-Gesellschaft den Wirtschaftsstandort Deutschland stärken, indem wissenschaftlich originäre Ideen schnell in marktfähige Produkte umgesetzt werden.

Projektpartner

Fraunhofer-Institute IWMS, IWM, IWU, IWKS, IGB, IFAM, ISI und LBF

Weitere Informationen

www.seltene-erden.fraunhofer.de

- 1 FFE-Laboranlage.
- 2 Sequenzielles 0/1-Prinzip.
- 3 Parallelisierung einer FFE-Zellen-Sequenz.
- 4 Entwickelte Methode zur Berechnung der elektrophoretischen Mobilität μ .



verholzte Biomasse (Reststoffe / Koppelprodukte)

1

KOMBICHEM^{PRO} – FEIN- UND PLATTFORM-CHEMIKALIEN AUS HOLZ

Gerd Unkelbach, Moritz Leschinsky, Katja Patzsch, Daniela Pufky-Heinrich, Susanne Zibek

Das Verbundvorhaben KomBiChem^{PRO} hat das Ziel, verschiedene Entwicklungsarbeiten zur stofflichen Nutzung lignocellulosehaltiger Biomasse in einem integrierten Bioraffineriekonzept zusammenzuführen. Wichtigster Aspekt ist dabei die Herstellung marktfähiger Produkte durch robuste Prozesse und effiziente Verfahrensführung, damit eine breite Anwendbarkeit und Konkurrenzfähigkeit gegenüber petrochemisch hergestellten Materialien und Chemikalien gewährleistet ist.

Aufbauend auf Arbeiten der beteiligten Partner werden die Teilprozesse an einem Standort kombiniert, in ausreichender Dimension abgebildet und bilanziert. Nur dadurch können belastbare Aussagen über die gesamte Wertschöpfungskette von der Rohstoffaufbereitung über die Konversion bis zur Produktabtrennung erhalten werden. Die ingenieurstechnischen Daten sowie die Stoff- und Energiebilanzen lassen Rückschlüsse auf die Skalierbarkeit der Prozesse zu und ermöglichen es, das Potenzial der Prozessintegration voll auszuschöpfen.

Zellstoffe aus Organosolv-Aufschluss

Die Basis des Vorhabens stellt der physikalisch-chemische Aufschluss von Holz mit Alkohol-Wasser-Mischungen (Organosolv-Verfahren) dar, welcher die Gewinnung aller drei Hauptkomponenten von Lignocellulose (Cellulose, Hemicellulose und Lignin) ermöglicht. Als Alternative zur Herstellung von Glucose ist die Gewinnung von Faserstoffen und Zellstoff mit diesem Verfahren eine weitere, wirtschaftlich attraktive Option [1]. Die Untersuchungen von Peter und Höglinger bergen allerdings deutliches Optimierungspotenzial, insbesondere in Bezug auf die Prozessbedingungen im Aufschluss sowie auf die Bleiche. Ebenfalls wurden Qualität

und Einsatzmöglichkeiten des Lignins oder der Hemicellulosen außer Acht gelassen. Deswegen hat das Fraunhofer CBP die Aufschlussparameter adaptiert, um die erforderlichen Anforderungen an Aufschlussgrad, Ausbeute und Reinheit des Zellstoffes, aber auch der anderen Produkte, zu erfüllen.

Chemische Umsetzung von Hemicellulose und Lignin

Nach wie vor ist die gewinnbringende Wertschöpfung aus der Hemicellulose neben der Verwertung des Lignins eine wichtige Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit einer Lignocellulose-Bioraffinerie. Zwar konnte das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) zeigen, dass eine Konversion zu Biogas mit hohen Ausbeuten möglich ist, allerdings ist eine hochwertigere stoffliche Nutzung ökonomisch sinnvoller.

Hydrothermale Verfahren eignen sich gut, um wässrige Systeme (wie in diesem Fall die Hemicellulosefraktion) umzusetzen, da Wasser bei diesen Prozessen gleichzeitig Lösungsmittel und Reaktionspartner darstellt [2, 3, 4]. Das Ziel ist, die Bedingungen so auszuwählen, dass Zucker oder Furane selektiv aus der Hemicellulosefraktion gewonnen werden können. In nachfolgenden Aufarbeitungsschritten lassen sie sich dann als Ausgangsmaterial für Fermentationen oder als Basischemikalien abtrennen.

Die am DBFZ erfolgten Untersuchungen zum Reaktionsverhalten realer Hemicellulosefraktionen legen die Grundlagen für eine Skalierung in den Miniplant-Maßstab am Fraunhofer CBP. In den letzten Monaten wurden dazu Prozessfenster für die Zielprodukte identifiziert.



simulationsgestützte Verfahrensentwicklung



hochwertige, nachhaltige Produkte

Zur Erhöhung der Wertschöpfung werden die durch den Aufschluss erhaltenen Organosolv-Lignine – ebenfalls unter hydrothermalen Bedingungen – durch basenkatalysierte Spaltung in Phenolbruchstücke überführt. Der am Fraunhofer CBP etablierte Prozess wird weiter hinsichtlich der Produktselektivitäten sowie der Energie- und Stoffbilanzen verbessert. Einen Schwerpunkt bildet die Weiterentwicklung der Aufarbeitungstechnologien, um den Prozess hinsichtlich der technischen Machbarkeit, Gesamteffizienz und Wirtschaftlichkeit zu optimieren.

Fermentative Herstellung von Äpfel- und Xylonsäure

Neben der hydrothermalen Umsetzung bieten sich biokatalytische Prozesse zur Konversion von Pentosen und Hexosen an. Für Äpfelsäure besteht ein wachsender Markt, da diese als Geschmacksstoff oder zur Haltbarmachung von Lebensmitteln eingesetzt wird und Potenzial als Polymerbaustein oder in Druckfarben bietet. Xylonsäure ist ebenfalls vielseitig einsetzbar, z. B. als Vorstufe für Polyester oder Hydrogele. Die Gruppe Industrielle Biotechnologie am IGB entwickelt die Fermentationsprozesse für beide Produkte. In der zweiten Projektphase erfolgt die Fermentation bis zum 1-m³-Maßstab in Leuna. Bereits bei der Laborentwicklung wurden signifikante Verbesserungen zur Kultivierung von Äpfelsäure sowie höhere Ausbeuten als mit dem aktuellen Stand der Technik erzielt.

Ausblick

Neben der ökonomischen Bewertung der am Fraunhofer CBP durchgeführten Versuche wird das DBFZ mit einer ökologischen Betrachtung Vor- und Nachteile dieses Bioraffineriekonzeptes herausarbeiten, um die bestehenden Defizite zu beseitigen. Weitere Versuche im Pilotmaßstab ermöglichen zudem die Herstellung von Mustermengen für anwendungstechnische Charakterisierungen und die Ermittlung der Produktspezifikationen.

Kontakt



Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach

Telefon +49 3461 43-9101

gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Peter, W.; Höglinger, O. (1986) Lenzinger Berichte, Heft 61: 12–16
- [2] Bouvier, J. M.; Gelus, M.; Maugendre, S. (1988) Wood Liquefaction – An Overview. Appl Energy 30(2): 85–98.
- [3] Garrote, G.; Dominguez, H.; Parajo, J. C. (1999) Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. Holz als Roh- und Werkstoff 57: 191–202
- [4] Carvalheiro, F.; Duarte, L. C.; Girio, F.M. (2008) Hemicellulose biorefineries: a review on biomass pretreatments. J Sci Ind Res 67: 849–864

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Projektträger Jülich (PTJ) für die Förderung des Projekts »KomBiChem^{Pro}«, Förderkennzeichen 031B0083A.

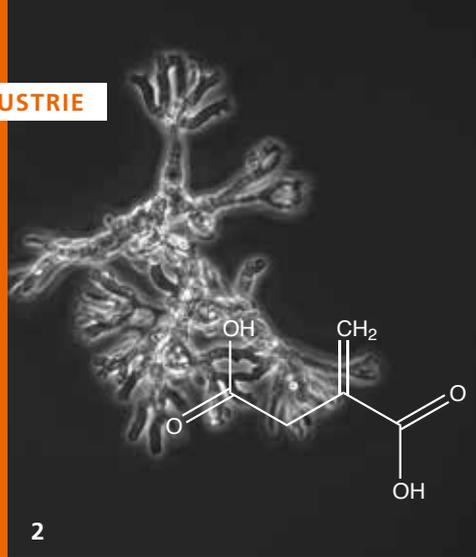
Projektpartner

Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig | Thünen-Institut für Holzforschung, Hamburg* | Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg* | Universität Leipzig*

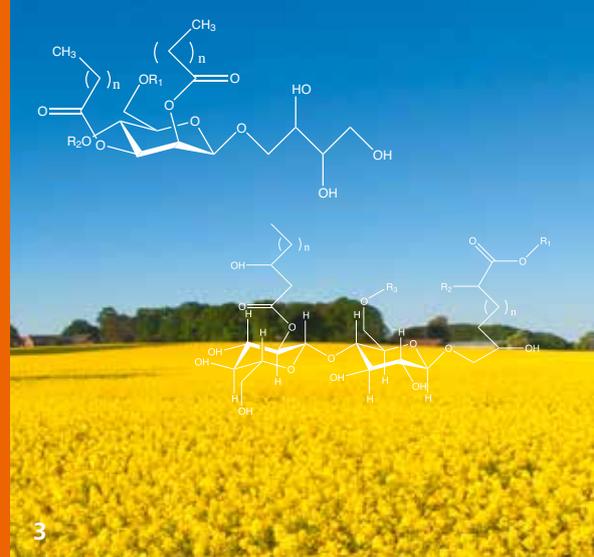
* Diese Partner befinden sich im Unterauftrag des Fraunhofer CBP.



1



2



3

MIKROBIELLE HERSTELLUNG VON BASISCHEMIKALIEN UND SCALE-UP VON FERMENTATIONSPROZESSEN

Susanne Zibek, Björn Vater, Georg Geiger

Industrielle Biotechnologie – Alternative für die Chemie

Die mikrobielle Herstellung von Basischemikalien bietet neben milden Reaktionsbedingungen und hoher Spezifität auch den Vorteil, dass die Produktvielfalt aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Mikroorganismen nahezu unerschöpflich ist. So können auch durch chemische Synthese schlecht zugängliche Produkte gewonnen werden. Zum anderen ermöglicht die mikrobielle Herstellung, auch Substrate auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) einzusetzen. Sie bietet so alternative Lösungen für auf fossilen Rohstoffen basierenden Chemikalien.

Entwicklung vom Biokatalysator bis zum aufgereinigten Produkt

Die Gruppe Industrielle Biotechnologie des Fraunhofer IGB entwickelt Prozesse zur Gewinnung von Plattformchemikalien unter Verwendung nachwachsender Rohstoffe. Im Mittelpunkt steht die Etablierung, Optimierung und Skalierung von Biokonversionsprozessen, bei welchen biogene Rohstoffe entweder durch Mikroorganismen (Bakterien-, Hefe- oder Pilzkulturen) oder Enzyme in Basischemikalien umgewandelt werden. Unser Leistungsspektrum umfasst die Auswahl und Optimierung der Biokatalysatoren, die Entwicklung geeigneter Konversionsprozesse im Labormaßstab und die Übertragung dieser in den Technikums- bis m³-Maßstab. Innerhalb der Prozessentwicklung betrachten wir alle relevanten Parameter, etwa Temperatur, pO₂, OUR, CER und RQ oder die Zusammensetzung des Mediums und etablieren perfekt abgestimmte Mineralsalzmedien und Fütterungsstrategien (repeated-batch, fed-batch oder kontinuierliche Kulturführung). Auf der Grundlage einer statistischen Bewertung aller

Prozessparameter überführen wir den optimalen Prozess zunächst vom Schüttelkolben in den Fermenter (Scale-over) und dann in den Technikums- und Pilotmaßstab (Scale-up). Auch die Aufreinigung der Produkte wird optimiert. Wir erforschen und optimieren eine Vielzahl fermentativer Prozesse zur Herstellung von Grundchemikalien wie organische Säuren oder Dicarbonsäuren mit großem Anwendungspotenzial, etwa als Bausteine für Polymere oder Weichmacher.

Furandicarbonsäure

Bei den Entwicklungsarbeiten zur Furandicarbonsäure (FDCA) konnten wir durch Zugabe von Hydroxymethylfurfural aus lignocellulosehaltiger Biomasse erfolgreich eine Ganzzellkatalyse mit *Pseudomonas putida* etablieren. Durch gezielte Reaktionsführung haben wir im Labor eine Ausbeute von mehr als 80 Prozent bei einer Konzentration bis zu 20 g/L FDCA erreicht. Das anschließende Scale-up erfolgte anhand von Modellexperimenten mit skalierbaren Reaktoren oder Fermentern im Labor. Anhand hierbei ausgewählter dimensionsloser Kennzahlen konnten wir die Prozesse in der maßstäblich größeren Pilotanlage auslegen.

Langkettige Dicarbonsäuren

Bei langkettigen Dicarbonsäuren aus Ölen wurde der Prozess so optimiert, dass die anschließende Aufreinigung möglichst einfach ist. So konnten wir durch einen Prozess mit exponentieller Zufütterungsrate die Biomassenkonzentration auf $c_x = 21$ gTS/L und die Produktbildungsrate auf bis zu $r_p = 0,44$ g/L/h erhöhen. Für 1,18-Oktadec-9-endisäure konnte eine maximale Produktkonzentration von $c_p \cong 100$ g/L erreicht werden.



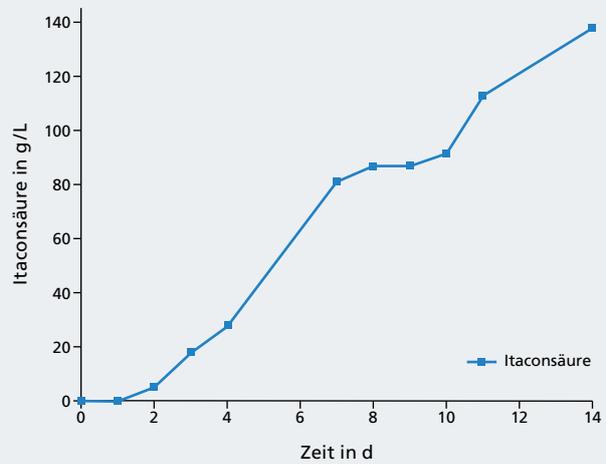
Äpfel- und Itaconsäure

Für die mikrobielle Produktion von Äpfelsäure und Itaconsäure haben sich pilzliche Systeme als besonders vorteilhaft erwiesen. Ein Beispiel für den Einsatz von Pilzen sind unsere Arbeiten zur Fermentationsentwicklung für die Produktion von Äpfelsäure aus C5-Zuckern von Hemicellulose-Fractionen. Die biotechnologische Herstellung der Äpfelsäure etablieren wir mit *Aspergillus*-Stämmen, welche den Status GRAS (engl. Generally Recognized as Safe) haben. Dies ist eine Zulassungsbezeichnung der US-amerikanischen FDA (Food and Drug Administration) und kennzeichnet die Unbedenklichkeit eines Stoffes als Lebensmittelzusatzstoff. So konnten wir die Produktkonzentration durch Prozessoptimierung um den Faktor 1,5 im Vergleich zur Literatur erhöhen. Bei der Itaconsäure geht der fermentative Herstellungsprozess auf das Jahr 1932 zurück, damals noch unter Verwendung von *Aspergillus itaconicus*. Mittlerweile wird hauptsächlich der Stamm *Aspergillus terreus* zur biotechnologischen Herstellung genutzt. Unter Verwendung von *A. terreus* konnten wir 137 g/L Itaconsäure mit Glucose als Kohlenstoffquelle erzeugen.

Biotenside

Das Fraunhofer IGB hat langjährige Expertise in der mikrobiellen Biotensidherstellung. Verschiedene Brandpilze der Gattungen *Ustilago* sp. und *Pseudozyma* sp. sekretieren natürlicherweise die Biotenside Mannosylerythritollipid (MEL) und Cellobioselipid (CL), sodass diese aus dem Nährmedium extrahiert werden können. Anwendungsstudien verschiedener MEL- und CL-Varianten zeigten ein breites Einsatzpotenzial – als Detergenzien, Emulgatoren und Wirkstoffe in Kosmetik, Pflanzenschutz und für technische Anwendungen. Durch Optimierung des Herstellungsverfahrens für die Biotenside erreichen wir gegenwärtig am IGB Produktkonzentrationen von 30 g/L für CL und über 100 g/L für MEL.

- 1 Produktion verschiedener langkettiger Dicarbonsäuren aus Fettsäuren oder Ölen der zweiten Generation.
- 2 *Aspergillus terreus* in der Produktionsphase bei der Herstellung von Itaconsäure.



5

Kontakt



Dr.-Ing. Susanne Zibek

Telefon +49 711 970-4167

susanne.zibek@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken zum einen der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »BioQED – Quod Erat Demonstrandum: Large scale demonstration for the bio-based bulk chemicals BDO and IA aiming at cost reduction and improved sustainability«, Zuwendungsvereinbarung: 613941 und für die Förderung des Projekts »BioConSept« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Förderkennzeichen 289194.

Des Weiteren danken wir dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Baden-Württemberg-Stiftung für die Förderung des Projekts »KomBiChem^{Pro} – Fein- und Plattformchemikalien aus Holz durch kombinierte chemisch-biotechnologische Prozesse«, Förderkennzeichen 031B0083A, und dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), repräsentiert durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), für die Förderung des Projekts »Polymere Tenside: Tenside aus nachwachsenden Rohstoffen mit optimierten Performance-Eigenschaften« des Clusters Industrielle Biotechnologie e. V. (CLIB 2021), Förderkennzeichen 22012608.

- 3 Herstellung verschiedener MEL- und CL-Varianten aus Ölen von NaWaRo.
- 4 Fermentative Herstellung von L-Äpfelsäure.
- 5 Verlauf der Itaconsäureproduktion mit *Aspergillus terreus*. Durch Prozessoptimierungen sind im Schüttelkolben-Maßstab Konzentrationen von 137 g/L möglich.



UMWELT UND ENERGIE



Vor dem Hintergrund der weltweiten Diskussion über Wassermangel und -verschmutzung, Ressourcenverknappung und Klimawandel kommt dem ressourcen- und umweltschonenden Wirtschaften wesentliche Bedeutung zu. Der Übergang zu einer nachhaltigen, umweltverträglichen und zuverlässigen Versorgung mit sauberem Wasser, Lebensmitteln, Rohstoffen und Energie ist daher – auch im Kontext globaler Klimaschutzziele – eine der zentralen Herausforderungen unserer heutigen Gesellschaft.

In nationalen und internationalen Projekten mit Partnern aus Forschung, Industrie und Kommunen entwickelt das Fraunhofer IGB innovative Verfahren, Reaktoren und neue Technologien zur nachhaltigen Ver- und Entsorgung, insbesondere zur Behandlung von industriellem Prozesswasser und kommunalem Abwasser, zur Wiedernutzung anfallender Rest- und Abfallstoffe und zur Erhöhung der Energieeffizienz durch Nutzung von Abwärme und regenerativer Energie.

Das Geschäftsfeld »Umwelt und Energie« steht damit für fortschrittliche Entwicklungen, mit denen Emissionen in die Umwelt vermieden, Rohstoffe zurückgewonnen und regenerativ erzeugte Energie erschlossen werden – um Wirtschaftlichkeit mit Nachhaltigkeit zu verbinden. Lösungsansätze sind in einigen Fällen auch stark mit Themen des Geschäftsfelds »Chemie und Prozessindustrie« verknüpft.

Vernetzung und Kooperation

Um historisch gewachsene Infrastrukturen durch Systemlösungen mit neuesten Technologien zu ersetzen, entwickeln wir integrierte Stoffstrom- und Energiekonzepte für Industrie, Kommunen und Regionen. Deshalb engagieren wir uns in den Fraunhofer-Allianzen Energie, Bau und SysWasser sowie der Fraunhofer-Initiative Morgenstadt. Darüber hinaus ist das IGB über die nationale Technologieplattform SusChem Deutschland, German Water Partnership und auch international, insbesondere innerhalb Europas, hervorragend vernetzt.

Wasser- und Abwassertechnik

Wasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Für eine gesicherte Wasserversorgung und effiziente Wasserreinigung entwickeln wir innovative Lösungen zur Wassergewinnung sowie Wassermanagement-Konzepte, die an die jeweiligen geographischen, demographischen und regionalen Rahmenbedingungen angepasst sind. Um industrielle Prozesswässer möglichst mehrfach zu verwenden, arbeiten wir an Technologien, mit denen Verunreinigungen selektiv entfernt und werthaltige Inhaltsstoffe zurückgewonnen werden können. Aerobe und anaerobe biologische Verfahren entwickeln, optimieren und kombinieren wir mit Membran- und chemisch-physikalischen Verfahren.

Eine Reihe neuartiger Technologien, darunter Membranadsorber und elektrooxidative Verfahren, setzen wir ein, um die Emission persistenter Stoffe in die Umwelt zu verhindern. Für die Reinigung von Wasser mit biologisch schwer abbaubaren organischen Bestandteilen entstehen beispielsweise nur durch die Behandlung mit Strom (Elektrolyse) oder energiereicher UV-Strahlung (Photolyse) reaktive Hydroxylradikale, welche organische Moleküle zu abbaubaren Verbindungen bzw. vollständig zu Kohlenstoffdioxid oxidieren – ohne Zugabe von Chemikalien.

Wasser-Überwachung

Trinkwasser unterliegt vielfältigen Gefährdungen. So können beispielsweise Pestizide aus der Landwirtschaft oder Chemikalien aus Industrieunfällen über das Grundwasser in kommunale Versorgungssysteme gelangen. Eine wachsende Gefahr stellt auch der Eintrag toxischer Verbindungen durch kriminelle oder terroristische Anschläge dar. Um verhindern zu können, dass kontaminiertes Trinkwasser die Verbraucher erreicht, muss es daher bereits im Verteilungssystem überwacht werden. Das Fraunhofer IGB entwickelt Biosensoren auf der Basis lebender Zellen, die sich als Frühwarnsysteme für die kommunale Wasserversorgung oder dezentrale Versorgungssysteme eignen. Bei der Übertragung der zellulären Reaktion in ein physikalisch messbares Signal arbeiten wir mit anderen Fraunhofer-Instituten zusammen.

Aufbereitung von Roh- und Reststoffen

Unsere Rohstoffe sind endlich und werden vielfach weder nachhaltig noch sozial verträglich in politisch instabilen Regionen abgebaut. Um eine wachsende Weltbevölkerung mit Rohstoffen versorgen zu können und die Abhängigkeit vom Import der Rohstoffe zu mindern, erarbeiten wir Verfahren, um Sekundärrohstoffe aus Produktions- und Abfallströmen für eine Wiederverwendung zurückzugewinnen – in einer den Primärrohstoffen gleichwertigen Qualität und mit vergleichbarem Prozessaufwand.

Neue Techniken erlauben es uns beispielsweise, Gemische anorganischer Rohstoffe (Metalle, Seltene Erden) selektiv auf molekularer bzw. atomarer Ebene aufzutrennen. Mit neuen Verfahren lassen sich wichtige Nährstoffe wie Phosphor und Ammonium aus Abwasser, Klärschlamm, Gärresten oder Gülle als Düngemittel zurückgewinnen. Die zurückbleibenden nährstoffarmen organischen Fraktionen arbeiten wir zu humusbildenden Bodenverbesserern auf.

Energiewandlung und -speicherung

Um neue regenerative Energiequellen zu erschließen, erarbeiten wir innovative Membrantechnologien, etwa für effiziente Ethanol-Brennstoffzellen oder wirtschaftliche Osmosekraftwerke. Für das Gelingen der Energiewende muss Überschussstrom gespeichert werden können. Hierzu entwickeln wir katalytische Verfahren, um elektrische Energie – vor allem durch Bindung und Reduktion von CO₂ – in chemische Energiespeicher, etwa längerfristige Kohlenwasserstoffe, umzuwandeln.

Vielfach noch ungenutzt bleibt Abwärme, die bei der Stromerzeugung und vielen Industrieprozessen anfällt. Damit überschüssige Wärme für einen zeitlich und räumlich entkoppelten Bedarf zugänglich wird, arbeiten wir an Systemen zur thermo-chemischen Langzeitspeicherung von Wärme mit Sorptionswärmespeichern.

Bioenergie

Die effiziente Erzeugung von Biogas aus Klärschlamm mit Anaerobtechnologien ist ein zentrales Thema am IGB: Mehrere Kläranlagen unterschiedlicher Größe haben wir bereits auf unser Verfahren der Hochlastfaulung umgestellt und damit zu energieautarken Betrieben gemacht. Unser Know-how zur Vergärung organischer Stoffe setzen wir ebenso für die Nutzung von Reststoffen der Lebensmittelindustrie und der Landwirtschaft ein. Im Zuge der Dezentralisierung der Energiewirtschaft werden dabei zunehmend auch geringe Massenströme interessant.

Biogas, ein Gemisch aus Methan und Kohlenstoffdioxid, lässt sich aber nicht nur zur Erzeugung von Strom und Wärme in Blockheizkraftwerken nutzen. Für die Abtrennung von hochreinem Methan aus Biogas als Grund- oder Kraftstoff untersuchen wir daher Absorptions- und Membranverfahren, die CO₂ mit hoher Kapazität binden.



INTERESSENAUSGLEICH IM UNTERNEHMEN MIT DER STAKEHOLDER-INTERAKTIONSANALYSE

Birgit Haller, Jan Iden, Ursula Schließmann

Bewertung der Nachhaltigkeit

Rohstoff- und Energieeffizienz sind meist wichtige Ziele bei der Entwicklung und Anwendung neuer Produkte und Technologien. Der Beitrag von Unternehmen zu einer nachhaltigen Entwicklung umfasst aber noch weitere Aspekte. So spielen beispielsweise die Arbeitsbedingungen in der Produktion und die Auswirkungen eines Standorts auf sein Umfeld eine Rolle. Die Bewertung eines Produkts in frühen Entwicklungsphasen ist allerdings aufwendig, zumal die dafür nötigen Daten oft noch nicht vorliegen.

Stakeholder-Interaktionsanalyse identifiziert Hot Spots

Um in diesem Stadium sogenannte Hot Spots, also dringliche Handlungsfelder, identifizieren und bewerten zu können, haben das Fraunhofer UMSICHT und das Fraunhofer IGB ein Instrument entwickelt – die Stakeholder-Interaktionsanalyse (SHIA). Ziel der Anwendung der SHIA ist es, durch Berücksichtigung der Interessen relevanter Anspruchsgruppen gesellschaftlich akzeptierte Produkte und Prozesse auf den Weg zu bringen, die einen höheren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten. Perspektivenwechsel und Dialog sollen dem Unternehmen einen transparenten Umgang mit Chancen und Risiken ermöglichen.

Für die Entwicklung der SHIA haben die Fraunhofer-Institute IGB und UMSICHT ihre Erfahrung mit Methoden und Standards der Nachhaltigkeitsbewertung und -berichterstattung eingesetzt. Über drei Jahre wurden bestehende Instrumente verglichen, neue dialogorientierte, produktionsbezogene Ansätze erarbeitet und getestet. Diese wurden schließlich in ein Tool übersetzt, das sich leicht auf verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche übertragen lässt.

Umsetzung und Bewertungstools

Die SHIA richtet sich an produzierende Unternehmen, auch an kleine und mittelständische, und fokussiert Veränderungsprozesse in der Produktion oder bei der Standortentwicklung.

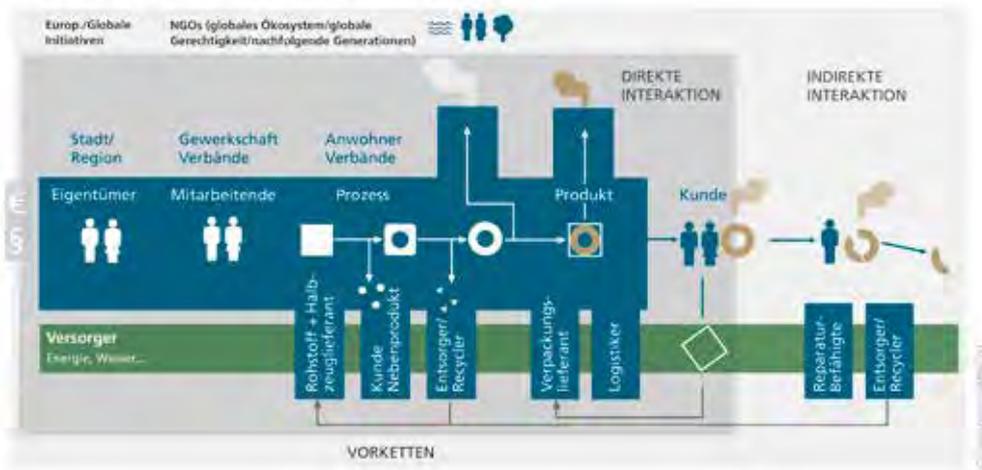
Die Fraunhofer-Experten beraten und unterstützen Unternehmen bei folgenden Schritten:

- (a) Selbsteinschätzung relevanter Wirkfelder im Produktentwicklungsprozess
- (b) Ermittlung betroffener Stakeholder
- (c) Ermittlung der Stakeholder-Ansprüche
- (d) Einschätzung des Umsetzungsstatus im Unternehmen

Wirkfelder betreffen die wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Auswirkungen der Produktion am Standort, ebenso Aspekte des Produktlebenszyklus wie die Lieferkette oder Entsorgungs- und Recyclingwege.

Die gesamte Dienstleistung umfasst Phasen des Dialogs, der Recherche und Analyse sowie der Beratung und bedient sich eines Baukastens mit verschiedenen Werkzeugen:

- Kernstück ist die systematische Analyse der Wirkfelder, Stakeholder und deren Ansprüche anhand eines Interview-Leitfadens und einer Bewertungsmatrix.
- Ein Kritikalitätstool zur Abschätzung des Einflusses einer Stakeholdergruppe auf den geplanten Produktionsprozess: Anhand der Kriterien Durchsetzungs- und Organisationsfähigkeit werden die Stakeholder bewertet.
- Eine Wissensdatenbank für Stakeholderansprüche und Good-Practice-Beispiele in Form eines Wikis: Typische Stakeholder-Ansprüche dienen der Einordnung von Interviewergebnissen. Über 300 Beispiele aus produzierenden



2

Unternehmen unterstützen die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

- Ein Dialogtool zur Planung der Kommunikation mit unterschiedlichen Stakeholdergruppen.

Der Dialog mit Unternehmensvertretern und nach Bedarf mit ausgewählten Stakeholdern sowie die Nutzung von Expertenwissen und Rechercheergebnissen sind die Grundlagen für die systematische Darstellung von Hot Spots im Unternehmen, möglichen Interessenkonflikten und für die Realisierbarkeit von Verbesserungsmaßnahmen sowie Handlungsempfehlungen auf der Basis von Good-Practice-Beispielen. Darauf aufbauend wird ein Kommunikationskonzept zur vertieften Einbindung unterschiedlicher Stakeholder entwickelt. Das Konzept dient auch als Grundlage für die Darstellung der SHIA-Ergebnisse im Unternehmen oder gegenüber Kunden.

Leitprojekt E³-Produktion

Die SHIA wurde im Leitprojekt E³-Produktion entwickelt, an dem insgesamt 12 Fraunhofer-Institute beteiligt sind. Durch die enge Vernetzung untereinander dient sie als Schnittstelle zu den dort erarbeiteten technologischen Entwicklungen. Das E³-Konzept setzt die Effizienz der Technologie, die Emissionsneutralität der Fabrik und die Einbindung des Menschen in einen neuen Kontext. Lösungen für produktionstechnische Herausforderungen entstehen ganz gezielt aus der konsequenten Nutzung neu entstehender Synergien von effizienten Technologien und Anlagen, neuem Logistik- und Fabrikdenken und einer bewussten, zukunftsorientierten Einbindung des Menschen in die Produktionswelt.

Kontakt



Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Telefon +49 711 970-4222

ursula.schließmann@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Leitprojekts E³-Produktion.

Projektpartner

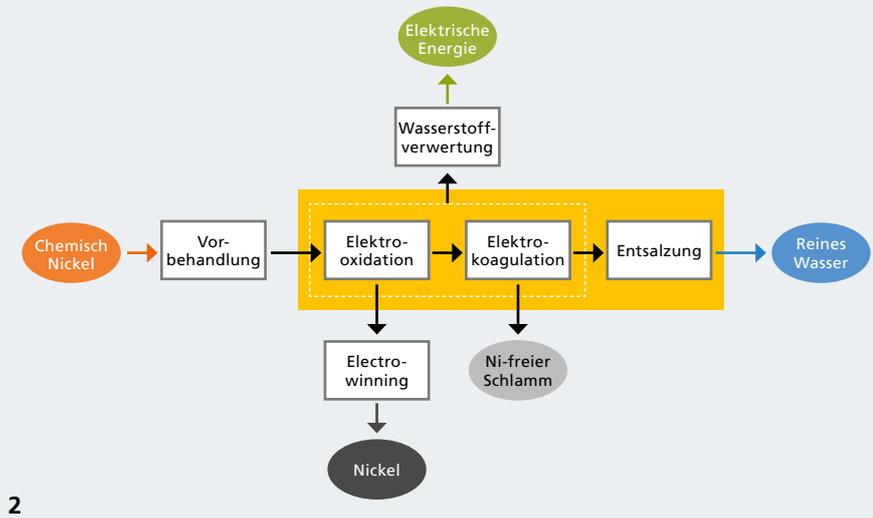
Fraunhofer-Institute FIT, IBP, ICT, IFF, ILT, IML, IPK, IPA, IPT, UMSICHT und IWU

Weitere Informationen

www.stakeholder-interaktion.de

www.e3-produktion.de

- 1 Im Gespräch mit Firmenvertretern werden Wirkfelder und Stakeholder ermittelt.
- 2 Stakeholder-Gefüge eines produzierenden Unternehmens.



ELEKTROCHEMISCHE AUFBEREITUNG VON PROZESSWÄSSERN IN DER GALVANIK

Maximilian Kotzur

Ausgangssituation

Die metallbearbeitende und -verarbeitende Industrie hat in Deutschland und Europa eine große volkswirtschaftliche Bedeutung. Innerhalb dieses Industriesektors nimmt die Galvanik eine Schlüsselrolle [1] ein. Diesen Status zu halten, geht mit einem signifikanten Ressourcenverbrauch bei gleichzeitiger Produktion großer Mengen an Abwasser und Abfall einher. Alleine in Europa verbraucht die oberflächenbehandelnde Industrie mehr als 100 Millionen Kubikmeter Frischwasser und produziert dabei mehr als 300 000 Tonnen toxischer Abfälle [2].

Daraus ergeben sich für die Galvanik klare ökonomische und ökologische Ziele [1]:

- Einsparung von Chemikalien
- Abwasserarme Betriebsweise
- Vollständige Rückführung von Wertstoffen in den Produktionsprozess
- Minimierung des Energieverbrauchs
- Reduzierung der Entsorgungskosten bzw. Vermeidung von Abfällen zur Erhöhung der Produktionseffizienz

Konzept ECOWAMA

Das von der EU geförderte Projekt ECOWAMA greift diese Ziele auf und verbindet eine energie- und kosteneffiziente Abwasseraufbereitung mit der Rückgewinnung von Wertstoffen (Metall) sowie der Rückführung des aufbereiteten Prozesswassers in den laufenden Galvanik-Betrieb. Dieser »Closed-Loop«-Ansatz, der über den an vielen Galvanik-Standorten praktizierten Stand der Technik hinausgeht, unterstützt damit neben der Ressourceneffizienz auch die Anstrengungen der Europäischen Union hin zur Kreislaufwirtschaft (Circular Economy, Abb. 1).

ECOWAMA-Pilotanlage

Den Kern der im Projekt realisierten Pilotanlage bilden die auf elektrochemischen und -physikalischen Prinzipien basierenden Prozesse Elektrooxidation und Elektrokoagulation sowie ein neuartiges thermisches Multi-Stage-Humidification-Dehumidification-Verfahren. Diese werden zur Oxidation und Fällung der entsorgungsrelevanten Komponenten sowie zur Entsalzung eingesetzt (Abb. 2). Ergänzt werden diese Prozessschritte durch eine elektrolytische Nickelrückgewinnung (Electrowinning) und eine Vorreinigung des Prozesswassers mittels gepulster elektrischer Felder zur Entfernung von Fetten und Ölen. Erstmals wurde im Rahmen von ECOWAMA gezeigt, dass Wasserstoff, der während der elektrochemischen Prozesswasserbehandlung als Nebenprodukt entsteht, über eine entsprechende Gasreinigungsstufe einer Brennstoffzelle zugeführt und in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

Demonstration

Demonstriert wurde die ECOWAMA-Anlage in einem Betrieb für Kunststoff-Galvanik. Dort wird die stromlose, chemische Vernickelung von Kunststoffteilen angewandt. Diese Nickel-Phosphor-Schichten zeichnen sich durch hohe Korrosionsbeständigkeit und sehr gute Abnutzungs- und Härteeigenschaften aus und können vor allem auch für geometrisch sehr anspruchsvolle Teile herangezogen werden. Hauptanwendung finden die Schichten im Automobil-, Telekommunikations- und Kunststoffsektor sowie in der chemischen Industrie [1].

Dabei stellt jedoch die Aufbereitung der erschöpften Chemisch-Nickel-Bäder und deren Spülwässer wegen der Bildung unerwünschter Nebenprodukte eine große Herausforderung



dar. Grund ist das dabei verwendete Reduktionsmittel, in der Regel Natriumhypophosphit. Dieses kann aufgrund seiner guten Löslichkeit nicht direkt gefällt werden und stellt für eine nachgeschaltete kommunale Kläranlage ein großes Problem dar. Galvanik-Betriebe müssen aus diesem Grund große Summen für die Entsorgung durch externe Firmen aufbringen, welche das Abwasser dann zumeist verbrennen. Um das zu umgehen, wird in der ECOWAMA-Anlage das im Chemisch-Nickel-Bad enthaltene Hypophosphit in der Elektrooxidations-Einheit gezielt in eine fällbare Phosphor-Verbindung oxidiert. Dabei kommen Bor-dotierte Diamantelektroden zum Einsatz, die in allen Versuchen die besten Oxidationseigenschaften gezeigt haben.

Ergebnisse

In zahlreichen Kurz- und Langzeitversuchen mit erschöpften Chemisch-Nickel-Bädern konnte der vollständige Abbau des Hypophosphits und der weitgehende Abbau des Phosphits bestätigt werden. Das dabei jeweils entstehende leicht fällbare Phosphat konnte in einem weiteren Schritt durch Elektrokoagulation zu mehr als 98 Prozent abgetrennt werden (Abb. 3). Bei der Aufbereitung der Ab- und Prozesswässer aus der elektrolytischen Vernickelung konnte eine elektrische Leitfähigkeit von $12 \mu\text{S}/\text{cm}$ erreicht werden, was eine vollständige Rückführung in entsprechende Prozessbäder erlaubt. Aus dem Konzentrat konnte durch galvanische Abscheidung metallisches Nickel mit einer Reinheit von über 99,9 Prozent erzielt werden, wodurch es wieder zur Beschichtung verwendet werden kann.

Ausblick – weitere Anwendung

Durch das robuste und modulare Design der ECOWAMA-Anlage ist es möglich, einzelne Prozesseinheiten auch für andere Anwendungen in der Prozesswasseraufbereitung einzusetzen. Dabei sind weitere Ab- und Prozesswässer in der oberflächenbehandelnden Industrie der primäre Markt, gefolgt von speziellen Anwendungen in der chemischen Industrie, die eine starke, chemikalienfreie Oxidation erfordern.

Kontakt



Dipl.-Ing. Maximilian Kotzur

Telefon +49 711 970-4097

maximilian.kotzur@igb.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Thomas Scherer

Telefon +49 711 970-4091

thomas.scherer@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Kanani, Nasser (2009) Galvanotechnik – Grundlagen, Verfahren und Praxis einer Schlüsseltechnologie: 16–18
- [2] European Commission (2006) Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics: 164ff

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »ECOWAMA« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Förderkennzeichen 308432.

Projektpartner und weitere Informationen

www.ecowama.eu

- 1 *Prinzip der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) im Projekt ECOWAMA.*
- 2 *ECOWAMA-Prozessschema.*
- 3 *ECOWAMA-Module: Elektrooxidation (vorne), Elektrokoagulation (hinten).*
- 4 *Beschichtetes Werkstück.*



1

MoGeSoWa – ENERGIEEFFIZIENZSTEIGERUNG DURCH SORPTIVE WÄRMESPEICHERUNG

Simone Mack, Siegfried Egener

Energieeffizienz erhöhen

Um die globalen Klimaschutzziele zu erreichen, steht die Erhöhung des Nutzungsgrades fossiler und regenerativer Primärenergie im Fokus. Wärmespeicher spielen hierbei eine elementare Rolle, um Überschusswärme zu speichern und so den zeitlichen Ausgleich von Wärmeangebot und -bedarf zu ermöglichen, z. B. in industriellen Prozessen oder der Gebäudetechnik. 2010 wurden mehr als 57 Prozent des Bruttoenergieverbrauchs, bzw. 38 Prozent des Primärenergiebedarfs in Deutschland (5408 Petajoule ~ 1500 Terawattstunden) für die Erzeugung von Wärme und Kälte eingesetzt [1, 2].

Nutzung von Abwärme

Andererseits bleiben in Energiewirtschaft, Gewerbe und Industrie derzeit noch große Mengen Abwärme ungenutzt. Schätzungen zufolge liegt das Abwärmennutzungspotenzial aus Industriebetrieben in Deutschland lediglich bei 132 bis 282 Terawattstunden pro Jahr (475–1015 Petajoule) [1, 2]. Eine vielversprechende Lösung stellen sorptive Wärmespeicher dar. Diese bieten deutliche Vorteile hinsichtlich Speicherdichten, minimierten Wärmeverlusten und möglichen Temperaturniveaus. Im Vergleich zu derzeit gängigen Warmwasserspeichern sind drei- bis sechsfach höhere Speicherdichten von bis zu 240 Wattstunden je Kilogramm Speichermaterial und somit wesentlich kompaktere Systeme möglich. Zudem sind die Arbeitstemperaturen zur Be- (110–300 °C) und Entladung (> 100 °C) flexibler. Da die Energie nicht als fühlbare Wärme gespeichert wird, entstehen keine thermischen Verluste über die Speicherdauer. Dies ermöglicht sowohl Kurz- (Tage bis Wochen) als auch Langzeitspeicherung (mehrere Monate). Um die sorptive Wärmespeicherung in eine industrietaugliche Anwendung zu überführen, ist das Ziel des Projekts MoGeSoWa

die Entwicklung eines leistungsfähigen, kosteneffizienten und modular aufgebauten Wärmespeichers. Dazu soll der wirtschaftliche Anwendungsbereich der Technologie durch die systematische Entwicklung von neuartigen Komposit-Adsorbentien auf den Temperaturbereich von deutlich unter 110 °C erweitert werden.

Vorgehensweise

Bei der sorptiven Wärmespeicherung wird Energie in Form eines chemisch-physikalischen Potentials gespeichert. In einer daran anschließenden reversiblen Wechselwirkung zwischen einem porösen Feststoff und einem Fluid, auch bezeichnet als Adsorptionsvorgang, wird Wärme freigesetzt. Dies ermöglicht deren zeitlich wie auch örtlich verschobene bedarfsgerechte Nutzung. Um die Projektziele zu erreichen, wurde ein integrierter Ansatz aus Material-, Komponenten- und Prozessentwicklung sowie fertigungsoptimierter Konstruktion verfolgt. In der ersten Projektphase wurden mehrere innovative Ansätze bezüglich der einzelnen Entwicklungsfelder im Labor- und Technikumsmaßstab entwickelt und erprobt. Die Erkenntnisse wurden in der zweiten Projektphase in einer Pilotanlage zusammengeführt und unter praxisnahen Bedingungen erprobt.

Testbetrieb in Mehrfamilienhaus

In der anschließenden Demonstrationsphase testete das IGB den entwickelten modularen Wärmespeicher für mehrere Monate unter realen Bedingungen. Der sorptive Wärmespeicher wurde in einem Mehrfamilienhaus mit über 70 Wohneinheiten zur Steigerung der Energieeffizienz von installierten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen demonstriert. Hierzu wurde Überschusswärme aus einem Mini-BHKW mit einer Leistung von 20 kW_{elektrisch} und 40 kW_{thermisch} gespeichert, um die



Wärmeenergie bedarfsgerecht für die Gebäudeheizung zur Verfügung zu stellen und somit den Primärenergieverbrauch zu senken. Durch die entwickelten Komposit-Adsorbentien konnte die Ladetemperatur von $> 120\text{ °C}$ auf 80 °C gesenkt werden. Zudem ermöglicht die optimierte Auslegung des Gesamtprozesses eine deutliche Steigerung der spezifischen Leistung von 120 W/kg auf 269 W/kg .

Nutzung des Kühleffekts

Ein weiterer Vorteil des entwickelten Systems ist die zusätzliche Nutzung des Kühleffektes. Wenn das hygroskopische Zeolith Wasserdampf in seinen Poren bindet (und hier Wärme freigesetzt wird), entsteht auf der Seite des Wasserbehälters, dem der Wasserdampf entzogen wird, Verdampfungskälte, die für eine Kühlung genutzt werden kann.

Ausblick

Neben der gebäudetechnischen Anwendung für Warmwasserbereitung, Heiz- und Kühlzwecke ist das entwickelte System durch die modulare Bauweise flexibel an weitere Anwendungen, wie beispielsweise industrielle Nutzungsmöglichkeiten adaptierbar. Für potenzielle Endanwender ermöglicht die neue Wärmespeichertechnologie wirtschaftliche und prozesstechnische Vorteile durch eine Steigerung der Energieeffizienz und die Einsparung von Energiekosten.

1 *Zeolithschüttung im Versuchsreaktor.*

2 *Modularer Testspeicher.*

Kontakt



Dr.-Ing. Simone Mack

Telefon +49 711 970-3539

simone.mack@igb.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Telefon +49 711 970-3643

siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

Literatur

[1] EEFA; Bestimmung des »Bruttoendenergieverbrauchs« nach den Vorschriften der EU-RL/2009/28/EG auf Basis der Daten der AG-Energiebilanzen (Kurzstudie im Auftrag des BMWi); Münster, Berlin, Nov. 2011

[2] AG-Energiebilanzen e.V. (AGEB)

Förderung

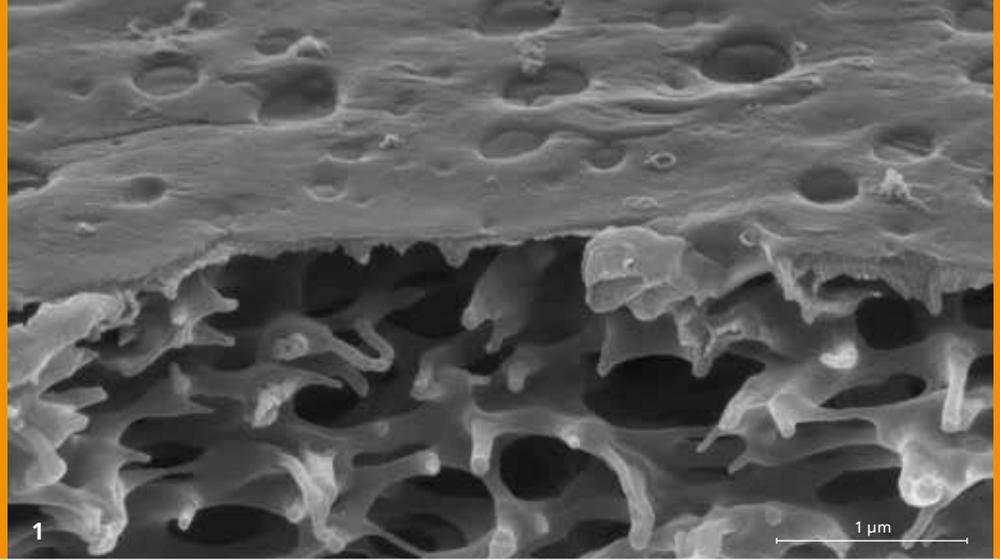
Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Förderung des Projekts »MoGeSoWa – Entwicklung eines modularen, geschlossenen, sorptiven Wärmespeichers zur Energieeffizienzsteigerung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen«, Förderkennzeichen 03ESP259E.

Projektpartner

ZeoSys GmbH, Berlin | Fraunhofer-Institute IVI, IKTS und IWU | B&O Gebäudetechnik GmbH & Co. KG, Berlin | KKI GmbH, Osterburken | Pneumatik Berlin GmbH, Berlin

Weitere Informationen

http://forschung-energiespeicher.info/projektschau/gesamtliste/projekt-einzelansicht//Sorptiver_Waermespeicher_fuer_die_Industrie/
<http://www.zeosys.de/index.php?page=projekte/mogesowa>



EINSATZ VON MEMBRANEN ZUR AUFARBEITUNG VON BIOBUTANOL MITTELS OSMOSE

Christopher Hänel, Thomas Schiestel

Bedarf: energieoptimierte Aufarbeitung

Langfristig wird es unumgänglich sein, fossile Kraftstoffe durch erneuerbare Energieträger zu ersetzen. Der Durchbruch der Biokraftstoffe ist neben den ökonomischen Faktoren von den CO₂- und Energiebilanzen abhängig. Diese müssen für fermentativ hergestellte Kraftstoffe der zweiten Generation wie Butanol noch deutlich verbessert werden, damit sie wettbewerbsfähig und umweltverträglich sind [1]. Das Downstream Processing ist dabei ein energie- und damit kostenintensiver Schritt.

Durch den kombinierten Einsatz eines optimierten Gasstrippings und eines osmosegetriebenen Membranverfahrens soll ein Prozess entwickelt werden, der eine Entwässerung des Produktstromes mit deutlich verringertem Energieaufwand erlaubt. Für die Aufarbeitung von Ethanol wurde der Einsatz der Vorwärtsosmose bereits beschrieben [2]. Für Butanol sind bisher keine Arbeiten bekannt, wobei in diesem Fall nur eine Aufkonzentrierung auf 7,3 Gewichtsprozent notwendig wäre, da dann eine Phasenseparation auftritt.

Neue Vorwärtsosmose-Membranen

In dem Verbundprojekt »Innovative Verfahrenskombination zum Downstream Processing von Biobutanol« war es die Aufgabe des Fraunhofer IGB, geeignete Membranen und ein Membranverfahren für die Aufkonzentrierung von Biobutanol zu entwickeln. Hierzu wurden verschiedene kommerzielle Umkehrosmose-Membranen und eigene Membranen für die Vorwärtsosmose (Forward Osmosis, FO), sowohl auf Celluloseacetat-Basis (CA) als auch Thin-Film-Composite-Membranen (TFC), getestet [3–5]. Die Membranen wurden hinsichtlich ihrer Wasserpermeation sowie des Butanol- und Salz-Rückhalts

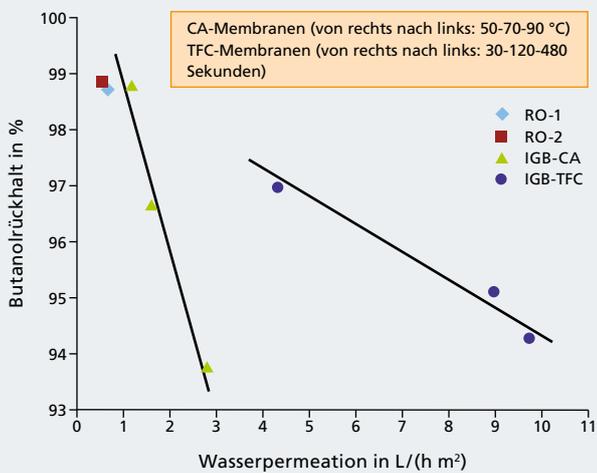
untersucht. Die Feed-Lösung war dabei eine wässrige Butanol-Lösung mit 5,7 Gewichtsprozent. Als Ziehlösung wurde eine wässrige NaCl-Lösung mit einer Konzentration von 300 g/L NaCl eingesetzt.

Beste Trennleistung

Die CA-Membran wurde in ein Gewebe gerakelt, ist 60 μm dick und hat eine ausgeprägte asymmetrische Struktur mit einer sehr dünnen Trennschicht (ca. 100 nm). Der Träger der TFC-Membran ist eine 110 μm dicke Mikrofiltrationsmembran mit einer Porengröße von 100 nm (Abb. 1).

Bei den CA-Membranen kann die Trennleistung über die Temperatur des Wärmebades kontrolliert werden. Je höher die Temperatur, desto kleiner der Wasserfluss und desto größer der Butanol-Rückhalt. Bei 90 °C zeigen die CA-Membranen den gleichen Butanol-Rückhalt wie kommerzielle Umkehrosmose-Membranen, wobei der Wasserfluss mit 1,23 L/(h m²) um 75 Prozent größer ist (Abb. 2).

Bei den TFC-Membranen kann die Trennleistung über die Reaktionszeit der Grenzflächenpolymerisation gesteuert werden. So werden bei 480 Sekunden Einwirkzeit Membranen mit einem Wasserfluss von 4,35 L/(h m²) und einem Butanol-Rückhalt von 97 Prozent erhalten. Eine weitere Größe, die zum Vergleich der Membranen herangezogen wurde, war das Verhältnis von Wasser- zu Butanolfloss. Bei den kommerziellen Membranen lag dieses im Bereich von 20, bei den besten CA-Membranen wurde 40 und bei den besten TFC-Membranen 60 gemessen (Abb. 2).



2



3

Die Membranen wurden anschließend für 500 Stunden in einer ABE-Lösung (26 g/L Aceton, 80 g/L Butanol, 22 g/L Ethanol) ausgelagert. Die Membranen waren prinzipiell stabil in dieser Lösung. Allerdings nahm der Wasserfluss über die Zeit kontinuierlich um 30 Prozent zu und der Butanol-Durchgang wurde um maximal 55 Prozent größer.

Hervorragender Wasserfluss, schnelle Phasentrennung

Anschließend wurden die Prozessparameter optimiert. Abhängig von der Überströmungsgeschwindigkeit wurden für TFC-Membranen z. B. Flüsse von 12 L/(h m²) bestimmt, wobei das Wasser/Butanol-Verhältnis bei 30 lag. Die besten kommerziellen Umkehrosrose-Membranen zeigten einen Wasserfluss von 1,8 L/(h m²) mit einem Wasser/Butanol-Verhältnis von 22.

Mit diesen Ergebnissen wurde jeweils die Zeit bis zum Auftreten der Phasentrennung abgeschätzt. Für die beste kommerzielle Membran ergab sich eine Zeit von 42 Stunden, während für die beste TFC-Membran eine Zeit von vier Stunden errechnet wurde. Experimentell konnte über einen Zeitraum von bis zu fünf Tagen mit den kommerziellen Membranen keine Phasentrennung beobachtet werden. Bei den besten TFC-Membranen war dagegen bereits nach sechs Stunden eine deutliche Phasentrennung zu erkennen.

Ausblick

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es mit der Vorwärtsosmose technisch möglich ist, Butanol-Lösungen soweit aufzukonzentrieren, dass eine Phasentrennung auftritt. Die Membranherstellung wird nun auf eine größere Anlage übertragen (Abb. 3). Die Machbarkeit des Gesamtprozesses soll dann im Pilotmaßstab gezeigt werden.

Kontakt



Christopher Hänel

Telefon +49 711 970-4125
christopher.haenel@igb.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Thomas Schiestel

Telefon +49 711 970-4164
thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Qureshi, N. et al. (2000) Renewable Energy 22: 557–564
- [2] Zhang, X. et al. (2013) Chemical Engineering Journal 232: 397–404
- [3] Kunst, B. et al. (1970). Journal of Applied Polymer Science 14(10): 2559–2568
- [4] Touati, K. et al. (2015) Desalination 365: 182–195
- [5] Jin, H. et al. (2015) RSC Adv. 5: 79774–79782

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) für die Förderung des Projekts »Innovative Verfahrenskombination zum Downstream Processing von Bio-butanol«, Förderkennzeichen 22032014.

Projektpartner

Institut für Umweltverfahrenstechnik, Universität Bremen

- 1 TFC-Membran unter dem Elektronenmikroskop.
- 2 Vorwärtsosmose-Versuche in einer Rührzelle.
- 3 Flachmembranziehanlage.

WEITERE DATEN UND FAKTEN 2016

4 Buchbeiträge

331 Publikationen

77 Poster

126 Artikel in Fachzeitschriften

124 Vorträge

388 insgesamt angemeldete Patente

48 neu erteilte Schutzrechte

15 neu angemeldete Schutzrechte

14 neue Erfindungsmeldungen

13 Praktikumsberichte

51 Masterarbeiten

36 Bachelorarbeiten

120 Hochschularbeiten

7 Dissertationen

2 Diplomarbeiten

11 Studienarbeiten

4 Exkursionen

122

34 Praktika, Übungen, Projektstudien

Lehrtätigkeiten

34 Seminare

50 Vorlesungen

1288 Follower auf Twitter

494

37 Presseinformationen und Nachrichten

1648 Follower auf LinkedIn

Erwähnungen in Presse, Medien, TV und Hörfunk

166 Aktivitäten in Fachausschüssen und Gremien

82

26 Messen und Veranstaltungen

Strategische Kooperationen

Detaillierte Informationen
www.igb.fraunhofer.de/daten



INFORMATIONSSERVICE

Wünschen Sie weitere Informationen? Wir informieren Sie gern!

Bitte markieren Sie auf diesem Blatt die entsprechenden Felder und senden Sie es uns per Fax, Post oder E-Mail.

Periodika

- Jahresbericht
- Online-Newsletter

Absender / in

Name, Vorname, Titel

Themenbroschüren und Produktblätter

- Gesundheit
- Chemie und
Prozessindustrie
- Umwelt und Energie

Firma/Abteilung

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Fax

E-Mail

**Fraunhofer-Institut
für Grenzflächen- und
Bioverfahrenstechnik IGB**
Presse und Öffentlichkeitsarbeit
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-4150
Fax +49 711 970-4200
info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

.....
**Online finden Sie unseren
Bestellservice und
Downloadbereich unter:**
*www.igb.fraunhofer.de/
publikationen*
.....



IMPRESSUM

REDAKTION UND LEKTORAT

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Antje Hetebrüg,
Jan Müller M. A.,
Dipl.-Des. Thaya Schroeder (Bild),
Dr. Claudia Vorbeck
und die jeweils als Ansprechpartner oder
Autoren genannten Wissenschaftler.

GESTALTUNG UND PRODUKTION

Dipl.-Des. Thaya Schroeder

DRUCK

Fraunhofer Verlag, Mediendienstleistungen,
Stuttgart

ANSCHRIFT DER REDAKTION

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB
Dr. Claudia Vorbeck
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart

BILDQUELLEN

Altmann, Jürgen: Seite 7
Baden-Württemberg: Connected e. V.: Seite 29
Canoe: Seite 79
Doering, Sven: Seite 78
Fogel, Walter: Seiten 13, 34, 42
Fotolia: Seiten 88, 97
iStockphoto: Seite 76
Krötz, Rafael: Seiten 37, 46, 84
Michalke, Norbert: Seiten 23, 27, 35, 39, 87
Müller, Bernd: Seiten 60, 61, 64
Shutterstock: Seiten 19, 20, 24, 25, 26, 83, 87, 94

Alle anderen Abbildungen
© Fraunhofer IGB/Fraunhofer-Gesellschaft

Dieser Jahresbericht wurde klimaneutral mit mineral-
ölfreien Farben gedruckt. Das verwendete Papier ist
aus 100 % Altpapier und FSC-zertifiziert sowie mit
dem EU Ecolabel AT/11/002 und dem Blauen Engel
ausgezeichnet.

BioVaSc-TERM®, BoneVaSc-TERM®, GutVaSc-TERM®,
LunVaSc-TERM®, OncoVaSc-TERM®, SkinVaSc-TERM®,
TraVaSc-TERM®, ePhos®, NANOCYTES®, Morgenstadt®
und POLO® sind eingetragene Marken der Fraunhofer-
Gesellschaft zur Förderung der angewandten
Forschung e. V. in Deutschland.

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion
erforderlich.

© Fraunhofer IGB, Stuttgart 2017



Das Fraunhofer CBP schließt mit seiner apparatetechnischen Ausstattung im Pilotmaßstab die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung. Durch die Bereitstellung von Infrastruktur und Technikumsanlagen ermöglicht es Partnern aus Forschung und Industrie, biotechnologische und chemische Prozesse bis in produktionsrelevante Dimensionen zu skalieren und Verfahrensentwicklungen zu beschleunigen.



Fraunhofer-Institut
für Grenzflächen- und
Bioverfahrenstechnik IGB
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-4401
Fax +49 711 970-4200
info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

Bleiben Sie mit uns in Verbindung:

