



Fraunhofer
IGB

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHEN- UND BIOVERFAHRENSTECHNIK IGB



JAHRESBERICHT
2017 | 18

Im 2017 bezogenen »Wassertechnikum« entwickelt und optimiert das Institut Verfahren für die Aufbereitung von Prozesswässern bis in den Pilotmaßstab. Die Demonstrations- und Prototypanlagen stehen auch für Untersuchungen im Kundenauftrag zur Verfügung.

JAHRESBERICHT
2017 | 18

INHALT

6 VORWORT

8 INTERVIEW

PROFIL

- 12 Kurzprofil
- 13 Kuratorium des Fraunhofer IGB
- 14 Angebot und Infrastruktur
- 16 Das Institut in Zahlen
- 18 Organigramm
- 20 Vernetzung

HIGHLIGHTS 2017

- 22 Projekte
- 23 Menschen
- 24 International
- 26 Messen und Veranstaltungen
- 28 Nachwuchsförderung

KOMPETENZEN

- 31 Die Fraunhofer-Gesellschaft
- 32 Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- 32 Molekulare Biotechnologie
- 33 Physikalische Prozesstechnik
- 33 Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- 34 Zell- und Tissue Engineering
- 34 Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat
- 35 Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP

AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE

2017

38 GESUNDHEIT

- 42 Bioprinting – Gedruckte Biomaterialien bilden funktionale Knochengewebe und Gefäße
- 46 Albuminbeschichtung beschleunigt Anwachsen von Stammzellen an Titanimplantate
- 46 Neue bioabbaubare Knochenersatzmaterialien für die regenerative Medizin
- 47 Molekulare Diagnostik der nächsten Generation
- 48 Identifizierung von Erregern sexuell übertragbarer Erkrankungen durch hochparallele molekulare Diagnostik mittels DNA-Microarray
- 49 Steuerung des angeborenen Immunsystems als Therapiemöglichkeit
- 49 Identifizierung von Schutzmechanismen der Haut mithilfe von immunologischen 3D-Gewebe-modellen
- 50 Retina-on-a-Chip – Physiologisches 3D-Modell der menschlichen Retina
- 51 Gewinnung von Eicosapentaensäure (EPA) und Fucoxanthin aus Mikroalgen



52 CHEMIE UND PROZESSINDUSTRIE

- 56 Kombinierte Oberflächenanalytik
- 56 Verbesserte Innenraumluft durch photokatalytisch aktive Anstriche
- 57 Formulierung reaktiver Tinten – Reaktiver Inkjet-Druck von Polyurethanschäumen
- 58 Hydrophobe Proteine zur Oberflächen-funktionalisierung
- 58 Demonstrationsworkshop zur fermentativen Carbonsäureherstellung
- 59 Biobasierte Kraftstoffadditive aus Zucker
- 60 ChitoTex – Insektenbasiertes Chitosan zur Beschichtung von Textilien
- 60 Pilotierung eines innovativen Verfahrens zur Aufbereitung von Raps
- 61 Ligninbasierte Polyurethane
- 62 Torrefizierung und Transportkonditionierung von Holz
- 62 Einstufige Elektrosynthese von Ethen aus CO₂
- 63 Aufreinigung von monoklonalen Antikörpern mit einem neuartigen kontinuierlichen Chromatographieverfahren

64 UMWELT UND ENERGIE

- 68 Unser Beitrag zum Nexus
Wasser – Energie – Ernährung – Rohstoffe
- 74 Membranadsorber für die Abtrennung von Mikroschadstoffen
- 74 Mobile modulare Pilotanlage zur biologischen Reinigung industrieller Abwässer
- 75 ePhos® – Elektrochemische Phosphorrückgewinnung
- 75 Gülleaufbereitung und Phosphorrückgewinnung
- 76 Klimafreundliche Faulgasaufbereitungsanlage in Brasilien eröffnet
- 77 Flexibilisierung der Hochlastfaulung vor dem Hintergrund der Energiewende
- 77 Hochlastfaulung in Erbach (Donau) feierlich eingeweiht
- 78 Potenzialanalyse zur Erzeugung von Biogas in Klärschlammvergärungsanlagen
- 79 Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette – GOBi

- 80 Weitere Daten und Fakten
- 82 Informationsservice
- 83 Impressum

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

das Jahr 2017 war ein Jahr großer Veränderungen für das Fraunhofer IGB. Es hatte sich schon zuvor gezeigt, dass unser Institutsteil in Würzburg mehr und mehr die Synergien mit dem Fraunhofer ISC nutzen konnte. Im ersten Quartal haben wir uns deshalb entschlossen, auch den verwaltungstechnischen Teil an das Schwesterinstitut zu übertragen und so die Arbeitsweise in Stuttgart wie auch in Würzburg deutlich zu optimieren. Dazu musste natürlich geklärt werden, welche Aktivitäten im Bereich Tissue Engineering in Stuttgart verbleiben und welche in Würzburg ausgebaut werden. Dies ist geschehen und so hat sich die Integration des Institutsteils Würzburg in das Fraunhofer ISC dann bis Mitte des Jahres erfolgreich umsetzen lassen.

Parallel wurde das Berufungsverfahren für die Leitung unseres Instituts und auch des Universitätsinstituts vorangetrieben. Dabei war auf Basis der Kandidaten zunächst unklar, ob wir uns mehr pharmazeutisch oder allgemein verfahrenstechnisch ausrichten werden. Im Oktober fiel dann die Entscheidung, dass Herr Dr. Wolperdinger ab März 2018 das Fraunhofer IGB leiten wird und damit die Aktivitäten in Zielrichtung allgemeiner Verfahrenstechnik und Bioökonomie gestärkt werden. Diese Entwicklung ist auch durch die Inbetriebnahme unserer Technika am Standort Stuttgart im ersten Quartal 2017 sehr gut vorbereitet. Mit diesen Technika konnten wir eine Lücke in unseren Ansätzen zur Skalierung verfahrenstechnischer Prozesse schließen, sodass wir jetzt die Prozessentwicklung bis in den Pilotmaßstab auch in Stuttgart anbieten. Insbesondere unser »Wassertechnikum« gewinnt hier an Bedeutung und trägt mit dazu bei, dass wir unsere Aktivitäten auch in Regionen ausbreiten können, in denen die Wasserproblematik heute schon deutlich drängender ist als bei uns. So sind wir dementsprechend in Verhandlungen mit entsprechenden Partnern in Indien und Südafrika; in Chile läuft bereits ein gemeinsames Projekt in diesem Themenfeld.

Ebenfalls im Herbst 2017 entschied sich Frau Prof. Schenke-Layland, für die Institutsleitung des Naturwissenschaftlich und Medizinischen Instituts (NMI) in Reutlingen zu kandidieren. Sie wurde erwartungsgemäß sofort ausgewählt und wird dort zum April 2018 beginnen. Hier stellte sich nun die Frage, inwieweit diese Entwicklungen, die Übergabe unserer Außenstelle in Würzburg und der Weggang von Frau Prof. Schenke-Layland, das Tissue Engineering bei uns am IGB beeinflussen. Dieser Frage begegnen wir mit einer Fokussierung unserer Themen in Stuttgart. Sicher fallen einige Aktivitäten weg, aber die drei wesentlichen und besonders zukunftssträchtigen Aktivitäten sind davon nicht berührt und die werden wir sogar noch weiter ausbauen. Dies sind erstens die Aktivitäten zum Thema Organ-on-a-Chip, sprich effektive zellbasierte



Testsysteme zur Untersuchung der Wirkung von chemischen Substanzen aus Pharmazie, Kosmetik, Lebensmittelindustrie und Umwelt auf organähnliche Strukturen. Zweitens, die Entwicklung weiterer Testsysteme auf Basis von Zellkompartimenten, wie etwa unser rezeptor-basiertes Pyrogentestsystem. Als dritte Aktivität ist das sogenannte Bioprinting im Themenfeld Biomaterialien zu benennen. Dabei werden durch Druckprozesse dreidimensionale Strukturen erzeugt, die den Zellen eine optimierte Ansiedlung ermöglichen, da sie in weiten Bereichen der extrazellulären Matrix entsprechen. Diese Matrix lässt sich in Einzelfällen als »Tinte« schon mit den Zellen darin direkt verdrucken.

Überhaupt stellt die Wechselwirkung von Material und Zellen auch einen entscheidenden Aspekt für die Entwicklung weiterer medizintechnischer Produkte dar, die wir in unserem Leistungszentrum »Mass Personalization« in Stuttgart verfolgen. Im Leistungszentrum, mit dem wir im Oktober 2017 beginnen konnten, werden Verfahren und Prozesse untersucht, mit denen sich personalisierte Produkte in großen Stückzahlen herstellen lassen. Beteiligt sind verschiedene Stuttgarter Universitätsinstitute und auch die weiteren Fraunhofer-Institute am Standort. Inhaltlich geht es dabei um Produkte für die Bereiche Mobilität, Wohnen und Medizintechnik.

Ich möchte mich nun bei Ihnen, unseren Kunden und Partnern, für das entgegengebrachte Vertrauen bedanken und freue mich, begonnene Projekte mit Ihnen zum Erfolg zu führen und natürlich auch, gemeinsam mit Ihnen neue Projekte in Angriff zu nehmen. Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre und hoffe, dass der vorliegende Jahresbericht neue Impulse für eine weitere Kooperation bietet.

Ich freue mich auf die Zusammenarbeit und einen regen Austausch mit Ihnen.

Christian Oehr
(kommissarischer Institutsleiter vom 1.1.2016 bis 31.3.2018)



IM GESPRÄCH: MARKUS WOLPERDINGER

Mit der Berufung von Dr. Markus Wolperdinger zum Institutsleiter endet am Fraunhofer IGB eine zweijährige Übergangsphase. Der promovierte Chemiker mit langjähriger Industrieerfahrung ist bereits bestens mit dem IGB vertraut: Seit 2011 war er Mitglied des Kuratoriums und hatte seit 2014 dessen Vorsitz inne. Zum 1. März 2018 übernimmt er die Institutsleitung. Im Interview erläutert er seine Motivation und seine Ziele.

Herr Dr. Wolperdinger, Sie kennen das Institut schon länger. Welche Verbindungen zum IGB hatten Sie in der Vergangenheit?

Ich habe zum Fraunhofer IGB vielfältige Verbindungen, die bis weit vor meine Zeit im Kuratorium zurückreichen. Ich erinnere mich noch gut an meinen ersten Kontakt mit dem IGB vor mehr als 15 Jahren im Rahmen von Gesprächen über Patente, die meine damalige Firma vom IGB lizenzierte.

Im Jahr 2006 habe ich Prof. Hirth auf einer Konferenz kennengelernt, der damals noch am Fraunhofer ICT in Pfinztal tätig war. In dieser Zeit war ich bei der InfraLeuna GmbH für den Aufbau der industriellen Biotechnologie am Chemiestandort Leuna verantwortlich. Ich suchte einen Partner für ein neues »Prozesszentrum«, das ich in Leuna etablieren wollte. Aus diesen Gesprächen entwickelte sich eine intensive und sehr fruchtbare Zusammenarbeit mit dem IGB, die ich weitergeführt habe, als ich 2011 zur Engineering Division der Linde AG in Dresden wechselte. Dort war ich zuerst für die Geschäftsentwicklung der Produktlinie Biotechnologieanlagen verantwortlich, kurz darauf habe ich die Leitung der Produktlinie weltweit übernommen.

Die Zusammenarbeit mit dem IGB mündete in mehrere Förderprojekte und schließlich in die Zusage des Landes Sachsen-Anhalt, mehrerer Bundesministerien und der Fraunhofer-Gesellschaft, ein Zentrum für »chemisch-biotechnologische Prozesse« zu finanzieren – das heutige Fraunhofer CBP in Leuna. Mit Linde durfte ich den Aufbau des CBP als Generalunternehmer für die Anlagentechnik begleiten.

Was hat Sie motiviert, die Leitung des Instituts zu übernehmen?

Ein wesentlicher Aspekt ist, dass ich das IGB aus den gemeinsamen Aktivitäten in der Vergangenheit, meiner Tätigkeit im Kuratorium des Instituts und als Mitglied der Berufungskommission für die Nachfolge der Institutsleitung schon gut kenne. Daher weiß ich, welches Potenzial das Institut hat und wie dringend eine neue Leitung benötigt wird. Darüber hinaus habe ich in den vergangenen Jahren bereits viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IGB und seiner Außenstellen kennen und schätzen gelernt. Ich freue mich sehr darauf, mit ihnen gemeinsam die Zukunft des Institutes zu gestalten.

Zudem liegt mir das Themenfeld der industriellen Biotechnologie, das am IGB eine bedeutende Rolle spielt, sehr am Herzen. Ich kann aus meinen beruflichen Erfahrungen heraus viel Wissen und vor allem ein weitreichendes Netzwerk einbringen und das Institut damit gut positionieren. Daneben sind auch die anderen Geschäftsfelder des IGB hochspannend und besitzen großes Potenzial, das es zu heben gilt.

Schließlich ist die Leitung eines Fraunhofer-Instituts ein Schritt, der mir neue Perspektiven an der Schnittstelle von angewandter Forschung und industrieller Umsetzung der Ergebnisse erschließt, die ich so in der Industrie nicht hatte. Daher freue ich mich auf diese neuen Gestaltungsmöglichkeiten und auf die wissenschaftliche Herausforderung der universitären Anbindung.

Welche inhaltlichen Schwerpunkte wollen Sie setzen?

Ich sehe es als einen Vorteil, dass das IGB fachlich und thematisch breit aufgestellt ist. Inhaltlich möchte ich noch nichts vorwegnehmen, denn in den nächsten Wochen will ich mich mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beraten, um die erfolgversprechendsten Felder herauszuarbeiten.

Ganz wichtig ist mir, dass wir die vielfältige Anwendungspalette integral aufstellen und miteinander verzahnen. Das heißt, ich will mit den Abteilungen und Institutsteilen eine konkrete Arbeitsteilung definieren, damit das Institut die verschiedenen Dimensionen der Skalierung durchgängig anbieten kann – vom Labor bis zum präindustriellen Maßstab. Hierzu möchte ich das Angebot am Institut in Wertschöpfungsketten und den daraus resultierenden Mehrwert für die Industrie klar herausarbeiten. Mein Ziel ist, dass wir zu einem Alleinstellungsmerkmal bei der Entwicklung und Umsetzung von Prozessen kommen, die Mitbewerber so nicht anbieten können.

Welche Zukunftsthemen bringen neue Perspektiven?

Eine wichtige Aufgabe sehe ich darin, die globalen Herausforderungen und die technologischen Zukunftstrends mit der thematischen Aufstellung des IGB in Einklang zu bringen. Als Stichwort sei hier die Digitalisierung genannt und welchen Beitrag das Institut dabei leisten kann. Daneben beschäftigen mich folgende Fragen: Wie können wir die wachsende Weltbevölkerung mit ausreichend Nahrung und Rohstoffen versorgen? Wie den Zugang zu sauberem Wasser sicherstellen? Wie dabei nachhaltig produzieren? Am IGB sind wir ja auch schon sehr gut aufgestellt, hier Beiträge zu leisten. Im Bereich Medizin und Gesundheit gehört für mich auch dazu, individualisierte Produkte zu den Kosten eines Massenprodukts herstellen zu können. Mit der Initiative »Mass Personalization«, die wir im Leistungszentrum verfolgen, ist ein wichtiger Schritt getan, dieses Ziel zu erreichen.

Vita

Berufliche Laufbahn

2012–2018 Bereichsleiter Biotechnologiefabriken und Senior Manager öffentliche Fördermittel, Linde AG, Engineering Division & Linde Gas – Dresden, Pullach

2011–2012 Leiter Business Development Biotechnologiefabriken, Linde Engineering Dresden GmbH – Dresden

2006–2010 Leiter Ansiedlungsmanagement und strategische Entwicklung industrielle Biotechnologie, InfraLeuna GmbH – Leuna

2000–2006 Geschäftsführer Munich Innovative Biomaterials GmbH – Marburg, Leuna

1998–2000 Director of Product Development, Innovative Lasers Corporation – Tucson, USA

1995–1998 Senior Research Scientist, Innovative Lasers Corporation – Tucson, USA

Ausbildung und akademischer Werdegang

1991–1995 Promotion im Fachgebiet Physikalische Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität München

1985–1991 Studium der Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität München

1979–1982 Ausbildung zum staatlich geprüften Chemielaboranten

Wo sehen Sie Herausforderungen?

Wichtig ist mir, dass wir als Institut eine klare Vorstellung haben, welche konkreten Ziele wir erreichen wollen, in welchen Arbeitsgebieten wir diese Ziele verfolgen und was wir dafür tun müssen. Ich möchte, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter den Gedanken, dass wir alle an einem Strang ziehen, verinnerlichen, und dass wir gemeinsam und miteinander in eine Richtung gehen. Die Basis dafür ist für mich eine auf wechselseitigem Vertrauen aufbauende Institutskultur. Dies möchte ich gerne erreichen.

FRAUNHOFER IGB IM PROFIL 2017

44

Doktoranden

19

Auszubildende

14

BoGy-Schüler

120

Studierende

47 %

Frauenanteil

417

76

Uni-Mitarbeitende

25

Nationalitäten

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

8

Mitarbeiter mit Lehraufträgen

3

Preise und Auszeichnungen

341

Fraunhofer-Mitarbeitende

62,4 %

Eigenerträge

26,8 Mio €

2,3 Mio €

Investitionen

Gesamthaushalt

13,6 Mio €

Personalaufwand

10,9 Mio €

Sachaufwand

2

Institutsteile

5

2

Fraunhofer-Verbünde

Abteilungen

10

Fraunhofer-Allianzen

21

Kuratoren

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, den Institutsteilen in Leuna und Straubing sowie unserem Partnerinstitut IGVP an der Universität Stuttgart 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

Motivation

Mit unserer Forschung wollen wir dazu beitragen, Lösungen für die drängenden Herausforderungen unserer Gesellschaft zu finden: Die Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit Lebensmitteln, Wasser, Rohstoffen und Energie sicherzustellen und die medizinische Versorgung mit personalisierten Ansätzen zu verbessern. Ressourceneffiziente und nachhaltige Prozesse, Bioökonomie und Biologisierung sind die Strategien, auf die wir hierbei setzen.

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 (Stand 31.12.2017)

Dr. Susanne Arbogast

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. Jürgen Gross

(seit 1. Juli 2017)
Robert Bosch GmbH

Prof. Dr. Elke Guenther

(seit 1. Juli 2017)
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Dr.-Ing. Bernd Krause

Gambro Dialysatoren GmbH

Dr. Caroline Liepert

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Dr. Christian Naydowski

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Dr. h.c. Michael Resch

Institut für Höchstleistungsrechnen, 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

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

Ständige Gäste

Prof. Dr. Herwig Brunner

(Ehemaliger Institutsleiter)

Prof. Dr. Dieter Jahn

(Vorsitzender des Kuratoriums 1999 bis 2013)



INFRASTRUKTUR UND LEISTUNGSANGEBOT

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.

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 nach DIN EN ISO/IEC 17025 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.

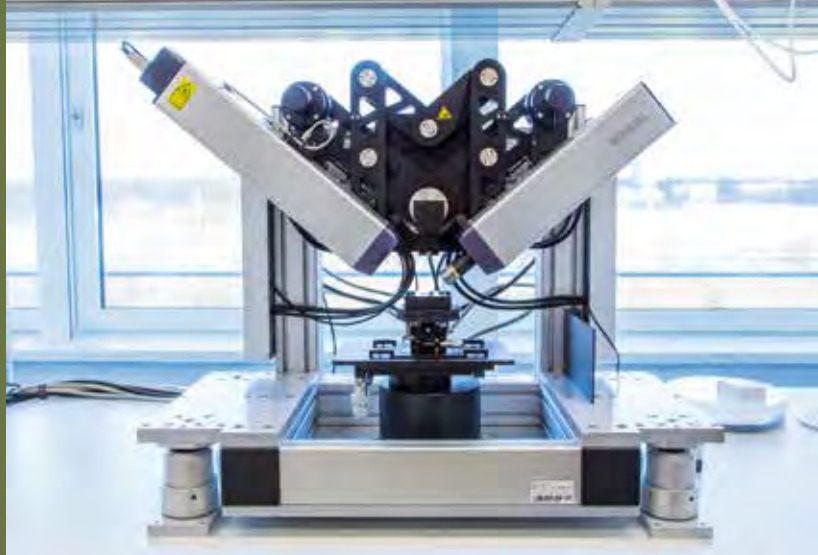
Akkreditierte Prüfarten/Prüfverfahren:

- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Ionenchromatographie (IC)
- Gaschromatographie (GC, GC/MS)
- Atomemissionsspektrometrie (ICP-AES)
- Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse (ESCA/XPS)
- In-vitro-Prüfung der Zytotoxizität (DIN ISO 10993-5)
- In-vitro-Prüfung der Phototoxizität

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.



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 2017 in Betrieb genommener Neubau beherbergt u. a. Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsanlagen sowie Technika für aseptische Arbeiten (Lebensmittel), für die Aufbereitung von Prozessabwasser sowie für die Abwasser- und Schlammbehandlung im Pilotmaßstab.

Leistungsangebot

Verfahrens-, Technologie- und Produktentwicklung

- Vom Labor- bis zum Technikums- und Pilotmaßstab
- Bau und Testbetrieb 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 (auch quantitativ)

Next-Generation-Sequenzierung

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

Zellbiologische Analytik

Zellcharakterisierung, durchflusszytometrische Analysen, Laser-Scanning-Mikroskopie

Zell-Material-Wechselwirkungen

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

Weitere Informationen zu

unserem Analytik-Leistungsangebot finden Sie unter:

www.igb.fraunhofer.de/analytik



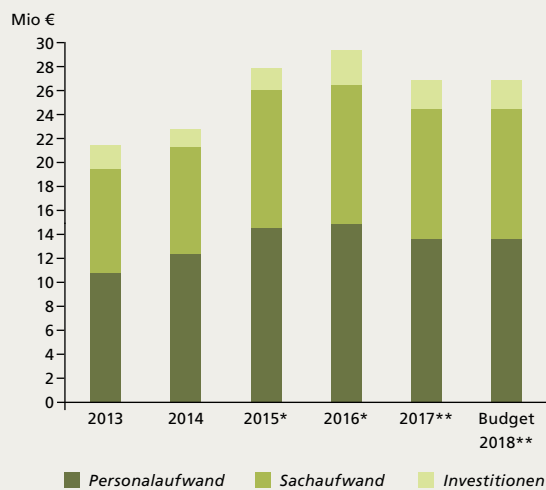
DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Haushalt

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr ein Volumen von 26,8 Mio €. Auf den Betriebshaushalt entfielen 24,5 Mio €, davon 13,6 Mio € auf den Personalaufwand und 10,9 Mio € auf den Sachaufwand. Investitionen wurden in Höhe von 2,3 Mio € getätigt.

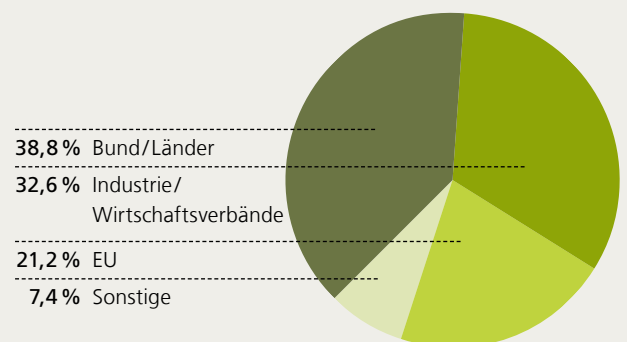
62,4 Prozent des Betriebshaushaltes waren eigene Erträge.
32,6 Prozent der Eigenerträge stammen aus Projekten, die unmittelbar für industrielle Auftraggeber abgewickelt wurden.

Entwicklung des Gesamthaushalts



* inkl. CBP (nach Abschluss der Anschubfinanzierungsphase)
** inkl. CBP; ohne TZKME, Institutsteil Würzburg

Herkunft der eigenen Erträge 2017



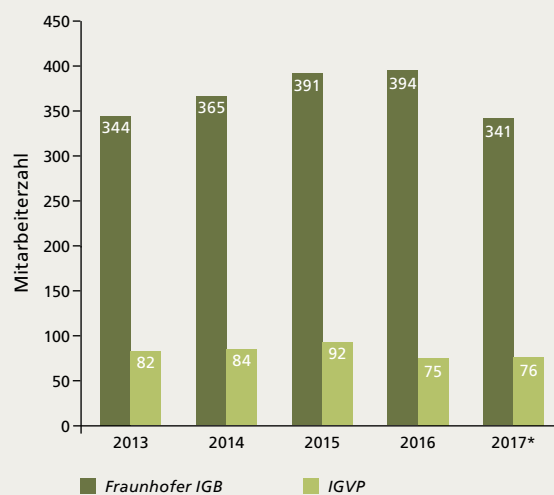
Personal

Am 31. Dezember 2017 waren am Fraunhofer IGB in Stuttgart und seinen Institutsteilen in Straubing, Würzburg und Leuna 341 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon nahezu 90 Prozent im wissenschaftlichen und technischen Bereich. Der Frauenanteil betrug 50 Prozent.

76 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 2017. Der Frauenanteil am IGVP betrug 32 Prozent.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IGB, seiner Institutsteile und des IGVP arbeiten eng vernetzt. Bemerkenswert ist auch die kulturelle Vielfalt der Einrichtungen: 26 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kommen aus 25 verschiedenen Ländern außerhalb Deutschlands.

Entwicklung der Mitarbeiterzahlen



* seit 2017 ohne TZKME, Institutsteil Würzburg

Zahl der Mitarbeitenden zum 31.12.2017

	Fraunhofer IGB	IGVP
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler	82	16
Technisches Personal	90	10
Doktorandinnen und Doktoranden	3	27
Verwaltung/Sekretariate	31	5
Auszubildende	11	8
Stipendiatinnen und Stipendiaten	8	6
Studierende mit Abschlussarbeiten (Master, Bachelor), Praktikanten	48	–
Studentische/wissenschaftliche Hilfskräfte	68	4
	341	76

ORGANIGRAMM

Institutsleitung (kommissarisch bis 31.3.2018)



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

Institutsleitung (kommissarisch seit 1.3.2018)



Dr. Markus Wolperdinger
Telefon +49 711 970-4410
markus.wolperdinger@igb.fraunhofer.de

Stellvertretende Institutsleitung



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

Verwaltungsleitung



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



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



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

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

**FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR CHEMISCH-
BIOTECHNOLOGISCHE PROZESSE CBP,
Institutsteil Leuna**



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



Dr. Moritz Leschinsky
Telefon +49 3461 43-9102
moritz.leschinsky@cbp.fraunhofer.de



Dr. Daniela Pufky-Heinrich
Telefon +49 3461 43-9103
daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de

- Biotechnologische Verfahren
- Chemische Verfahren
- Vorbehandlung und Fraktionierung nachwachsender Rohstoffe

**BIO-, ELEKTRO- UND CHEMOKATALYSE
BIOCAT, Institutsteil Straubing**



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



Dr. Michael Hofer
Telefon +49 9421 187-354
michael.hofer@igb.fraunhofer.de

- Biokatalyse – Katalysatordesign und Prozessentwicklung
- Chemische Katalyse und Elektrochemie – Katalysatordesign und Prozessentwicklung

**PHYSIKALISCHE
PROZESSTECHNIK**



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



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

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

**UMWELTBIOTECHNOLOGIE
UND BIOVERFAHRENSTECHNIK**



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



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

- Technische Mikrobiologie
- Bioverfahrenstechnik in der Wasser- und Kreislaufwirtschaft
- Zentrale Analytik (akkreditiert)

**ZELL- UND
TISSUE ENGINEERING**



In-vitro-Testsysteme
Sibylle Thude
Telefon +49 711 970-4152
sibylle.thude@igb.fraunhofer.de



Attract-Gruppe
Jun. Prof. Peter Loskill
Telefon +49 711 970-3531
peter.loskill@igb.fraunhofer.de

- In-vitro-Testsysteme und Implantate
- Attract-Gruppe »Organ-on-a-Chip«

VERNETZUNG

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 in Stuttgart und Tübingen 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 und Leuna konnten wir unser wissenschaftliches Netzwerk auch auf Standorte außerhalb Stuttgarts und der Region ausdehnen.

Das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP an der Universität Stuttgart ist dem Fraunhofer IGB durch zahlreiche Lehrtätigkeiten und einen gemeinsamen Betrieb besonders eng verbunden. Darüber hinaus sind wir mit zahlreichen weiteren Universitäten und Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Kliniken vernetzt.

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

Das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP der Universität Stuttgart widmet sich der interdisziplinären sowie fachübergreifenden Forschung und Lehre im Wirkungsfeld von Materialwissenschaften (Materials Science), Lebenswissenschaften (Life Sciences), Verfahrenstechnik (Process Engineering) und Plasmatechnologie (Plasma Sciences). Das IGVP gehört zur Fakultät 4 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und ist in der Forschung in die Abteilungen »Grenzflächenverfahrenstechnik« und »Plasma- und Mikrowellentechnik« strukturiert. Dem Institut stehen sowohl auf dem Campus der Universität als auch am Fraunhofer IGB sehr gut ausgestattete Labor- und Technikräume zur Verfügung. Die enge Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IGB ermöglicht die Durchgängigkeit der Forschung von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung. Das Forschungsbudget 2017 betrug 2,64 Mio €. Ende 2017 arbeiteten 76 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon 27 Doktorandinnen und Doktoranden am Institut. 40 Studierende haben ihre Abschlussarbeit (Master-/Bachelor-Arbeit) am IGVP angefertigt.

Kontakt

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart
Fax +49 711 970-4006 | www.igvp.uni-stuttgart.de



apl. Professor Dr. habil. Günter Tovar
Institutsleiter (kommissarisch)
Telefon +49 711 970-4109
guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de



Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen

Fachlich verwandte Fraunhofer-Institute organisieren sich in Verbünden, 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 auch 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 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 »Seltene Erden« und »Strom als Rohstoff« beteiligt und hat erfolgreich an den im letzten Jahr abgeschlossenen Leitprojekten »Theranostische Implantate« und »E³-Produktion« mitgewirkt.

Weitere Informationen zu Netzwerken des IGB:

www.igb.fraunhofer.de/netzwerk



Weitere Informationen zu Netzwerken des CBP:

www.cbp.fraunhofer.de/netzwerk



HIGHLIGHTS 2017

PROJEKTE

Stuttgart bekommt Leistungszentrum »Mass Personalization« – Personalisierte Produkte zum günstigen Preis

1

Im Oktober gab Baden-Württembergs Wirtschaftsministerin Nicole Hoffmeister-Kraut den Start des Leistungszentrums als gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Institute IPA, IGB, IBP und IAO, der Universität Stuttgart und zahlreicher Industriepartner aus der Region bekannt. Das Zentrum erforscht interdisziplinär und branchenübergreifend Methoden, Verfahren, Prozesse, Produktsysteme und Geschäftsmodelle zur Herstellung personalisierter Produkte.

Das Konzept »Mass Personalization« umschreibt eine Neuausrichtung der Produktentstehung, die vom Aufbau eines ganzheitlichen Nutzerverständnisses bis zur nahtlosen Umsetzung in personalisierten Produkt- und Dienstleistungsinnovationen führen – mit Kosten, die kaum höher sind als die von Massenprodukten. Die Projektlaufzeit beträgt 2,5 Jahre mit einem Gesamtprojektvolumen von 12,5 Mio €. Neben dem Land Baden-Württemberg beteiligt sich auch Fraunhofer mit 2,5 Mio €.

Die Prozesskette zur »Mass Personalization« wird in drei Pilotprojekten zu jeweils konkreten Anwendungsszenarien aus den Bedürfnisfeldern Gesundheit, Mobilität und Wohnen bearbeitet. Das Fraunhofer IGB und sein Partnerinstitut IGVP an der Universität sind in zwei dieser Pilotprojekte involviert. Im Themengebiet »Personalisierte biomechanische Assistenzsysteme« forschen das IGVP und IGB gemeinsam an neuartigen Implantatmaterialien. Deren Oberflächen sollen mithilfe additiver Fertigungsverfahren wie dem Inkjet-Druck mit funktionalen Eigenschaften ausgestattet werden.

Das Pilotprojekt »Personalisierte therapeutische Produkte« beschäftigt sich mit Konzepten und der Umsetzung von Qualitätssicherung, Logistik und Produktionstechnologien in der »Mass Personalization«-Prozesskette. Hier arbeiten IGVP und IGB eng zusammen, um z. B. ein neuartiges Nachweissystem für Mikroorganismen und deren entzündungsauslösende Bestandteile zu entwickeln. Das System soll auf Basis menschlicher Immunrezeptoren funktionieren und ohne einen zeitlich und apparativ aufwendigen Bluttest auskommen. Weitere Arbeiten fokussieren auf eine schnelle und qualitätsgesicherte Probennahme bei Patienten sowie auf die schnellere tierversuchsfreie Diagnostik durch Organ-on-a-Chip-Systeme.

ZIM-Kooperationsnetzwerk PerFluSan Perfluorierte Tenside – Neue Sanierungsverfahren und Alternativen

Im November 2017 nahm das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand geförderte ZIM-Kooperationsnetzwerk »PerFluSan« seine Arbeit auf. Das von ifectis Innovationsförderung koordinierte Netzwerk, das derzeit aus acht KMU und sechs Forschungseinrichtungen besteht, verfolgt zwei zentrale Ziele: Zum einen sollen neue, wirksame Sanierungsverfahren für mit perfluorierten Tensiden (PFT) kontaminierte Böden und Abwässer entwickelt werden. Gleichzeitig sollen Alternativen zu PFT-haltigen Löschmitteln erforscht werden, um den Schadstoffeintrag in die Umwelt zu unterbinden. In der Brandbekämpfung ist man heute noch auf den Einsatz fluorhaltiger Löschmittel angewiesen.



1

MENSCHEN

Ivan Tolpe Award für Dr. Jennifer Bilbao

Am 9. Februar 2017 erhielt Dr. Jennifer Bilbao den Ivan Tolpe Award für ihre Arbeiten im Rahmen des EU-Verbundprojekts BioEcoSIM. Die Auszeichnung wird alle zwei Jahre vom Flemish Coordination Centre for Manure Processing für richtungweisende Innovationen in der Gülleverarbeitung vergeben. Als BioEcoSIM-Projektkoordinatorin nahm die IGB-Wissenschaftlerin den Preis im belgischen Gent entgegen. Innerhalb des Projekts entwickelten 14 Projektpartner aus vier europäischen Ländern einen neuartigen Prozess zur Herstellung von Düngern und Bodenverbesserern aus Gülle.

Top-Nachwuchswissenschaftlerin: Auszeichnungen für Dr. Svenja Hinderer

2017 war ein sehr erfolgreiches Jahr für IGB-Wissenschaftlerin Dr. Svenja Hinderer: Für ihre Forschung an einer neuartigen künstlichen Herzklappe wurde die Expertin für Biomaterialien in gleich zwei renommierte Bestenlisten gewählt. Im Juni nahm sie das Innovatorenmagazin »Technology Review« in seine Liste der zehn »Innovatoren unter 35« auf. Mit dieser Auszeichnung würdigt die Zeitschrift herausragende Nachwuchsforscherinnen und -forscher in den Bereichen Natur-, Ingenieur- und Computerwissenschaften. Die zweite Ehrung erfolgte im November: Das Capital-Magazin wählte Hinderer in seine diesjährige »Top 40 unter 40«. In diese Bestenliste der jungen Elite Deutschlands werden besonders herausragende Talente aus den Bereichen Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft aufgenommen.

Dr. Susanne Bailer erhält Professur an der Universität Stuttgart

Mit der Ernennung zur außerplanmäßigen Professorin würdigt die Universität Stuttgart die engagierte Lehr- und Forschungsarbeit von Dr. Susanne Bailer. Nach ihrer Habilitation an der Universität des Saarlandes im Fachbereich Biochemie und Molekularbiologie und nach einer Zwischenstation an der Ludwig-Maximilians-Universität München kam die Wissenschaftlerin 2012 als Privatdozentin an die Universität Stuttgart und ans Fraunhofer IGB. An beiden Instituten ist sie seither sehr erfolgreich als Gruppenleiterin tätig. An der Universität Stuttgart lehrt sie vornehmlich in den Themenbereichen Human- und Tierpathogene Viren sowie Infektionsbiologie. Am Fraunhofer IGB widmet sie sich der Entwicklung und Anwendung von Technologien zur Diagnostik von Infektionserregern. Ein weiterer Fokus ist das Virus-Engineering zur Entwicklung einer Virus-Immuntherapie von Krebs.



INTERNATIONAL

EU-Projekte

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 € Förderung von 2014 bis 2020. Im Jahr 2017 erhielt das Fraunhofer IGB die Zusage zur Beteiligung an drei H2020-EU-Projekten, darunter auch ein Projekt in Koordination. Darüber hinaus erreichte uns Ende des Jahres 2017 die freudige Nachricht, dass zwei weitere Projektanträge zur Förderung ausgewählt wurden. Die Ergebnisse anderer Projektanträge sind noch ausstehend.

Neue Projekte in der Säule I »Wissenschaftsexzellenz« ORCHID

Erstmals ist das IGB an einem FET-Open-Projekt beteiligt. Bei ORCHID handelt es sich um eine Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahme, die einen Fahrplan für die Weiterentwicklung der Organ-on-a-Chip-Technologie erarbeitet. Die sechs beteiligten europäischen Forschungseinrichtungen forschen mit dem Ziel, eine europäische Infrastruktur aufzubauen, um die koordinierte Entwicklung, Produktion und Implementierung von Organ-on-a-Chip-Systemen zu ermöglichen.

IBISBA 1.0

Seit Oktober 2017 entwickelt das Fraunhofer IGB gemeinsam mit 15 weiteren europäischen Partnern ein Konzept für eine paneuropäische Forschungsinfrastruktur mit dem Ziel, zukünftig gemeinsam Innovationen im Bereich Industrielle Biotechnologie und Synthetische Biologie schneller voranzutreiben. Als langfristiges Ziel soll ein sogenannter europäischer »Industrial Biotechnology Innovation and Synthetic Biology Accelerator« definiert und für die erste Nutzung durch ausgewählte Industriekunden bereitgestellt werden.

Neue Projekte in der Säule II

1

»Führende Rolle der Industrie«

CO₂EXIDE

Am 1. Januar 2018 startete das vom Fraunhofer IGB koordinierte Projekt »CO₂EXIDE – CO₂-basierte Elektrosynthese von Ethylenoxid«. Es zielt auf die Entwicklung einer kombinierten elektrochemisch-chemischen Technologie zur Herstellung von Ethylenoxid aus biobasiertem CO₂ ab.

Abgeschlossene Projekte aus dem

2

7. Forschungsrahmenprogramm

Im Jahr 2017 konnten einige Projekte des 7. Forschungsrahmenprogramms erfolgreich abgeschlossen werden. Darunter unter anderem das vom Fraunhofer IGB koordinierte Projekt EnReMilk.

Ausblick

Das Fraunhofer IGB arbeitet intensiv an Projektanträgen für das letzte Arbeitsprogramm von Horizont 2020 und wird sich weiterhin als verlässlicher Partner in einer Vielzahl von EU-Projekten einbringen. Im Jahr 2018 wird zudem das erste Horizont-2020-Projekt SteamBio abgeschlossen.



Kontakt

Dipl.-Kffr. Jenny Ullrich
Telefon +49 711 970-4070
jenny.ullrich@igb.fraunhofer.de

Weitere Informationen zu den EU-Projekten des Fraunhofer IGB:

www.igb.fraunhofer.de/eu





Kiwi-Kooperation mit SCION in Neuseeland

Zusammen mit dem international renommierten New Zealand Forest Research Institute, kurz SCION, einem von aktuell acht neuseeländischen Crown-Research-Instituten, schaut das Fraunhofer IGB in eine innovative biobasierte Zukunft. Beide Einrichtungen verbindet das Ziel, Forschung und Wissenschaft effektiver und effizienter für Industrie und Gesellschaft zu gestalten. Mit einer Anschubfinanzierung aus dem neuseeländischen Catalyst Fund wollen beide Institute im Schwerpunkt Holzwirtschaft und -verarbeitung neue Ideen für die Verwertung von Baumrinde in Bioraffinerien erarbeiten und gemeinsame Forschungsvorhaben planen.

Vor der Unterzeichnung einer Kooperationsvereinbarung im Frühjahr 2017 fanden mehrere Treffen statt, in denen die Kompetenzen der beteiligten Partner analysiert und erste Ideenkonzepte erstellt wurden. SCION-Vertreter konnten die Kooperation auch dem deutschen Bundespräsidenten Frank-Walter Steinmeier vorstellen, der im Zuge einer Asienreise Neuseeland einen Staatsbesuch abstattete.

Indiens Fokus auf sauberes Wasser

3

Mit seinem Projekt »Smart Water Future India« will das Fraunhofer IGB am Beispiel der südindischen Millionenstadt Coimbatore einen nachhaltigen und intelligenten Lösungsansatz für schnell wachsende Städte erarbeiten. Dabei sollen die komplexen Herausforderungen der Stadtentwicklung als Gesamtkonzept bearbeitet und damit schon frühzeitig Konkurrenz um knappe Ressourcen reduziert werden. Ein Projektziel ist die Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen für städtische Entscheider, um dadurch die Situation in Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nachhaltig verbessern zu können. Ein weiteres Ziel ist es, deutschen Unternehmen der Wasserbranche den Zugang zum indischen Markt zu ermöglichen und die Weichen für langfristige Partnerschaften zwischen deutschen und indischen Firmen zu stellen. Die Nachhaltigkeit

des Projektes soll durch einen »Water Innovation Hub« in Coimbatore gewährleistet werden. Das Projekt wird seit Anfang Oktober durch das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUMB) gefördert.

Nach Nachwuchswissenschaftler gehen nach »Down Under«

Wissenschaft und Forschung sind international. Dafür war den Nachwuchswissenschaftlern Ilka Mühlemeier und Felix Derwenskus, die beide am IGVP der Universität Stuttgart promovieren, kein Weg zu weit. Beide nutzten ihre Stipendien aus dem Graduiertenprogramm »BBW ForWerts«, Teil des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg, zu einem fünföchigen Studienaufenthalt an der University of Queensland in Australien. Entsprechend ihrer Forschungsschwerpunkte besuchten sie verschiedene Forschungsinstitute, wo sie zusammen mit ihren Fachkollegen vor Ort auch Ideen für zukünftige gemeinsame Projekte ausloten konnten.

Mühlemeier war zu Gast an der »School of Civil Engineering« und vertiefte dort ihre Expertise der technischen Mikrobiologie durch die Zusammenarbeit mit Dr. James Strong, der an der University of Queensland ebenfalls auf dem Gebiet der methanotrophen Bakterien forscht. Derwenskus besuchte in Brisbane die »School of Agriculture and Food Sciences«. Dort tauschte er sich mit internationalen Kolleginnen und Kollegen in der Arbeitsgruppe für Algenbiotechnologie unter Leitung von Prof. Peer Schenk über die Kultivierung von Mikroalgen aus, mit deren Hilfe sich u. a. chemische Grundstoffe für die Pharma-, Nahrungsmittel-, Futtermittel- und Kosmetikindustrie herstellen lassen.



Kontakt

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



MESSEN UND VERANSTALTUNGEN

So breit gefächert die Forschungsthemen des Fraunhofer IGB, so vielfältig sind auch die Messen und Veranstaltungen, bei denen sich das Institut präsentiert, um den Technologietransfer in die Praxis voranzutreiben. Wir stellen eine Auswahl an Veranstaltungen vor, die das Fraunhofer IGB ausgerichtet oder an denen sich das Institut beteiligt hat.

Wissenschaft und Kunst im Dialog: Wasser – Ressource des Lebens

Das Wissenschaftsjahr 2016/17 stand unter dem Motto »Unsere Meere und Ozeane«. Die Fraunhofer-Gesellschaft griff diesen Leitgedanken auch in der Veranstaltungsreihe »Wissenschaft und Kunst im Dialog« auf. So diskutierten die Teilnehmenden der Veranstaltung am 13. März 2017 in der Fraunhofer-Zentrale in München über das Thema »Wasser – Ressource des Lebens«. Fraunhofer-Wissenschaftler, darunter die IGB-Abteilungsleiterin Dr. Ursula Schließmann, und der Künstler Stefan Wischnewski tauschten sich dabei zu ökologischen Aspekten im Umgang mit unseren Weltmeeren aus.

Wirtschaft trifft Wissenschaft: Industrielle Prozesswasseraufbereitung und Abwasserreinigung

Das Fraunhofer IGB bietet eine breite Palette an Technologien zur Behandlung von chemisch und biologisch belasteten Prozessabwässern aus verschiedensten Industriebereichen an. Im Rahmen der Veranstaltungsreihe »Potenziale – Wirtschaft trifft Wissenschaft« der IHK Region Stuttgart zeigten IGB-Experten am 10. Mai 2017, wie biologische und chemisch-physikalische Verfahren sowie Adsorptions- und Membranprozesse für unterschiedliche Anwendungen entwickelt, optimiert

und kombiniert werden. Anhand von praxisnahen Beispielen konnten sie dabei aufzeigen, wie Wasser effizienter und wirtschaftlicher aufbereitet werden kann.

Einweihung Technikumgebäude: 1 + 2 Raum für Skalierung in industrienahen Maßstab

Die Skalierung von Prozessen ist für ein verfahrenstechnisch orientiertes Institut wie das IGB ein zentrales Anliegen. Nach mehrjähriger Bauzeit konnten das Fraunhofer IGB und das Fraunhofer IPA zum Jahresbeginn ihr neues gemeinsames Technikumgebäude beziehen. In dem modernen Neubau befinden sich nun Labors und Technika, in denen das IGB in den Bereichen Lebensmittel- und Medizintechnik sowie Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung forscht und entwickelte Verfahren im industrienahen Maßstab darstellen kann. Für den Forschungsstandort Stuttgart stellt Fraunhofer somit weitere wichtige Infrastrukturen bereit, um auch künftig Innovationen für die Region, das Land Baden-Württemberg, Deutschland und Europa voranzutreiben. Nach dem abgeschlossenen Einzug wurde das Gebäude im Sommer mit einem Festakt offiziell eingeweiht.

20. Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung »Technologie mit Zukunft«

Bereits zum 20. Mal richtete das Fraunhofer IGB im Oktober 2017 sein Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung aus. Unter dem Motto »Technologie mit Zukunft« sprachen hier Experten des IGB und von Forschungspartnern über die neuesten Entwicklungen in der Abwassertechnik, z. B. über Aspekte wie Energieeffizienz von Kläranlagen oder neue



Möglichkeiten zur Nutzung des gereinigten Wassers und von entstandenem Biomethan. Insbesondere stand das Trendthema »Wasser 4.0« im Fokus, also das Potenzial der Digitalisierung in der Wasserwirtschaft.

OpenDay bei Schwarzwaldmilch: Energie sparen mit Mikrowellen

Zusammen mit Partnern aus Forschung und Industrie hat das Fraunhofer IGB an einer neuen Technologieplattform geforscht, um hochviskose Milchprodukte mittels Mikrowellen vorzuwärmen. Im November 2017 konnte das Konsortium die im Projekt entwickelte Versuchsanlage mit einer Live-Demonstration Interessenten aus der Lebensmittelindustrie vorführen. Da der Einsatz der Mikrowellentechnologie das Fouling und den Reinigungsaufwand in Pasteurierungsanlagen deutlich reduziert, können Zeit, Energie, Wasser und Kosten eingespart werden. Die Präsentation erfolgte im Rahmen eines »Open Day« im Offenburger Werk der Schwarzwaldmilch GmbH, die als Projektpartner an der Entwicklung beteiligt war.

Phosphor – Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft 3

Beim jährlichen Phosphorkongress Baden-Württembergs geht es um die technischen Möglichkeiten und Marktmechanismen für das Recycling von Phosphor aus Abwasser, Klärschlamm und Klärschlammasche. Im November 2017 konnten die Kongressbesucher zudem an einer Fachexkursion an das Fraunhofer IGB teilnehmen. Nach der Präsentation verschiedener Anlagen und Konzepte zur Abwasserreinigung und Rückgewinnung von Nährstoffen in Stuttgart, besichtigten die Teilnehmer die am IGB entwickelte PhosKa-Pilotanlage zur Phosphor-Rückgewinnung aus Gülle beim Projektpartner im fränkischen Kupferzell.

Aktuelle Messen

Wir freuen uns auf Ihren Besuch an unserem Stand.

Analytica

10. – 13. April 2018, München

Leuna-Dialog

26. April 2018, Leuna

IFAT

14. – 18. Mai 2018, München

ACHEMA

11. – 15. Juni 2018, Frankfurt am Main

PSE

17. – 21. September 2018, Garmisch-Partenkirchen

parts2clean

23. – 25. Oktober 2018, Stuttgart

formnext

13. – 16. November 2018, Stuttgart

Internationale Grüne Woche/nature.tec

18. – 27. Januar 2019, Berlin

Energy Storage

12. – 14. März 2019, Düsseldorf

**Weitere Informationen und
aktuelle Veranstaltungen:**

www.igb.fraunhofer.de/messen





NACHWUCHSFÖRDERUNG

Fraunhofer forscht im Auftrag der Zukunft. Um dieses Ziel zu erreichen wollen wir heute schon sicherstellen, dass auch in Zukunft kluge Talente ihr Wissen und ihre Fähigkeiten bei Fraunhofer einbringen. Das Fraunhofer IGB und das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart engagieren sich intensiv für die Nachwuchsförderung und boten 2017 wieder zahlreiche Veranstaltungen an, um junge Menschen für eine Karriere bei Fraunhofer zu begeistern. Das Ziel ist, bei Schülerinnen und Schülern schon früh ein Interesse für MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) zu wecken und Studierenden berufliche Perspektiven in der angewandten Forschung zu eröffnen.

Fraunhofer Talent School

1

Im März 2017 ermöglichte es die Fraunhofer Talent School Schülerinnen und Schülern ab 15 Jahren, einen intensiven Einblick in die Arbeitswelt von Forscherinnen und Forschern bei Fraunhofer zu erhalten. Im Rahmen der Talent School bieten die Stuttgarter Institute jedes Jahr dreitägige Workshops an, in denen sich die Gäste selbst in verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten versuchen können. Das Hauptaugenmerk liegt dabei stets auf der Praxisnähe. Das Fraunhofer IGB beteiligte sich mit dem Workshop »CSI Stuttgart«: Dabei stellte die Arbeitsgruppe Funktionelle Genomanalysen der Abteilung Molekulare Biotechnologie die Schülerinnen und Schüler vor die Aufgabe, einen spannenden Kriminalfall zu lösen. Mithilfe von Speichelproben der Verdächtigen durften die 10 Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine molekulare Charakterisierung durchführen, um einen genetischen Fingerabdruck zu erstellen, der die Überführung des Täters ermöglicht.

www.stuttgart.fraunhofer.deltalents

Girls' Day

Der Girls' Day ist ein bundesweiter Aktionstag, der junge Mädchen und Frauen dazu ermutigen soll, eine Karriere in MINT-Berufen anzustreben, die einst als klassische Männerdomänen galten. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hatte den Girls' Day bereits 2001 ins Leben gerufen, um solche Vorurteile zu bekämpfen und Hemmnisse abzubauen, damit Mädchen ihr eigenes Potenzial erkennen und voll entfalten können. Das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart hat diese Initiative schon früh unterstützt und lädt seit 2003 Schülerinnen im Alter von 10 bis 16 Jahren auf den Stuttgarter Fraunhofer-Campus ein. Dort öffnen die Institute seither jedes Jahr ihre Labors und Arbeitsräume für die Besucherinnen, um ihnen einen Einblick in die verschiedenen Forschungsgebiete zu gewähren. In diesem Jahr bot das Fraunhofer IGB zwei Führungen zu den Themen »Plasmatechnologie« und »Tissue Engineering – maßgeschneiderte Gewebe aus dem Labor« an.

www.stuttgart.fraunhofer.de/girlsday



2

BOGY – Berufs und Studienorientierung am Gymnasium

Kurzpraktika im Rahmen der »Berufsorientierung am Gymnasium«, kurz BoGy, sollen Schülerinnen und Schülern helfen, einen für sie passenden Berufsweg zu finden. Auch am Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart nehmen die Institute jedes Jahr mehrere BoGy-Praktikanten bei sich auf. Das Ziel ist, junge Menschen schon frühzeitig für eine Karriere in der Wissenschaft zu motivieren. Fraunhofer wendet sich dabei an Schülerinnen und Schüler mit ausgeprägtem Interesse an naturwissenschaftlichen und technischen Themen. Im Jahr 2017 waren insgesamt 14 Schülerinnen und Schüler für jeweils eine Woche zu Gast am Fraunhofer IGB.

www.stuttgart.fraunhofer.de/bogy

Bildungspartnerschaft mit Hegel-Gymnasium

Wenn es darum geht, junge Menschen schon früh für Berufe in der Wissenschaft zu begeistern, engagiert sich das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart auch auf lokaler Ebene. Seit 2015 besteht deswegen eine Bildungspartnerschaft zwischen dem Institutszentrum und dem Hegel-Gymnasium in Stuttgart-Vaihingen. Mit gemeinsamen Aktionen und Institutsbesuchen sollen den Schülerinnen und Schülern Berufs- und Karriereperspektiven in der anwendungsorientierten Forschung nahegebracht werden. So besuchten am 19. Juli 2017 elf Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 10 das Fraunhofer IGB und nahmen dort an einem praxisorientierten Workshop zum Thema »Nachwachsende Rohstoffe« teil.

Fraunhofer Wissenschaftscampus Stuttgart

2

Der Fraunhofer Wissenschaftscampus ist eine mehrtägige Informationsveranstaltung für Studentinnen und Absolventinnen in MINT-Studienfächern, die jährlich an wechselnden Fraunhofer-Standorten stattfindet. Im September 2017 war Stuttgart an der Reihe. Der Wissenschaftscampus richtet sich

speziell an weibliche Nachwuchskräfte in naturwissenschaftlichen und technischen Fächern. Die Teilnehmerinnen erhalten tiefe Einblicke in die Forschungsarbeit sowie wertvolle Angebote zur Stärkung ihrer persönlichen und fachlichen Kompetenzen. Neben Vorträgen und Diskussionen standen auch praxisbezogene Workshops auf dem Programm. Am Fraunhofer IGB absolvierten 12 Studentinnen einen eintägigen Workshop zum Thema »Forschungsfeld Gesundheit«.

www.fraunhofer.de/wissenschaftscampus

Duale Ausbildung am Fraunhofer IGB

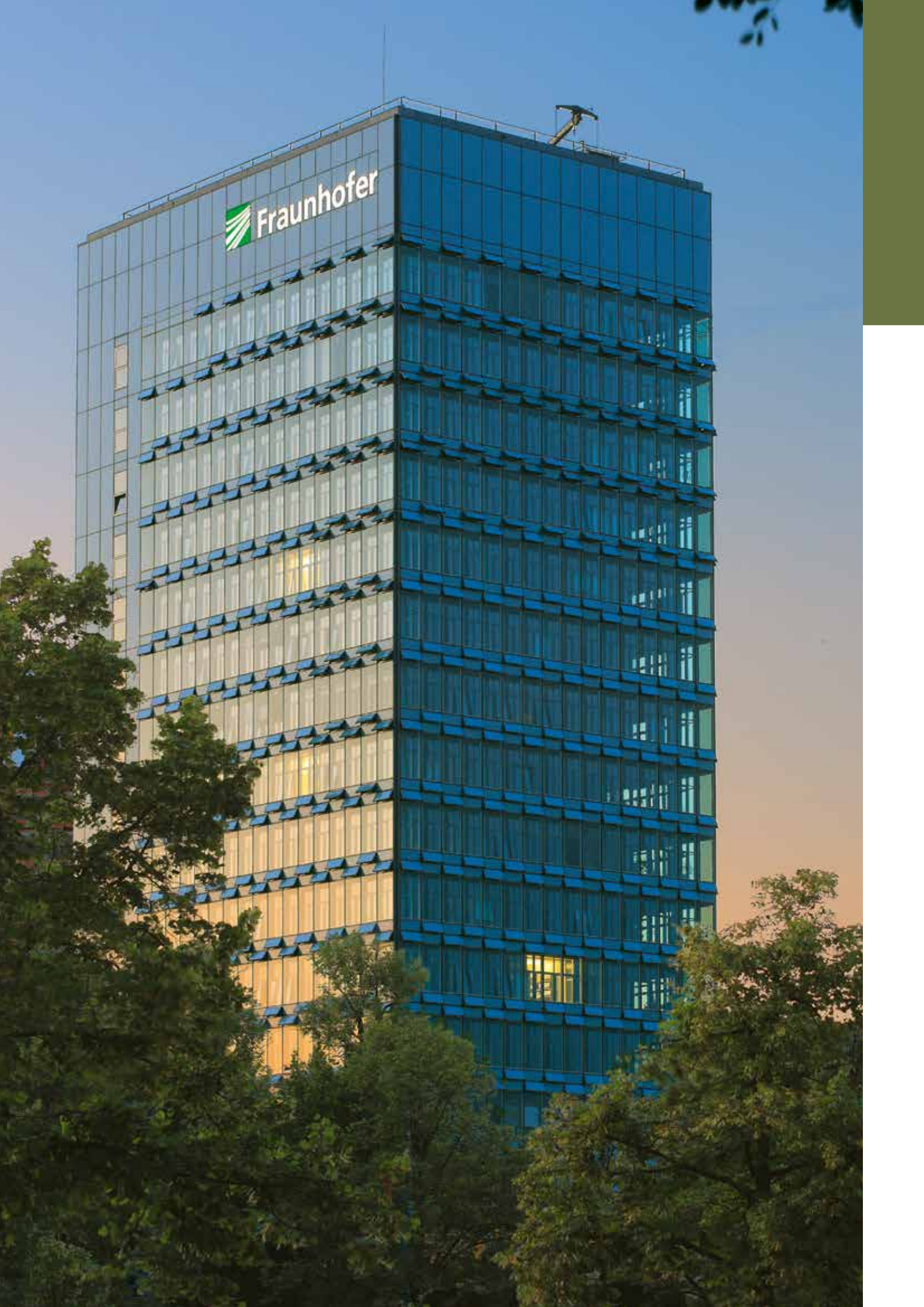
Neben der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses engagiert sich Fraunhofer auch in hohem Maße für die nicht-universitäre Ausbildung. Deswegen bildet das Fraunhofer IGB junge Frauen und Männer in verschiedenen Ausbildungsberufen aus. Zum Jahresende 2017 waren am Fraunhofer IGB und seinem Partnerinstitut IGVP an der Universität Stuttgart insgesamt 19 Auszubildende beschäftigt. Im wissenschaftlichen Bereich sind diese als Biologie- und Chemielaboranten tätig, in der Verwaltung entweder als Fachinformatiker oder als Kaufleute für Büromanagement. Im Rahmen ihrer dualen Ausbildung durchlaufen diese Nachwuchskräfte neben der Berufsschule mehrere Stationen am Institut, sodass sie die verschiedenen Arbeitsbereiche einer Forschungseinrichtung kennenlernen können. Auf diese Weise erwerben sie die notwendigen Qualifikationen für eine spätere Karriere in der Forschung oder der Industrie. Auch wenn sich die Auszubildenden im Anschluss an ihre Ausbildung für ein Studium entscheiden, werden sie vom Institut darin unterstützt.

www.igb.fraunhofer.de/ausbildung

Weitere Informationen zu Ausbildung und Nachwuchsförderung:

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 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Mrd €. Davon fallen knapp 2 Mrd € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 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 2018

www.fraunhofer.de



Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft

Werkstoffoberflächen oder innere Grenzflächen müssen häufig andere Eigenschaften aufweisen als sie das Material im Volumen besitzt. 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

Molekulare Biotechnologie

Die Biologisierung der Industriegesellschaft ist einer der wichtigen Trends des 21. Jahrhunderts. Mit neuen Sequenzierungstechnologien, 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



Kontakt

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



Kontakt

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



Physikalische Prozesstechnik

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

Kompetenzen

- Thermo-chemische Wärmespeicherung (adsorptiv und absorptiv)
- Verdampfung und Trocknung mit überhitztem Dampf unter Gewinnung volatiler Fraktionen
- Zellaufschluss und Extraktion mit Hochdrucktechnik
- Chemisch-physikalische Wasseraufbereitung (mechanisch, elektrolytisch, photolytisch)
- Elektrolytische und photolytische Synthese
- Elektrophoretische Stofftrennung
- Primäre/sekundäre Stoffgewinnung
- Prozesse und Verfahren zur Rückgewinnung von organischen und anorganischen Stoffen für die Landwirtschaft
- Stabilisierung flüssiger Lebensmittel und biogener Produkte
- Integration der Technologien in kundenspezifische Prozesse
- Konstruktion, Bau und Betrieb von Demonstratoren



Kontakt

Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Telefon +49 711 970-3643

siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik

Die Schwerpunkte der Abteilung liegen in der Entwicklung (bio-)verfahrenstechnischer Prozesse entlang der Wertschöpfungsketten in den Bereichen Wassermanagement, Abwasserreinigung, 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. Bei der Gestaltung industrieller Prozesse sind für uns vor allem die Aspekte der Ressourcen- und Energieeffizienz sowie integrative Bioraffinerie-Konzepte im Sinne der Bioökonomie von Bedeutung.

Kompetenzen

- Prozessentwicklung in Bioreaktoren vom Labor- bis zum Pilot- und technischen Maßstab
- Entwicklung und Betrieb von Demonstrationsanlagen (Reallabore) 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)



Kontakt

Dr.-Ing. Ursula Schließmann

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 Fokus ist, aussagefähige humane Testsysteme als Ersatzmethoden für Tierversuche zu etablieren. So nutzen wir für die Kosmetika- und Wirkstoffentwicklung humane primäre Zellen sowie adulte 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 und induziert-pluripotenten Stammzellen (iPS-Zellen) zum Aufbau dreidimensionaler Gewebemodelle
- Patentierte, humanes 3D-Hautäquivalent
- Mikrofluidische Organ-on-a-Chip-Systeme
- Akkreditierte Prüfung der Zytotoxizität nach DIN ISO 10993-5
- Akkreditierte Prüfung der Phototoxizität kosmetischer Substanzen
- Entwicklung und Modifizierung von Biomaterialien (gemeinsam mit Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft)

Kontakt



In-vitro-Testsysteme
Sibylle Thude
 Telefon +49 711 970-4152
sibylle.thude@igb.fraunhofer.de



Attract-Gruppe »Organ-on-a-chip«
Jun. Prof. Peter Loskill
 Telefon +49 711 970-3531
peter.loskill@igb.fraunhofer.de

Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat, Institutsteil Straubing

Im Institutsteil BioCat stehen 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. Daneben erarbeitet BioCat neue katalytische Verfahren zur Herstellung längerketziger Kohlenwasserstoffe, um Überschussstrom 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)

Kontakt

Fraunhofer IGB
Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat,
Institutsteil Straubing
 Schulgasse 11a | 94315 Straubing
www.biocat.fraunhofer.de



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

Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP, Institutsteil Leuna

Das Fraunhofer 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. Durch die Bereitstellung von Infrastruktur und flexibel einsetzbaren Technikumsanlagen sowie hochqualifiziertem Personal schließt das CBP die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung und ermöglicht Partnern aus Forschung und Industrie, Prozesse 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
- Kultivierung von Mikroalgen in automatisierten Gewächshaus- und Freilandanlagen mit einem Gesamtvolumen der Photobioreaktoren von 11,7 m³
- 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

Kontakt

Fraunhofer CBP

Am Haupttor | Tor 12, Bau 1251 | 06237 Leuna
www.cbp.fraunhofer.de



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



AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE 2017

26

Fraunhofer-interne Projekte

4

Fraunhofer-Leitprojekte

55

von Bundesministerien geförderte Projekte

11

von Bundesländern geförderte Projekte

201

Projekte

10

Projekte mit Universitäten und Kommunen oder von Stiftungen gefördert

26

EU-Projekte

69

Industrieprojekte



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 organoider 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. Darüber hinaus stellen wir Algeninhaltsstoffe mit antioxidativer oder entzündungshemmender Wirkung bereit.

Technologieplattform

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.

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.

Lebensmittel und Kosmetik

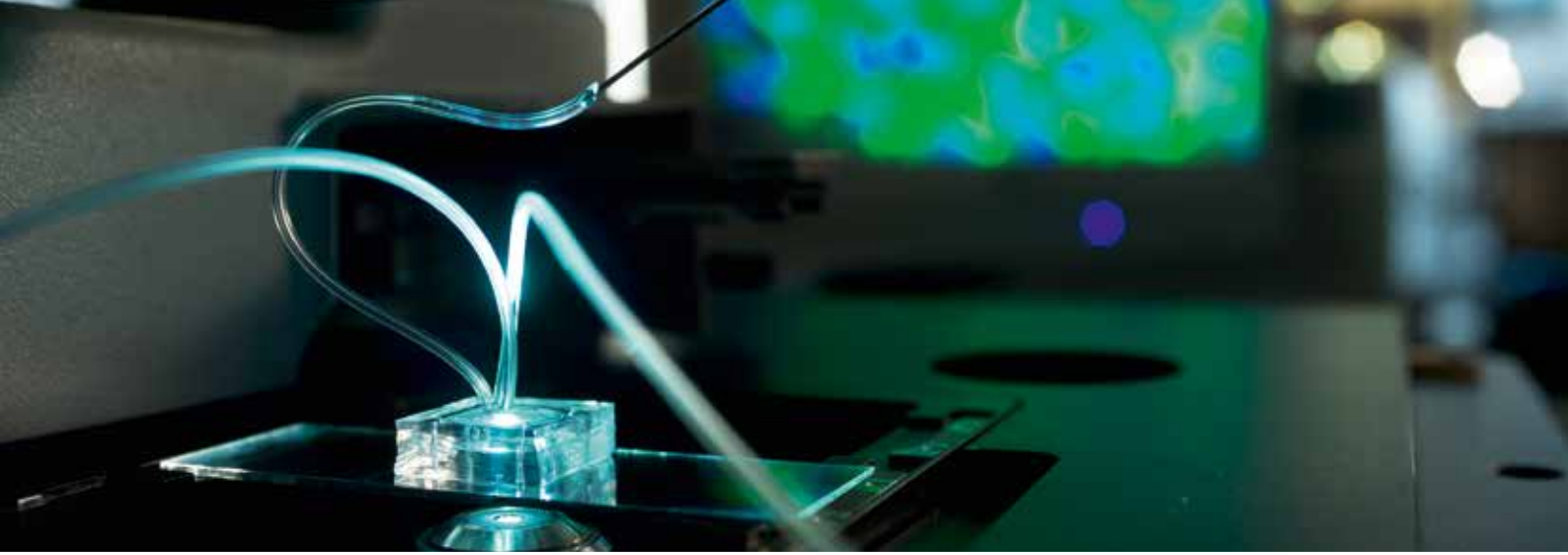
Zwischenprodukte der Agrar- und Lebensmittelproduktion enthalten mitunter wertvolle Inhaltsstoffe, die häufig noch ungenutzt bleiben. Um funktionelle Inhaltsstoffe wirtschaftlich und produktschonend abzutrennen, entwickeln wir Verfahren zur Extraktion und Fraktionierung mittels Hochdrucktechnik in Kombination mit der Druckwechseltechnik (PCT) sowie elektrophoretische und mechanische Trennverfahren für die Aufreinigung der Inhaltsstoffe. Für die Produktion von Mikroalgeninhaltsstoffen mit antioxidativen oder entzündungshemmenden Eigenschaften – beispielsweise Omega-3-Fettsäuren (EPA) und Carotinoiden wie Fucoxanthin, Lutein oder Astaxanthin – entwickeln wir Extraktionsverfahren mit überkritischen Fluiden und Hochdruckflüssigextraktion. Zudem erarbeiten wir neue physikalische Verfahren zur Stabilisierung und Konservierung von Lebensmitteln, Kosmetika und Arzneistoffen sowie pflanzlichen Extrakten. Da Verfahren wie die Druckwechseltechnik bei niedrigen Temperaturen arbeiten, wird die biologische Funktion wertvoller Inhaltsstoffe, etwa von Vitaminen, nicht beeinträchtigt. Für die energieeffiziente Trocknung von Lebens- und Futtermitteln mit überhitztem Wasserdampf erarbeiten wir in unseren Demonstrationsanlagen optimierte Verfahren.

Wirkstoffentwicklung

Häufig liegt die Ursache einer Erkrankung in einem fehlerhaften Zusammenspiel körpereigener Moleküle, etwa aufgrund veränderter Rezeptoren oder Enzyme, denen in den zellulären Signalketten oder Stoffwechselwegen eine entscheidende Rolle zukommt. Mit verschiedenen Screening-Systemen, von einfachen zellbasierten Assays bis hin zu komplexen humanen Gewebemodellen mit Komponenten des Immunsystems können wir das Zusammenspiel unterschiedlicher Zelltypen, z. B. bei Autoimmunerkrankungen wie Psoriasis oder Dermatitis, aber auch Wirt-Pathogen-Interaktionen auf molekularer Ebene analysieren, um neue Zielstrukturen für die Entwicklung von Antibiotika oder zur Unterstützung der eigenen Immunabwehr zu identifizieren.

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 und die Aussagekraft präklinischer Resultate erhöhen können.

Zudem erarbeiten wir Verfahren zur Herstellung von Pharmaproteinen: von der Etablierung neuer Expressionsvektoren, über die Stammentwicklung bis hin zur Aufreinigung der Pharmazeutika.



ANGEBOTE FÜR DIE PERSONALISIERTE MEDIZIN

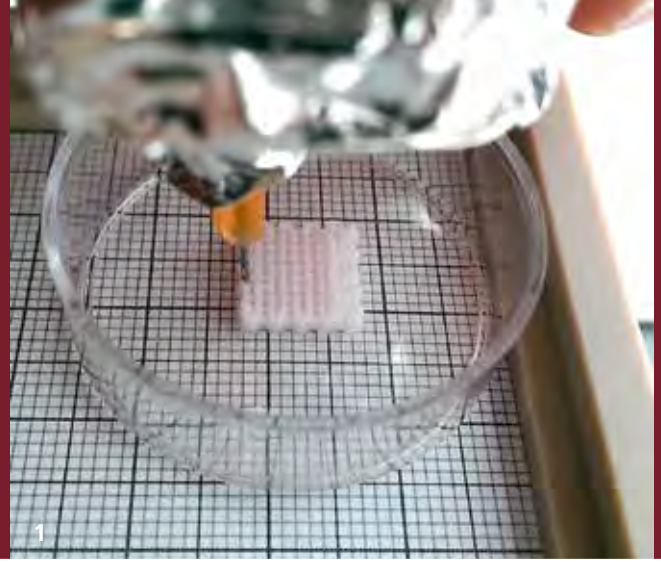
Beschichtungen und Biomaterialien für Medizintechnik und regenerative Medizin

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 elektrogesponnene, 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.

Molekulare Diagnostik

Die genaue Diagnose einer Erkrankung ist notwendige Grundlage jeder Therapie und Basis für eine personalisierte Medizin. Für einen möglichst eindeutigen Nachweis entwickeln wir am Fraunhofer IGB daher neue, molekularbiologische diagnostische Verfahren – auf Nukleinsäurebasis (diagnostische Microarrays, Nachweisverfahren mittels DNA-Hochdurchsatzsequenzierung) oder über zelluläre 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.



BIOPRINTING – GEDRUCKTE BIOMATERIALIEN BILDEN FUNKTIONALE KNOCHENGeweBE UND GEFÄSSE

Die Medizin der Zukunft ist biologisch. Um das Konzept biologischer Implantate und personalisierbarer Therapien Wirklichkeit werden zu lassen, optimieren Wissenschaftler am Fraunhofer IGB biologische Materialien für die Verarbeitung mit 3D-Druck-Verfahren

Wie das klassische Tissue Engineering verfolgt auch das Bioprinting das Ziel, biologische oder biologisch funktionelle Gewebe im Labor herzustellen. Die gedruckten In-vitro-Gewebe sollen als Testsysteme Fragen zur Wirksamkeit von Wirkstoffkandidaten beantworten und damit helfen, Tierversuche zu ersetzen oder in Zukunft als biologische Implantate geschädigte Gewebe zur Regeneration anregen oder substituieren.

»Für die Körperzellen, die wir aus Gewebe isolieren und im Labor vermehren, müssen wir dazu eine Umgebung schaffen, in der sie ihre spezifischen Funktionen auch über längere Zeit erfüllen können«, schildert Dr. Kirsten Borchers eine der Herausforderungen. Die beste künstliche Umgebung für die Zellen ist die, die den natürlichen Bedingungen im Körper möglichst nahekommt. »Die Aufgabe der Gewebematrix übernehmen in unseren gedruckten Geweben daher Biomaterialien, die wir aus den Molekülen der natürlichen Gewebematrix herstellen«, erklärt die Wissenschaftlerin.

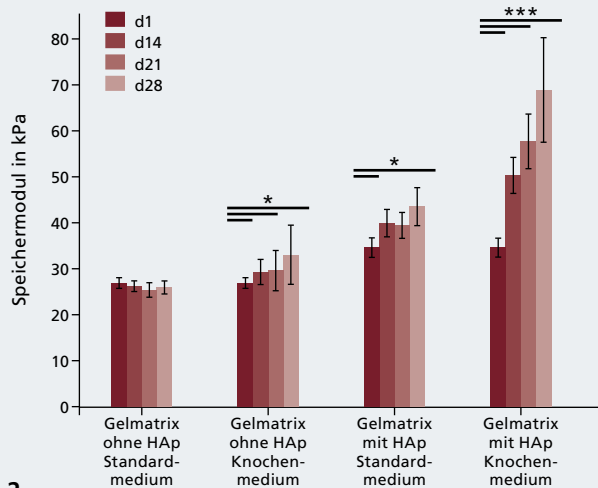
Damit die Biomaterialien mittels 3D-Druck in Form gebracht werden können, müssen aber auch ihre Fließeigenschaften an die jeweils verwendete Drucktechnik angepasst werden. Nach dem Druckprozess wird die erzeugte Struktur dann zusätzlich durch eine zellverträgliche Vernetzungsreaktion stabilisiert. Diesen Herausforderungen stellen sich Borchers und ihre Kollegen Prof. Dr. Günter Tovar und Dr. Achim Weber mit ihrem Team.

Flexible Formen und standardisierte Bedingungen durch additive Herstellung

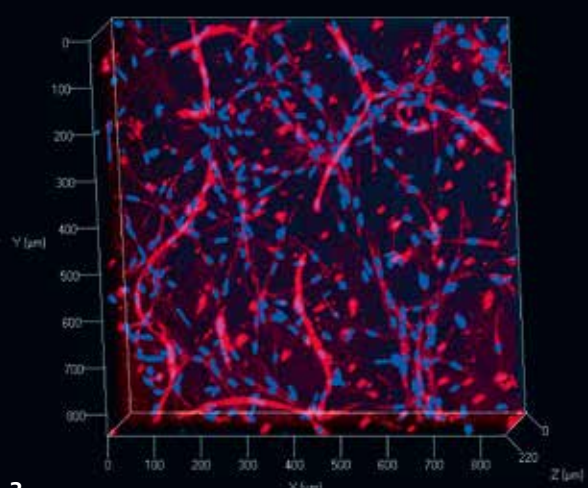
»Um im Labor Gewebe aufzubauen, die ebenso gut funktionieren wie ihre natürlichen Vorbilder, benötigen wir neben dem Biomaterial auch Herstellungsprozesse, die uns hinsichtlich der Formgebung möglichst wenig Grenzen setzen«, erläutert Borchers.

»Additive Verfahren bieten diesbezüglich große Flexibilität. Mit ihrer Hilfe lassen sich dreidimensionale Objekte, die zuvor am Computer entworfen wurden, Schicht für Schicht aufbauen«, so Weber. Die flexible Formgebung ist dabei vor allem in Hinblick auf die Vision, gedruckte biologische Implantate zu fertigen, von Bedeutung. Denn moderne bildgebende Diagnoseverfahren, die heute vielfach schon im medizinischen Alltag eingesetzt werden, können genau die digitalen 3D-Daten liefern, die für individualisierte Implantate erforderlich sind.

Borchers ergänzt: »Die additive Verarbeitung von Gewebematrix und Zellen zu Gewebemodellen bietet aber noch einen weiteren Vorteil. Automatisierung und digitale Steuerung könnten in Zukunft garantieren, dass die Fertigung unter kontrollierten und standardisierten Bedingungen erfolgen kann«.



2



3

Auf dem heutigen Stand der Technik werden 3D-Druckverfahren genutzt, um in einfach aufgebauten Gewebemodellen unterschiedliche Zellen und Biomaterialien sowie Strukturen wie Perfusionskanäle für die Versorgung der Zellen zu kombinieren. Der Forschungszweig, der sich mit dem Aufbau von biologischen Strukturen mithilfe von additiven Fertigungsverfahren befasst, wird als Bioprinting bezeichnet.

Ein Materialbaukasten mit natürlichen Biopolymeren

Typischerweise hat die Gewebematrix die Konsistenz eines stark wasserhaltigen Gels. Im Knochen sind zusätzlich mineralische Komponenten eingelagert. Damit liefert die extrazelluläre Matrix (EZM) die mechanische Stabilität von Geweben. Darüber hinaus ist die Gewebematrix aber auch an der interzellulären Kommunikation beteiligt. Diese umfassenden Funktionen sind nicht einfach durch synthetische Materialien nachzubilden.

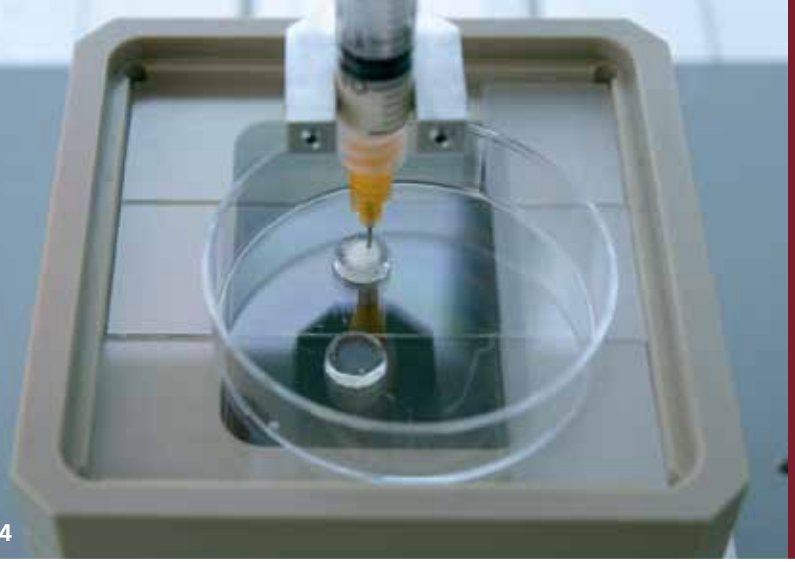
»Unser Ansatz ist daher, die aus dem Portfolio der Natur rekrutierten Biopolymere für die technische Verarbeitung zu optimieren«, sagt Borchers. Natürliche, biofunktionale Moleküle der Gewebematrix wie Gelatine, Heparin, Hyaluronsäure und Chondroitinsulfat werden am IGB chemisch mit zusätzlichen Funktionen versehen. »Durch »Maskierung« bestimmter Seitenketten der Biomoleküle können wir beispielsweise intermolekulare Wechselwirkungen reduzieren und dadurch die Viskosität und das Geliverhalten von Gelatinelösungen beeinflussen«, erklärt die Wissenschaftlerin. Andererseits können reaktive Gruppen eingefügt werden, um die Biomoleküle beispielsweise durch einen Lichtstimulus chemisch zu Hydrogelen zu vernetzen, die unter physiologischen Bedingungen

wasserunlöslich sind. Über das Verhältnis der eingeführten maskierenden Acetyl- und der reaktiven Methacrylfunktionen lassen sich sowohl das Fließverhalten der Lösungen als auch die Quelleigenschaften der vernetzten Hydrogele einstellen.

Optimierte Biotinten für biologisch funktionelle Gewebe

Die »Biotinte« ist das Biomaterial in seiner unvernetzten, druckbaren Form: Durch gezielte Variation der Zusammensetzung werden Biotinten für den Druckprozess und gleichzeitig für die Förderung gewebespezifischer Funktionen optimiert. Auf Basis des verfügbaren Materialbaukastens konnte Borchers mit ihren Kolleginnen und Kollegen bereits erfolgreich »Knochentinten« und »Vaskularisierungstinten« herstellen. Beide Biotinten sind Dispersionen aus Biomolekülen und gewebetypischen Zellen, die sich über Dispensierprozesse stabil in eine 3D-Struktur bringen lassen.

- 1 3D-Druck von Knochentinte.
- 2 Der Zusatz von Hydroxylapatit (HAp) zu Knochentinte steigert die Remodellierung der Matrix während der Kultivierung von osteogen differenzierten mesenchymalen Stammzellen.
- 3 Kapillarbildung in Vaskularisierungstinte.



Knochentinte

Die Knochentinte enthält einen Massenanteil von 13 Prozent vernetzbarer Biopolymere und als gewebespezifisches mineralisches Additiv einen Massenanteil von 5 Prozent Hydroxylapatit (HAp). Der Anteil von HAp ist so abgestimmt, dass die Vitalität der eingesetzten mesenchymalen Stammzellen und die Vernetzungsreaktion der Hydrogele nicht beeinträchtigt werden. Der Anstieg der Viskosität der Tinte aufgrund der Zugabe des HAp ist durchaus erwünscht. Durch die Wahl eines geeigneten Verhältnisses der verfügbaren Gelatinederivate mit unterschiedlichen Gelierfähigkeiten kann dann beispielsweise eine Geliertemperatur von 21,5 °C eingestellt werden. Die Knochentinte besitzt damit eine exzellente Extrudierbarkeit bei Raumtemperatur (Abb. 1).

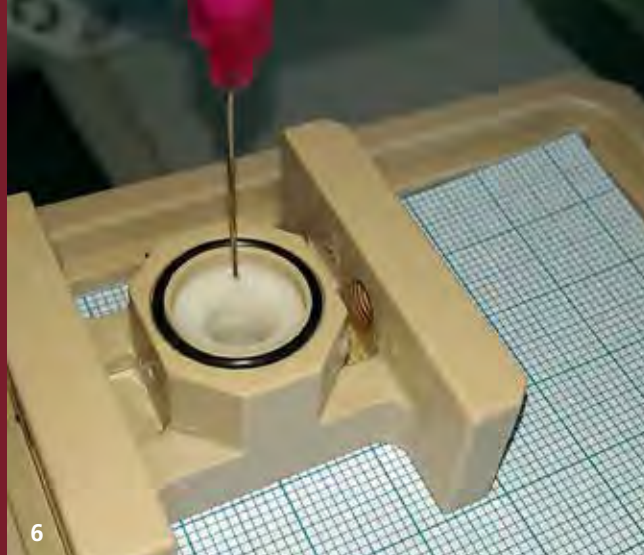
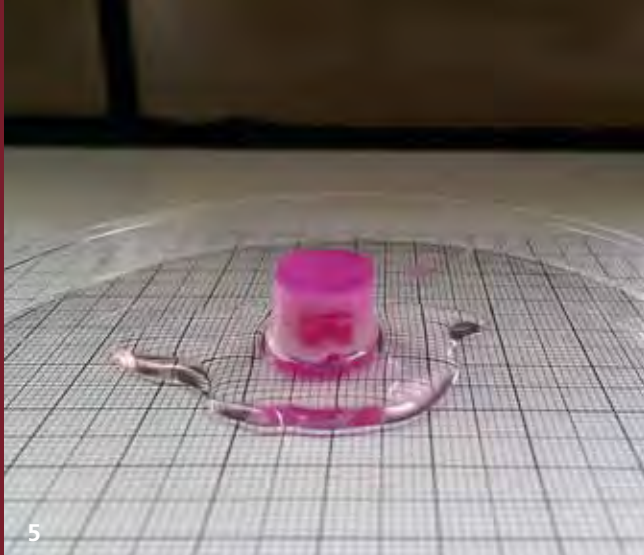
Im Rahmen von Forschungsarbeiten konnte gezeigt werden, dass nach der Vernetzung der Tinte zum Hydrogel die mineralische Komponente die Remodellierung der Matrix durch die darin enthaltenen Zellen förderte. Die mechanische Festigkeit der Gele erhöhte sich im Verlauf der vierwöchigen Kultivierung deutlich stärker, wenn HAp in der Matrix enthalten war, als in Trägergelen ohne HAp (Abb. 2). Raman-spektroskopische Analysen lassen vermuten, dass der beobachtete Effekt hauptsächlich auf eine zunehmende Mineralisierung der Matrix zurückzuführen ist. Zusätzlich weisen knochentypische Markerproteine darauf hin, dass die mesenchymalen Stammzellen in den gedruckten Matrices zu Knochenzellen differenzierten.

Vaskularisierungstinte

Die Versorgung mit Nährstoffen und Sauerstoff über gefäßartige Strukturen ist vor allem für größere In-vitro-Gewebe wichtig, da Diffusionsvorgänge zu lange dauern. Die Endothelzellen, die die Gefäße von innen auskleiden, spielen bei der Neubildung und dem Wachstum neuer Gefäße eine wichtige Rolle.

Die Vaskularisierungsmatrix muss andere Eigenschaften aufweisen als die Knochenmatrix. Sie muss in erster Linie weich und weniger stark vernetzt sein, damit die Endothelzellen migrieren können und Kapillargefäße ausbilden. Die am IGB entwickelte Vaskularisierungstinte enthält daher nur 5,75 Prozent Massenanteil vernetzbarer Biopolymere. Diese besitzen zudem einen niedrigen Methacrylierungsgrad und vernetzen somit weniger stark als die Knochentinte. Durch den Zusatz von Gelatinederivaten mit Maskierung können am IGB weiche Vaskularisierungsgele mit hoher Wasseraufnahmekapazität hergestellt werden. Durch Variieren des Anteils unmodifizierter Gelatine (welche bereits bei Raumtemperatur geliert), konnte eine Biotinte hergestellt werden, die bei Raumtemperatur stabil druckbar ist. Bringt man mikrovaskuläre Endothelzellen in diese Gele ein, findet die Ausbildung kapillarähnlicher Strukturen statt (Abb. 3).

Einzeln oder in Kombination können die Biotinten eingesetzt werden, um vaskularisierte Gewebemodelle aufzubauen (Abb. 4, 5 und 6).



UNSER ANGEBOT

Am IGB eingesetzte additive Verfahren

- Inkjet-Druck
- Pneumatisches und extrusionsbasiertes Dispensieren

Biomaterialien mit justierbaren Eigenschaften,

z. B. Derivate von

- Gelatine, Kollagen
- Hyaluronsäure, Chondroitinsulfat, Heparin

Chemische Modifizierungen, z. B.

- für Quervernetzung mit Methacrylgruppen, Thiolgruppen, Benzophenone
- zur Verminderung physikalischer Wechselwirkungen mit Acetylgruppen (DE 10 2012 219 691 B4 2015)

Funktionen

- Einstellbare Viskosität
- Einstellbares Geliverhalten
- Wasserunlösliche Hydrogele mit einstellbarer Festigkeit
- Wirkstoffspeicher mit einstellbarer Freisetzungskinetik
- Prozessangepasste Fluideigenschaften
- Zellverträgliche und gewebespezifische Matrices

Analytik, z. B.

- NMR
- Rheologie
- Druckprüfungen unter physiologischen Bedingungen
- Zytokompatibilität (nach DIN ISO)
- Pyrogengehalt (zellbasierter Assay)

Zellen und Gewebe

- Primärzellen, z. B. mesenchymale Stammzellen, Knorpelzellen, Endothelzellen, Hautzellen, reife Fettzellen
- Expansion, 2D- und 3D-Kultivierung
- (Immun-)Histologie und Zellkulturassays
- Durchflusszytometrie zur Charakterisierung von Zellen und -überständen

Biopolymere kommen auch im Bereich pharmazeutischer und kosmetischer Formulierungen zum Einsatz. Gelatine als tierisches Nebenprodukt hat auch vielfache technische Anwendungen. Das Fraunhofer IGB bietet Dienstleistungen in den Bereichen Entwicklung, Beratung und Technologietransfer.

www.igb.fraunhofer.de/bioprinting



Kontakt

Dr. Kirsten Borchers

Telefon +49 711 970-4121

kirsten.borchers@igb.fraunhofer.de

Zusammenarbeit und Partner

Das wissenschaftlich anspruchsvolle und herausfordernde Forschungsfeld Bioprinting bedarf auch implizit der Erforschung grundlegender Fragestellungen. Das IGB arbeitet daher eng mit seinem Partnerinstitut an der Universität Stuttgart, dem Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, zusammen. Hier betreut Dr. Kirsten Borchers zusammen mit Prof. Dr. Günter Tovar (und bis 2017 auch mit Prof. Dr. Petra Kluger) Doktorarbeiten und studentische Abschlussarbeiten im Bereich Biomaterialentwicklung.

Die vorgestellten Ergebnisse sind Teil der Doktorarbeit von Annika Wenz (Stipendium der Carl Zeiss Stiftung) und der Masterarbeit von Julia Rogal.

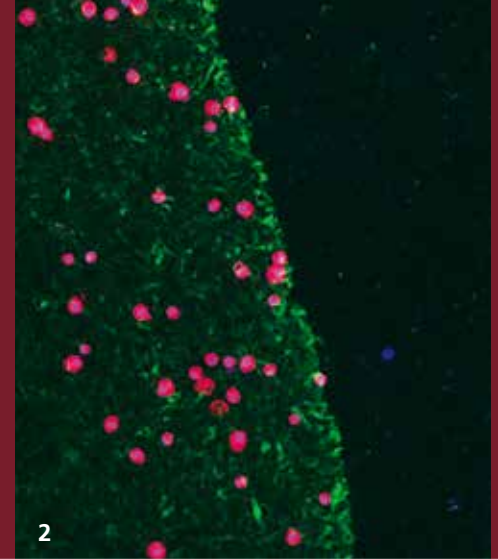
4 3D-Druck von unterschiedlichen Biotinten.

5 Gewebemodell für vaskularisierten Knochen.

6 3D-Druck von Knochentinte in Bioreaktor.



1



2

Albuminbasierte Beschichtung beschleunigt Anwachsen von Stammzellen an Titanimplantate

Es ist bekannt, dass Albuminbeschichtungen die Adhäsion von Bakterien an Kunststoff- oder Metalloberflächen stark reduzieren. Das Fraunhofer IGB hat nun gezeigt, dass Beschichtungen aus vernetztem Albumin auch das Anwachsen von Stammzellen an Oberflächen aus Ti6Al4V beschleunigen, einer in der Medizintechnik häufig eingesetzten Titanlegierung. Bereits nach einer Minute adhärten erste mesenchymale Stammzellen (aus Knochenmarkaspiraten) auf den beschichteten Oberflächen (Abb. 2). An unbeschichtetem Ti6Al4V konnten zu diesem frühen Zeitpunkt keine adhären Zellen nachgewiesen werden. Nach 30 Minuten war die Zellzahl auf beiden Oberflächen ähnlich, wobei auf vernetztem Albumin häufig eine deutlich stärkere Spreitung der Zellen und damit eine höhere Oberflächenbelegung beobachtet wurde. Der Effekt war robust und wurde sowohl auf Ti6Al4V-Bleichen mit unterschiedlichen Rauigkeiten nachgewiesen als auch auf Substraten, die additiv mittels Laserschmelzen Ti6Al4V erzeugt wurden. Die vernetzte Albuminschicht konnte mit gängigen Sterilisationsmethoden (Gamma-Strahlung, Elektronenstrahl) ohne Funktionsverlust sterilisiert werden.

Nach der Implantation von Prothesen in Knochengewebe können schwere Infektionen auftreten. Sie werden durch Bakterien verursacht, die bereits im Verlauf der Operation an die Implantatoberfläche gelangen.

Die Funktionalisierung der Oberfläche von Ti6Al4V-Legierungen mit vernetztem Albumin kann den vielzitierten »Wettlauf an die Oberfläche« – den Wettbewerb von Mikroorganismen und Gewebezellen um die Besiedelung von Oberflächen – substanziell zugunsten von MSC verschieben. Gerne bringen wir die entwickelten Beschichtungen in weiterführende Studien für Medizintechnikunternehmen ein.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojekts »Theranostische Implantate« durchgeführt.

www.igb.fraunhofer.de/albumin



Kontakt

Dr. Kirsten Borchers

Telefon +49 711 970-4121

kirsten.borchers@igb.fraunhofer.de

Neue bioabbaubare Knochenersatzmaterialien für die regenerative Medizin

In unserer alternden Gesellschaft leidet eine wachsende Zahl von Patienten an Defekten des Skelettes, z. B. durch Unfallverletzungen oder Krebserkrankungen. Das Interesse an der Entwicklung neuer Knochenersatzmaterialien ist daher groß. Doch obwohl es bereits möglich ist, die komplexe Struktur des Knochens mit additiven Verfahren nachzustellen, ist es bisher nicht gelungen, die aus Metall oder Polymeren bestehenden Implantatmaterialien so zu modifizieren, dass sie das Wachstum von Knochenzellen fördern.


Standardisierte
Aufbereitung ...

... 2./3. Generation
Sequenzierung ...

... Bioinformatische
Analyse

Im internationalen, vom BMBF geförderten Projekt Intelbiocomp wurde daher ein neuartiges 3D-Polymer-Knochenersatzmaterial auf der Basis von Polycaprolacton (PCL) entwickelt, welches die Einheilung in den Knochen beschleunigen kann. An der polytechnischen Universität Tomsk, Russland, wurde ein derartiges Trägermaterial mit unterschiedlicher Orientierung der Polycaprolactonfasern hergestellt, um die extrazelluläre Matrix entsprechend der In-vivo-Struktur nachzubilden. Eine zusätzliche Modifizierung der Oberfläche mit Silicium-Hydroxylapatit soll zudem die Bioaktivität und das Knochenwachstum des neuen Hybridmaterials verbessern. Die Analyse der zelladhäsiven und osteoinduktiven Eigenschaften der neuen Materialien an humanen mesenchymalen Stammzellen (engl. human Mesenchymal Stem Cells, hMSC) am Fraunhofer IGB zeigte, dass die Adhäsion und Proliferation von hMSC signifikant durch das neuartige Design des entwickelten Hybridmaterials verbessert werden konnte.

Durch die neuartigen Herstellungsverfahren konnten erstmals bioaktive, das Wachstum von Knochenzellen fördernde Ersatzmaterialien hergestellt und zudem die Kosten für den individuellen Knochenersatz deutlich reduziert werden. Die im Projekt entwickelten zellbasierten Testverfahren zur Bestimmung der Zelladhäsion und der Osteoinduktion stehen nun am Fraunhofer IGB für Tests verschiedener Knochenersatzmaterialien zur Verfügung.

www.igb.fraunhofer.de/intelbiocomp



Kontakt

Gabriele Vacun

Telefon +49 711 970-4027

gabriele.vacun@igb.fraunhofer.de

Molekulare Diagnostik der nächsten Generation

Die Diagnostik von Infektionskrankheiten beruht überwiegend auf bereits seit über 100 Jahren angewandten mikrobiologischen Techniken: der Kultivierung von Krankheitserregern. Von Nachteil hierbei ist, dass das Wachstum der Pathogene ein zeitaufwändiger Prozess ist und sich einige davon gar nicht oder nur unter besonderen Bedingungen kultivieren lassen. Zudem fällt das Ergebnis oft negativ aus, obwohl der Erkrankung eine Infektion zugrunde liegt.

Die Gruppe Funktionelle Genomanalysen entwickelt deshalb mit Kunden und Partnern aus Industrie und Klinik innovative molekulare Verfahren zur Erregerdiagnostik durch Analysen der Erbinformation der Pathogene. Der dreistufige Prozess umfasst die optimale Vorbereitung der Probe, die Hochdurchsatz-Sequenzierung (engl. Next-Generation Sequencing, NGS) und die bioinformatische Auswertung mittels proprietärer diagnostischer Algorithmen.

Die neue Technologie umgeht damit langwierige Kultivierungsverfahren und macht die Detektion offen für alle Erreger: Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten. So wird die Diagnose nicht nur schneller, sondern auch deutlich zuverlässiger. Die NGS-Daten können zudem nicht nur zur Erregerdiagnostik, sondern auch zur Identifizierung neuer Biomarker verwendet werden. In diesem Bereich verfügt die Arbeitsgruppe Funktionelle Genomanalysen über umfassende Erfahrungen in den Indikationen Sepsis, Endokarditis, Fruchtwasserinfektionen, aber auch dem Biomarker-Screening, der Genomcharakterisierungen von Krankheitserregern oder Mikrobiomstudien.

- 1 Hüftimplantat aus Titan.
- 2 Mesenchymale Stammzellen (rot) auf Albuminbeschichtung (grünlich fluoreszierend) und unbeschichtetem Ti6Al4V (schwarz) nach einer Minute.
- 3 Dreistufiger Prozess zur molekularen Infektionsdiagnostik mittels NGS.

Schon jetzt birgt diese Art der Infektionsdiagnostik das Potenzial für einen universellen Einsatz in der Klinik. Mit Sequenziergeräten der dritten Generation rückt darüber hinaus die Point-of-Care-Sofortdiagnostik in greifbare Nähe, wie wir in erfolgreichen Pilotstudien zeigen konnten.

www.igb.fraunhofer.de/infektionsdiagnostik



Kontakt

Dr. Kai Sohn

Telefon +49 711 970-4055

kai.sohn@igb.fraunhofer.de

Identifizierung von Erregern sexuell übertragbarer Erkrankungen durch hochparallele molekulare Diagnostik mittels DNA-Microarray

Sexuell übertragbare Infektionserkrankungen (engl. Sexually Transmitted Diseases, STDs), wie Gonorrhoe, Syphilis, Chlamydien und Trichomonaden, sind von zunehmender globaler Bedeutung für die individuelle und reproduktions-assoziierte Gesundheit. Die Entwicklung einer spezifischen STD-Diagnostik ist integrierter Bestandteil einer von der World Health Organization (WHO) entwickelten Strategie zur Bekämpfung dieser Erkrankungen. Dabei wird der Entwicklung von Point-of-Care-Tests (POCTs), die eine Diagnostik unabhängig von Zentrallaboren in unmittelbarer Nähe der Betroffenen ermöglicht, eine strategische Bedeutung für Therapie und Überwachung beigemessen.

Die Gruppe Infektionsbiologie und Array-Technologien der Abteilung Molekulare Biotechnologie entwickelt im Auftrag der Immundiagnostik AG Bensheim DNA-basierte Microarrays zur hochparallelen Diagnostik von STDs. Die durch Pilze, Bakterien, Viren bzw. Protozoen hervorgerufenen Erkrankungen sollen mithilfe des zu entwickelnden Tests hochsensitiv und molekular differenziert und dadurch schnell und adäquat therapiert werden. Für die Diagnostik der STDs identifizieren wir zunächst geeignete Target-Regionen der Erreger, entwickeln dann erregerspezifische Primer und amplifizieren zeitgleich die Erreger-Targets mittels Multiplex-PCR (Polymerase Chain Reaction). Nach Aufbringen der Primer auf Träger (Glasträger oder 8-Strip Tube oder Mikrotiter-Platte) stehen letztendlich hochparallele und hochsensitive DNA-Microarrays für den Nachweis der Erreger-Targets zur Verfügung. Dabei ist es das Ziel, eine semi- oder vollautomatische Bearbeitung der Proben zu erreichen – möglichst integriert in einen POCT, um so eine vereinfachte und kostengünstige Diagnostik zu ermöglichen.

www.igb.fraunhofer.de/std-diagnostik



Kontakt

apl. Prof. Dr. Susanne Bailer

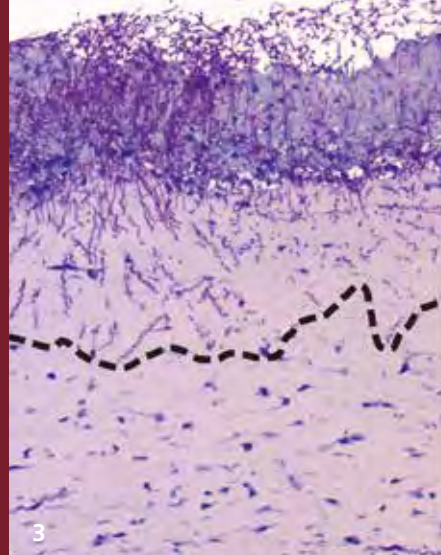
Telefon +49 711 970-4180

susanne.bailer@igb.fraunhofer.de

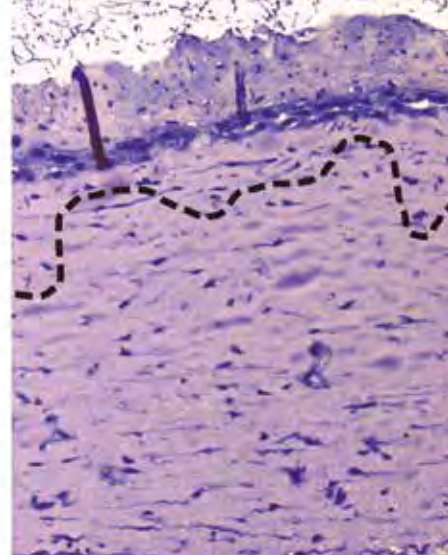
- 1 *Parallele Diagnostik von Infektionserregern.*
- 2 *Zellbasierter Reporter-Gen-Assay in Zellkulturplatten.*
- 3 *Infektion von Hautmodellen mit C. albicans in der Anwesenheit (rechts) und Abwesenheit (links) von Immunzellen.*



2



3



Steuerung des angeborenen Immunsystems als Therapiemöglichkeit

Rezeptoren des angeborenen Immunsystems wie Toll-like-Rezeptoren (TLR) spielen eine Schlüsselrolle bei der Entstehung von akuten und chronischen Entzündungskrankheiten des Menschen. Das Indikationsspektrum reicht von Allergien und Tumoren bis hin zu Autoimmunerkrankungen. Unser Ziel ist, neue Wirkstoffe zu entwickeln, die Mechanismen der angeborenen Immunität modulieren, um sie für die Therapie von entzündlichen Prozessen und dermatologischen Erkrankungen wie Lupus, atopischer Dermatitis oder Psoriasis einzusetzen.

In einem gemeinsamen Projekt mit der Hebrew University (HU) wurden bereits erste vielversprechende Ergebnisse zum Einsatz immunmodulatorischer Stoffe für die Behandlung von inflammatorischen Erkrankungen erzielt. Mit computerbasierten Methoden identifiziert unser Partner HU neue Agonisten und Antagonisten von angeborenen humanen Immunrezeptoren, die für die oben genannten Indikationen relevant sind.

Für die Validierung der rezeptormodulierenden Eigenschaften der identifizierten Wirkstoffe werden am Fraunhofer IGB patentierte zellbasierte Assays und 3D-Gewebemodelle eingesetzt. Die besten Verbindungen werden weiter im Tiermodell durch Partner validiert. Aus Millionen von Verbindungen wurden hier bereits 200–300 Antagonisten verifiziert. Für TLR9 beispielsweise wurden zehn Antagonisten gefunden, die in nanomolaren Konzentrationen wirksam sind. Die kompetitiven Kompetenzen der Partner – das Verfahren zur molekularen Modellierung an der HU und die am IGB entwickelten und patentierten zellbasierten TLR-Screening-Assays und 3D-Gewebemodelle – schaffen einen entscheidenden Mehrwert im Hinblick auf die Erfolgsaussichten des anspruchsvollen Ziels, neue TLR-basierte Immunmodulatoren für die Therapie und Prophylaxe entzündlicher Erkrankungen zu finden.

www.igb.fraunhofer.de/jrhdd



Kontakt

Dr. rer. nat. Anke Burger-Kentischer

Telefon +49 711 970-4023

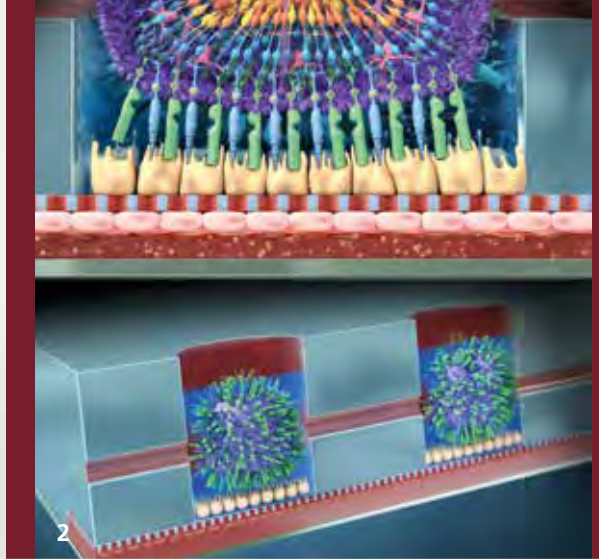
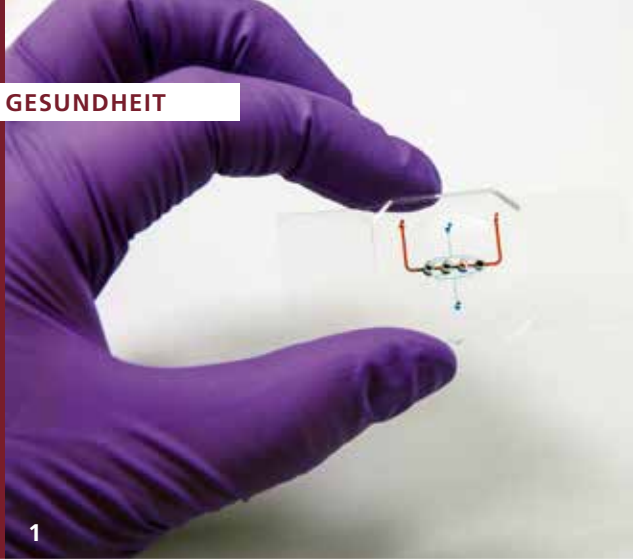
anke.burger-kentischer@igb.fraunhofer.de

Identifizierung von Schutzmechanismen der Haut mithilfe von immunologischen 3D-Gewebemodellen

Die menschliche Haut bildet eine wichtige Barriere gegen Mikroorganismen wie zum Beispiel den humanpathogenen Hefepilz *Candida albicans*. Bei der Analyse von Mechanismen der Wirt-Pathogen-Interaktionen, die etwa bei der Adhäsion und Invasion des Pathogens von Bedeutung sind, bieten 3D-Gewebemodelle große Vorteile: Sie stellen die natürliche Infektionsumgebung wesentlich besser nach als die klassische 2D-Zellkultur.

Durch die Integration von menschlichen Immunzellen in ein 3D-Hautmodell haben wir ein Testsystem entwickelt, das die Analyse von Abwehrmechanismen gegen eindringende Pathogene ermöglicht. Mithilfe dieses Gewebemodells konnten wir bereits dermale Fibroblasten als Zelltyp identifizieren, der eine signifikante Rolle beim Schutz der Haut gegen eine *C.-albicans*-Invasion spielt.

Aufgrund seiner Eigenschaften ermöglicht das Hautmodell umfangreiche zelltypspezifische, molekularbiologische und funktionelle Analysen. Diese zeigten, dass insbesondere der Immunrezeptor TLR2 und der Botenstoff Interleukin-1 β eine entscheidende Rolle dabei spielen, Fibroblasten in einen antimikrobiellen Status zu versetzen bzw. eine antimikrobielle Antwort auszulösen, und zwar in Abhängigkeit von einer akuten Pilzinfektion und der Anwesenheit von CD4-T-Zellen.



Diese Studien wollen wir in Zukunft auf andere Pathogene und Epithelien ausweiten, um einen umfassenderen Aufschluss über epitheliale Barriere-Funktionen zu erhalten. Dies wird neue Möglichkeiten zur Behandlung von Infektions- und Immunerkrankungen eröffnen, indem Immunmodulatoren gezielt spezifische Signalwege beeinflussen.

www.igb.fraunhofer.de/imresfun



Kontakt

Dr. Andreas Kühbacher

Telefon +49 711 970-4133

andreas.kuehbacher@igb.fraunhofer.de

Retina-on-a-Chip – Physiologisches 3D-Modell der menschlichen Retina

Degenerative Erkrankungen der Netzhaut (Retina) wie die altersbedingte Makuladegeneration oder Retinitis pigmentosa sind die häufigsten Ursachen für den Verlust des Sehvermögens. Bestehende In-vitro- oder In-vivo-Modellsysteme für die Erprobung neuer pharmazeutischer Wirkstoffe sowie die mechanistische Forschung können den Aufbau und die Komplexität der menschlichen Retina nur sehr begrenzt darstellen. Neue Errungenschaften auf dem Gebiet der Stammzellbiologie, insbesondere der induzierten pluripotenten Stammzellen (engl. Induced Pluripotent Stem Cells, iPSC), ermöglichen es, komplexe dreidimensionale Gewebestrukturen nachzubilden. Stammzellbasierte Retina-Organoiden (RO) bestehen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Zelltypen und imitieren dadurch einen großen Teil der Struktur des Retinagewebes. Allerdings sind auch ROs noch stark limitiert, vor allem in Hinblick auf die Interaktion der Photorezeptoren mit dem umliegenden Gewebe, deren Reifung sowie der Vaskularisierung.

Mikrophysiologische In-vitro-Modelle bzw. Organ-on-a-Chip-Systeme (OoC-Systeme) stellen eine neue Technologie dar, die die bisherige Entwicklung von Arzneimitteln revolutionieren kann. Durch die Integration von physiologisch relevantem, menschlichem Gewebe in eine mikrofluidische Umgebung bieten OoCs viele Vorteile, wie beispielsweise ein gewebeähnliches Mikromilieu und die Vaskularisierung. Das in diesem Projekt entwickelte Retina-on-a-Chip-System (Abb. 1) kombiniert menschliche iPSC-basierte ROs und OoCs und ist damit in der Lage, eine physiologische Interaktion von Photorezeptoren und dem umliegenden retinalen Pigmentepithel zu ermöglichen (Abb. 2). Diese Interaktion ist entscheidend für die Funktionalität der Retina und war bisher in vitro nicht nachweisbar. Der entwickelte Retina-on-a-Chip hat daher großes Potenzial als physiologisch relevantes Testsystem für die Entwicklung und Erprobung neuer pharmazeutischer Wirkstoffe sowie der Erforschung von Krankheitsursachen.

www.igb.fraunhofer.de/retina-chip



Kontakt

Jun. Prof. Dr. Peter Loskill

Telefon +49 711 970-3531

peter.loskill@igb.fraunhofer.de



3



4

Gewinnung von Eicosapentaensäure (EPA) und Fucoxanthin aus Mikroalgen

Die Kieselalge *Phaeodactylum tricornutum* ist unter geeigneten Kultivierungsbedingungen in der Lage, große Mengen an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, beispielsweise Eicosapentaensäure (EPA, 20:5 ω -3), sowie photosynthese-assoziierte Pigmente wie Fucoxanthin zu bilden. Beide Inhaltsstoffe besitzen verschiedene gesundheitsfördernde und antioxidative Eigenschaften, weshalb die Gewinnung von entsprechenden Extrakten für die Lebensmittel-, Futtermittel- sowie Kosmetikindustrie von großem Interesse ist.

Im Rahmen des Projektes BioÖkonomie Baden-Württemberg wurde die Kieselalge *P. tricornutum* in Flachplatten-Airlift-Reaktoren (FPA-Reaktoren) im semi-kontinuierlichen Betrieb bei unterschiedlichen Lichtintensitäten kultiviert und der Einfluss der Lichtverfügbarkeit auf die Zusammensetzung der Biomasse hinsichtlich des EPA- und Fucoxanthingehalts untersucht. Dabei zeigte insbesondere der Fucoxanthingehalt eine signifikante Abhängigkeit von der relativen Lichtverfügbarkeit, das heißt dem Verhältnis von Lichteintrag (auf der Reaktoroberfläche) zu Gesamtbiomasse im Reaktor und Zeit (in $\mu\text{mol Photonen g Biotrockenmasse}^{-1} \text{s}^{-1}$). In Verbindung mit einer optimierten und gesteuerten Nährstoffversorgung konnten im FPA-Reaktor Fucoxanthingehalte von über 2 Prozent (w/w) erreicht werden. Sowohl EPA als auch Fucoxanthin konnten nach mechanischem Zellaufschluss mittels subkritischer Hochdruckextraktion durch Einsatz geeigneter organischer Lösemittel mit Ausbeuten von über 90 Prozent gewonnen werden (Abb. 4). Die Extrakte wurden hinsichtlich ihrer ernährungsphysiologischen Eigenschaften am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Hohenheim untersucht und zeigen eine hohe antioxidative sowie antiinflammatorische Kapazität.

Mit den gewonnenen Extrakten stehen der Lebensmittel-, Futtermittel- sowie Kosmetikindustrie natürliche Extrakte mit gesundheitsfördernden Eigenschaften zur Verfügung, welche nun in entsprechende Produkte weiterverarbeitet werden können.

www.igb.fraunhofer.de/algen-ernaehrung



Kontakt

Dr. Ulrike Schmid-Staiger

Telefon +49 711 970-4111

ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de

- 1 *Retina-on-a-Chip.*
- 2 *Interaktion von Photorezeptoren des Retina-Organoids mit retinalem Pigmentepithel.*
- 3 *Mikroskopaufnahme der Kieselalge *Phaeodactylum tricornutum*.*
- 4 *Aufgereinigtes Fucoxanthin als Pulver.*



CHEMIE UND PROZESS- INDUSTRIE

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.

Technologieplattform

Aufarbeitungstechnologien

Eine Schlüsselaufgabe bei vielen Prozessen in Chemie und Biotechnologie ist die Abtrennung von Molekülen aus Gemischen. Das Fraunhofer IGB hat eine breite Palette verschiedenster Trennverfahren etabliert und verfügt über entsprechende Anlagen sowohl im Labor- als auch im Pilotmaßstab. Membran- und Adsorptionsverfahren, elektrophysikalische und thermische Verfahren, aber auch Kristallisations-, Extraktions- und Chromatographieverfahren werden im Rahmen eigener Forschungsarbeiten ständig weiterentwickelt und für verschiedene Anwendungen optimiert. Ein Alleinstellungsmerkmal ist, die Verfahren flexibel zu kombinieren und unter dem Gesichtspunkt der Ressourceneffizienz in Prozessketten zu integrieren.

Vernetzung und Kooperation

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



ANGEBOTE FÜR DIE BIOÖKONOMIE

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

Aus verschiedenen Rohstoffen untersuchen wir die Herstellung von Drop-in- und Basischemikalien als Intermediate ebenso wie von Feinchemikalien und Spezialitäten. Fermentations- und Aufbereitungsverfahren wurden am Fraunhofer IGB beispielsweise für C2-Verbindungen (Ethylen, Essigsäure, Ethanol), C3-Verbindungen (Propen, Propanol, Propandiol, Propionsäure, Milchsäure), Dicarbonsäuren (Äpfelsäure, Itaconsäure, Furandicarbonsäure) 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 für die Kunststoffindustrie (langkettige Dicarbonsäuren, Triglycerid- und Fettsäureepoxide, Lactame) aufzeigen. Weitere Beispiele sind Aromaten, Lignine, Phenole und Furane sowie Extraktstoffe und deren Derivate (Terpene, Phytosterol, Campher und gasförmige und flüssige Kohlenwasserstoffe wie Methan, Olefine und langkettige Alkane). Ausgewiesene Expertise besitzen wir in der mikrobiellen Herstellung von Biotensiden für Anwendungen als Detergenzien, Emulgatoren und Wirkstoffe in Kosmetik und Pflanzenschutz.

Bioraffinerie-Konzepte

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, Krabbenchalen 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.

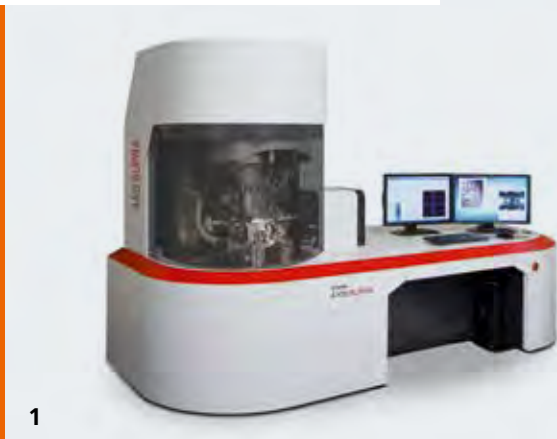


Funktionale Oberflächen und Materialien

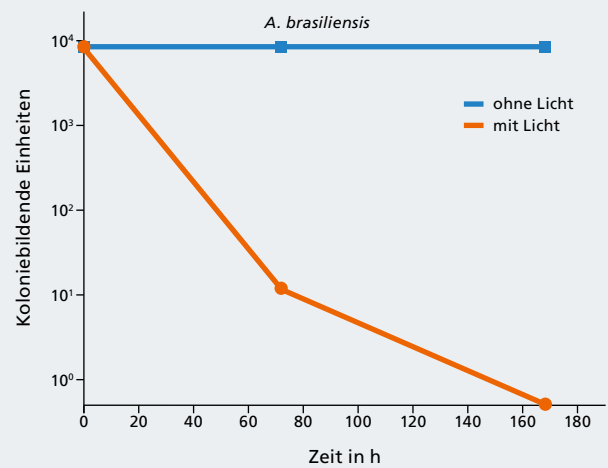
Für die Oberflächen vieler Werkstoffe, z. B. industrieller Bauteile oder technischer Textilien, sind häufig andere Eigenschaften erwünscht, als sie das Material im Volumen besitzt. Am Fraunhofer IGB entkoppeln wir die Volumen- von den Oberflächeneigenschaften durch Grenzflächenverfahrenstechnik. Oberflächen 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 offene porige polymere Schäume mit funktionellen Gruppen haben wir eine einstufige Synthesestrategie entwickelt.

Elektrochemische 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, um Ethen elektrochemisch in nur einem Verfahrensschritt herzustellen. Eine Elektrolysezelle, in der sich mit elektrischer Energie nur aus Wasser und Luft Wasserstoffperoxid herstellen lässt, ist bereits als Prototyp am Fraunhofer IGB verfügbar. In verschiedenen weiteren Projekten nutzen wir regenerativ erzeugten Strom, um atmosphärisches CO₂ zu binden und zu Chemikalien umzuwandeln.



1



2

Kombinierte Oberflächenanalytik

Selbst bei rein mechanischen Funktionsbauteilen stellt sich die Frage, wie diese am besten verklebt, vor Korrosion geschützt oder dekorativ beschichtet werden können. Da alle Herstellungsschritte an der Oberfläche eines Bauteils Spuren hinterlassen, z. B. Rückstände von Trennmitteln partiell oder flächig anhaften, hilft die Analyse der Oberfläche bei der Suche nach geeigneten Ausrüstungsverfahren. Auch bei etablierten Verfahren können Probleme wie versagende Verklebungen, sich ablösende Beschichtungen, mangelnde elektrische Leitfähigkeit u. v. m. auftreten. Oberflächenanalytik kann die Ursachen aufdecken, um die Fehlerquelle zu beseitigen.

Während der Untersuchung einer Oberfläche stellt man häufig fest, dass die gewählte Analysemethode nur einen Teil der benötigten Informationen liefert und eine weitere Messmethode zielführend wäre. Standardmäßig müsste nun die Probe ausgebaut und der anderen Messmethode zugeführt werden – und dabei die zuvor untersuchte Messstelle wiedergefunden werden.

Am Fraunhofer IGB steht nun ein ESCA (Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse mit Kratos Axis Supra, auch XPS) zur Verfügung, mit dem wir dieses Problem umgehen, da eine Probe mit mehreren integrierten Geräten analysiert werden kann. So wurde das Gerät individuell erweitert und beinhaltet zusätzlich zu einem XPS der neusten Generation REM-EDX (Rasterelektronenmikroskop mit Röntgenmikroanalyse) und ein AES (Augerelektronenspektroskop). Auch ein ISS (Ion Scattering Spectroscopy zur Wasserstoffdetektion) ist vorhanden und liefert insbesondere bei Polymeroberflächen die wichtige Information des Wasserstoffgehalts an der Oberfläche. Das Gerät verfügt zudem über eine Argonionen-Cluster-Quelle zur Anfertigung von Tiefenprofilen. So gerüstet können auch komplexe Schichtaufbauten oder Schadstellen mit hoher Ortsauflösung untersucht werden. Die Methoden können natürlich auch einzeln angewendet werden.

www.igb.fraunhofer.de/esca



Kontakt

Dr. Jakob Barz

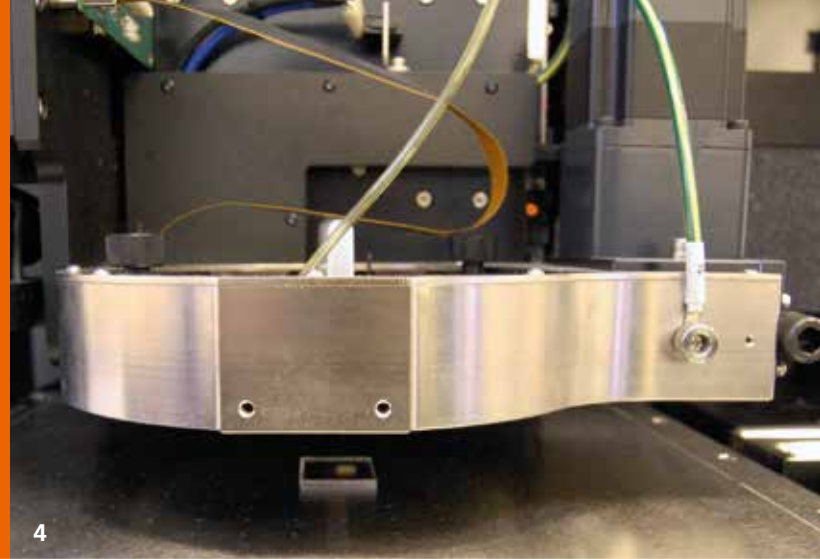
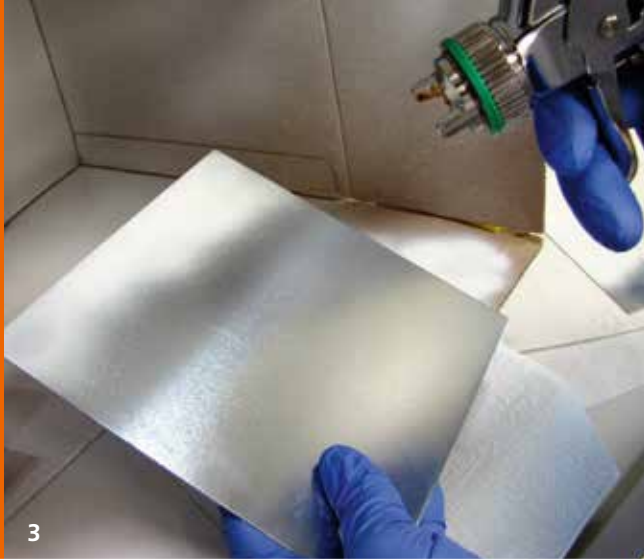
Telefon +49 711 970-4114

jakob.barz@igb.fraunhofer.de

Verbesserte Innenraumluft durch photokatalytisch aktive Anstriche

Die Gesundheit und unser Wohlbefinden werden in Innenräumen negativ durch anwesende Schadstoffe beeinflusst. Schadstoffe sind beispielsweise ausgasende Verbindungen aus Möbeln und Teppichen, oder eine Belastung der Atemluft mit Sporen aus vorhandenem Schimmel. Schadstoffabbauende Farben für Außenanwendungen sind bereits mit Titandioxid als aktivem Material etabliert, eine Herausforderung ist jedoch, diese Wirkung auch mit normaler Raumbeleuchtung zu erzielen.

Im Rahmen des EU-Projektes OSIRYS hat das Fraunhofer IGB in Kooperation mit der Firma SICC GmbH eine photokatalytisch aktive Innenraumfarbe entwickelt. Die Wirkung beruht auf der Bildung aktiver Sauerstoff-Spezies bei Bestrahlung mit Licht, die organische Verbindungen chemisch angreifen. Das Fraunhofer IGB hat hierbei die photokatalytische Aktivität verschiedener kommerziell erhältlicher Materialien unter anwendungsrelevanten Bedingungen untersucht. Dabei wurde die Wirkung gegen organische Verbindungen und Mikroorganismen bewertet.



Mit dem aktivsten TiO_2 -Material wurde von der Firma SICC eine Anstrichfarbe formuliert. Dieses Coating für Innenräume zeigt mit Norm-Büroleuchten eine hohe Aktivität gegen Mikroorganismen, beispielsweise *Sarcina lutea* und *Aspergillus brasiliensis*, dem Verursacher des schwarzen Schimmels. Bei *Aspergillus brasiliensis* konnte nach 3 Tagen Belichtung eine Reduktion der koloniebildenden Einheiten (KBE) von 10 000 auf 10 und nach 7 Tagen auf Null erzielt werden. Ohne Licht fand keine Bakterienreduktion statt. Ähnliche Werte wurden für *Sarcina lutea* erhalten.

Ein kommerzieller Vertrieb soll über die SICC GmbH erfolgen.

www.igb.fraunhofer.delosirys



Kontakt

Dr. Michaela Müller

Telefon +49 711 970-4140

michaela.mueller@igb.fraunhofer.de

Formulierung reaktiver Tinten – Reaktiver Inkjet-Druck von Polyurethanschäumen

Neuartige additive Fertigungsprozesse werden derzeit in einer Vielzahl von Forschungsfeldern bearbeitet. Der digitale Inkjet-Druck erzeugt dabei kleine, gleichmäßig große Tröpfchen, die als Mikrobausteine eingesetzt werden können. Damit lassen sich auf innovative Weise orts aufgelöste Strukturen neuer, aber auch bekannter Materialien erzeugen. Daher fokussiert das Fraunhofer IGB seine Forschung auf den Inkjet-Druck als Fertigungswerkzeug zur Individualisierung von Produktionsprozessen.

Die Kombination von Inkjet-Druck und bekannter Polyurethanchemie hat ein hohes Potenzial für die zukünftige Herstellung von Funktionsmaterialien. Derzeit konzentrieren wir uns auf die Herstellung von Polyurethanschäumen mittels Zwei-Komponenten-Reaktiv-Inkjet-Druck. Dabei werden zwei Tinten (isocyanatfunktionale und beispielsweise hydroxyfunktionale Tinte), die jeweils eine reaktive Komponente enthalten, getrennt in einem Verfahren schichtweise gedruckt. Die hydroxyfunktionale Tinte enthält ein Polyethylenglykol (PEG) als Hauptträger, kombiniert mit einem Vernetzer und Katalysatoren. Die zweite Tinte enthält die reine Isocyanatverbindung Hexamethylendiisocyanat, um durch chemische Reaktion die poröse Polyurethanstruktur zu erhalten. Mit diesem Verfahren ist es uns erstmals gelungen, ohne weitere mechanische Vermischung der beiden reaktiven Tinten, Polyurethanschäume herzustellen. Durch Variation der Tinten ist es denkbar, orts aufgelöst unterschiedlich definierte Oberflächeneigenschaften in situ zu erzielen.

www.igb.fraunhofer.delinkjet



Kontakt

Dr. Achim Weber

Telefon +49 711 970-4022

achim.weber@igb.fraunhofer.de

- 1 Mit dem Kratos Axis Supra kann eine Probe zugleich mit chemischen und bildgebenden Verfahren analysiert werden.
- 2 Reduktion der KBE durch Belichtung am Beispiel *A. brasiliensis*.
- 3 Auftrag der entwickelten Beschichtung über Sprühpistole.
- 4 Reaktivdruck mittels Fujifilm Dimatix Inkjet-Drucker.



1



2

Hydrophobe Proteine zur Oberflächenfunktionalisierung

Die Bindung funktioneller Proteine an Materialoberflächen kann diesen neue Eigenschaften verleihen. Eine solche Biologisierung bietet vielerlei Vorteile, ist industriell von hoher Relevanz und kann als Strategie für die Textilveredelung von großer ökonomischer und ökologischer Bedeutung sein. Dies gilt insbesondere für die Herstellung von wasserabweisenden Textilien, welche bisher vorwiegend mit umweltschädlichen fluorierten Kohlenwasserstoffen ausgerüstet werden.

Für die biologische Alternative verwenden wir im Projekt »Entwicklung eines natürlichen fluorcarbonfreien Hydrophobierungsmittels für Textilien auf Basis von Proteinen« rekombinant hergestellte hydrophobe Proteine, sogenannte Hydrophobine, die natürlicherweise von Pilzen gebildet werden, sowie ebenfalls natürliche Cellulose-Ankerproteine. Gene, die die jeweiligen Proteintypen codieren, werden rekombinant modular so assembliert, dass neuartige bifunktionale Fusionsproteine in Bakterien mit etablierten biotechnologischen Methoden aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden können. Mit dem Ankerprotein binden die Fusionsproteine an die Oberflächen; die Hydrophobine verleihen dem Hybridmaterial die hydrophoben Eigenschaften.

Das Ergebnis der bisherigen Arbeiten brachte eine exklusive Toolbox an verschiedenen Proteinen hervor, die ohne jegliche chemische oder physikalische Vorfunktionalisierung der Materialoberflächen auf diesen aufgebracht werden können. Dies führt zu einer veränderten Oberflächenenergie und damit zu einer starken Hydrophobierung der Oberflächen. Derzeit arbeiten wir an einer Optimierung der Aufarbeitung und der wässrigen Formulierung der Fusionsproteine für die Anwendung, um den Prozess noch effektiver zu machen. Weiterführende Projekte sind geplant, bei denen auch andere cellulosehaltige Materialoberflächen als Substrat verwendet werden sollen.

www.igb.fraunhofer.de/hydrophobine



Kontakt

Dr. Michael Richter

Telefon +49 9421 187-353

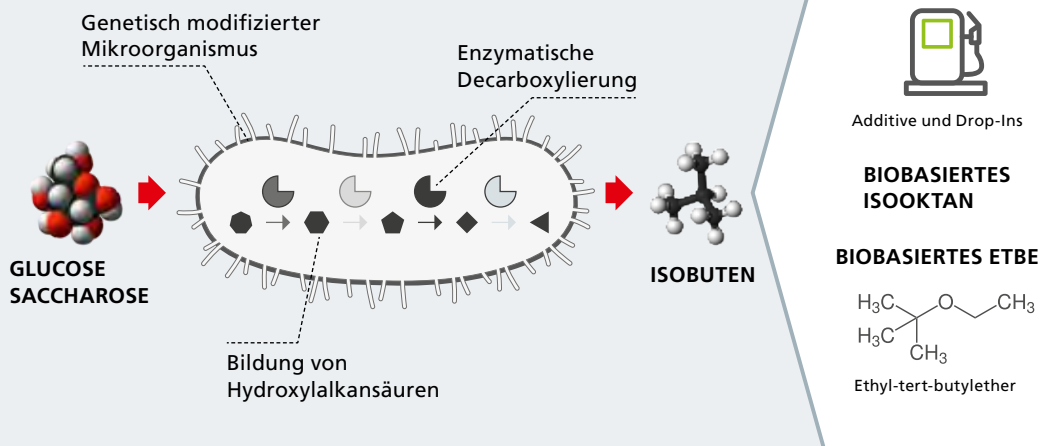
michael.richter@igb.fraunhofer.de

Demonstrationsworkshop zur fermentativen Carbonsäureherstellung

Im April 2017 organisierte das Fraunhofer IGB und sein Institutsteil Fraunhofer CBP zusammen mit dem Verein Deutscher Ingenieure (VDI) einen Demonstrationsworkshop in Leuna für Vertreter aus Forschung und Wirtschaft sowie Studierende. Im Mittelpunkt des Workshops stand die Vorstellung des europäischen Projektes »Bio-QED«, insbesondere der Itaconsäure-Wertschöpfungskette.

Highlights der Projektergebnisse und erzielten Effekte – einschließlich der Herstellung von Zuckern aus lignocellulosehaltigem Material mit dem von Fraunhofer entwickelten Organosolv-Verfahren (Dr. Christine Roßberg, Fraunhofer CBP) – waren die Nutzung der weißen Biotechnologie zur

- 1 *Die mit Funktionsproteinen ausgerüsteten Textilien weisen hydrophobe Eigenschaften auf.*
- 2 *Führung durch die Fermentationsanlagen des Fraunhofer CBP.*
- 3 *Kraftstoffadditive aus Isobuten: Vom Zucker zum Kraftstoff.*



Herstellung von Basischemikalien (Dr. Susanne Zibek, Fraunhofer IGB) und das Scale-up des Fermentationsprozesses zur Herstellung von Itaconsäure unter Verwendung des Pilzes *Aspergillus terreus* sowie Produktrückgewinnung und -reinigung durch Kristallisation (Dr. Katja Patzsch, Fraunhofer CBP).

Darüber hinaus wurden weitere Beispiele aus Forschung und Industrie vorgestellt, wie Aufreinigungsverfahren mittels Membranfiltrationstechnik (Prof. Gerd Braun, TH Köln), die fermentative Herstellung von Carotinoiden (Prof. Reinhard Pätz, HS Anhalt), das Scale-up des Verfahrens zur fermentativen Gewinnung von Isobuten aus Zucker und der Bau einer Pilotanlage (Tino Elter, Fraunhofer CBP) sowie die Herstellung von Biotensiden und Epoxiden aus Pflanzenölen (Dr. Susanne Zibek, Fraunhofer IGB). Abgerundet wurde der Workshop durch einen Rundgang durch die Pilotanlagen des Fraunhofer CBP und ein Get-together zur Diskussion aktueller Themen aus Forschung und Entwicklung der Bioökonomie.

Das Projekt »Bio-QED« konnte 2017 mit der Demonstration der Itaconsäurefermentation im 10-m³-Maßstab und anschließender Aufarbeitung mittels kontinuierlicher Kristallisation zu mehreren hundert Kilogramm Itaconsäure erfolgreich abgeschlossen werden.

www.igb.fraunhofer.de/bioqed



Kontakt

Dr.-Ing. Katja Patzsch

Telefon +49 3461 43-9104

katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de

Biobasierte Kraftstoffadditive aus Zucker

Die Firma Global Bioenergies betreibt gemeinsam mit dem Fraunhofer CBP eine Demonstrationsanlage zur fermentativen Herstellung von biobasiertem Isobuten aus Zuckern. Isobuten ist eines der Schlüsselmoleküle der petrochemischen Industrie und wird derzeit kommerziell ausschließlich aus fossilen Quellen, hauptsächlich aus Erdöl, gewonnen. Eine Umwandlung des biobasierten Analogons zu Kraftstoffen und Kraftstoffadditiven ist vielversprechend und wurde im Rahmen des Projekts »Bio-FAA« untersucht und realisiert. Hierbei stand die Umwandlung zu Isooktan und Ethyl-tert-butylether (ETBE) im Fokus. Etablierte Verfahrenskonzepte wurden auf die biogene Rohstoffquelle angepasst und die Machbarkeit an den am CBP betriebenen integrierten Technikums- und Pilotanlagen erfolgreich demonstriert. Schließlich standen entsprechende Probenmengen an biogenen Kraftstoffadditiven zur Verfügung und konnten gegenüber den am Markt verfügbaren Produkten validiert werden. Während der Projektlaufzeit erfolgte im Februar 2017 die weltweit erste Produktion von vollständig erneuerbarem ETBE.

www.igb.fraunhofer.de/biofaa



Kontakt

Dr. Daniela Pufky-Heinrich

Telefon +49 3461 43-9103

daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de



1



2

ChitoTex – Insektenbasiertes Chitosan zur Beschichtung von Textilien

Insektenbasiertes Protein wird derzeit als Haustierfutter genutzt und wurde im Sommer 2017 als Fischfutter in der Aquakultur zugelassen. Die Nebenprodukte der Proteinherstellung besitzen hohe Anteile an Chitin, einem stickstoffhaltigen acetylierten Polysaccharid. Derzeit wird der Hauptteil des deacetylierten Derivats Chitosan noch aus Krabbenchalen gewonnen. Die Nutzung von regional verfügbarem insektenbasierten Chitosan zur Anwendung als Textilbeschichtung ist der Fokus in ChitoTex.

Die Identifikation von Reststoffströmen mit einem Chitin-gehalt von mehr als 30 Prozent, basierend auf eigens dafür entwickelten Analysemethoden, legte den Grundstein zur Etablierung von Aufreinigungsverfahren des Polysaccharids. Zusammen mit seinen Partnern hat das Fraunhofer IGB 15 chitindegrierende Enzyme identifiziert und hergestellt, die den Weg für eine rein biotechnologische Wertschöpfungskette zur Chitosanherstellung ebnen. Das Insektenchitosan zeigte in physikalisch-chemischen Untersuchungen zu Krabbenchitosan analoge Eigenschaften und ist aufgrund dieser für die Anwendung als Schlichtemittel geeignet. Neben der anwendungstechnischen Charakterisierung konnte das unmodifizierte Chitosan bereits zur Textilbeschichtung getestet und erste Untersuchungen hinsichtlich der hydrophoben Modifikation des Chitosans erfolgreich abgeschlossen werden.

Insektenbasiertes Chitosan hat sich als lokale Alternative zu krabbenbasiertem Chitosan in vielerlei Hinsicht etabliert. Auf der Basis dieser Resultate wurde bereits ein Nachfolgeprojekt zur Anwendung von hydrophobisiertem Chitosan zur Textilbeschichtung initiiert. Zudem sollen in Kooperation mit den Proteinherstellern die Forschungsaktivitäten verstärkt und auch auf andere Seitenströme ausgeweitet werden.

www.igb.fraunhofer.de/chitotex



Kontakt

Dr.-Ing. Susanne Zibek

Telefon +49 711 970-4167

susanne.zibek@igb.fraunhofer.de

Pilotierung eines innovativen Verfahrens zur Aufbereitung von Raps

Mit dem Kickoff-Meeting im September 2017 erfolgte der Startschuss für das vom BMEL geförderte Projekt »EthaNa«. Elf Partner aus Industrie und Forschung entwickeln unter Koordination des Fraunhofer CBP ein neuartiges Verfahren zur Aufbereitung von Raps. Im Vergleich zum etablierten Extraktionsverfahren mit dem Lösungsmittel Hexan wird hier der Aufschluss und die Wertstoffgewinnung mit Ethanol durchgeführt. Dies ermöglicht eine deutliche qualitative Verbesserung der Produkte Rapsöl und Rapskernkonzentrat. Hinzu kommt die Isolierung neuer, bislang nicht aus Raps produzierter Wertstoffe wie sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe oder Proteinfraktionen. Ziel des auf drei Jahre ausgelegten Projekts ist die Errichtung einer Pilotanlage am Fraunhofer CBP und die Demonstration des Gesamtprozesses: von der Schälung der Rapssaat über den anschließenden Aufschluss bis zur Gewinnung des Öls aus den Rapskernen. Erste Prozesseinheiten des Verfahrens sollen im Herbst 2018 in Betrieb gehen. Die Herstellung von Produktmustern an

- 1 *Nach der letzten Häutung der Puppe zur Fliege bleiben chitinhaltige Exuvien zurück.*
- 2 *Geschälte Rapssaaten zur Gewinnung von Wertstoffen und neuen Produkten.*
- 3 *Anlage zur Herstellung von Ligninbruchstücken am Fraunhofer CBP.*



Rapsöl und Rapskernkonzentrat sind für Ende 2019 geplant. Mustermengen im 100-Kilogramm- bis Tonnen-Maßstab werden zunächst für weiterführende Untersuchungen und die Bewertung der Produktfraktion in der Nahrungsmittel- und Futtermittelindustrie genutzt.

www.igb.fraunhofer.de/ethana



Kontakt

Dr. Daniela Pufky-Heinrich

Telefon +49 3461 43-9103

daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de

Ligninbasierte Polyurethane

Lignine gehören mit einem Anteil von bis zu 30 Prozent in verholzter Biomasse zu den häufigsten organischen Verbindungen. Aufgrund der Heterogenität ihrer aromatischen Strukturen lassen sie sich jedoch nur schwer in chemische Anwendungen überführen.

Im Verbundvorhaben »Lignoplast« arbeitete ein Konsortium unter Koordination des Fraunhofer CBP an neuen Verfahren, um unterschiedliche Lignine unter anderem in Polyurethansystemen einsetzen zu können. Je nach Vorbehandlungsmethode weisen Lignine unterschiedliche Eigenschaften auf, die eine weitere Veredelung maßgeblich beeinflussen. So galt es, sowohl schwefelhaltige Lignine aus Zellstoffprozessen zu prozessieren als auch schwefelfreie Lignine aus Bioraffinerie-Prozessen (z. B. aus dem Organosolv-Verfahren, welches das Fraunhofer CBP ebenfalls intensiv weiterentwickelt).

Die basenkatalytische Spaltung erwies sich als geeignetes Verfahren, um alle untersuchten Lignintypen in kleinere, einfacher aufgebaute Phenolderivate zu zerlegen. Basierend auf Voruntersuchungen am Fraunhofer ICT wurde die mehrstufige Prozesskette, eine kontinuierliche basenkatalysierte Spaltung und die anschließende Separation und Aufreinigung der Produkte, erfolgreich am Fraunhofer CBP in den Pilotmaßstab übertragen.

Verbundpartner nutzen die entstandenen Ligninbruchstücke zur Herstellung hochwertiger Polyurethanschäume oder als Polyole für Polyurethanbeschichtungen von Langzeitdüngern. Anwendungstests zeigten positive Eigenschaften, zum Teil auch zusätzliche Vorteile wie eine biologische Abbaubarkeit. Um eine zukünftige Kommerzialisierung zu erreichen, sind weitere Arbeiten notwendig. Eine ständige Verfügbarkeit der Rohstoffe, verbesserte Prozessstabilität sowie die ökonomische Bilanzierung des Gesamtverfahrens wird in Folgeaktivitäten angestrebt.

www.igb.fraunhofer.de/lignoplast



Kontakt

Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach

Telefon +49 3461 43-9101

gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de



1



2

Torrefizierung und Transportkonditionierung von Holz

Holz bzw. Lignocellulose ist einer der wichtigsten nachwachsenden Rohstoffe. Im EU-Projekt »SteamBio« hat das Fraunhofer IGB einen Prozess zur Vorbehandlung und Torrefizierung von lignocellulosehaltigen Roh- und Reststoffen weiterentwickelt, der auf dem Prinzip der Trocknung mittels überhitztem Wasserdampf bei Atmosphärendruck basiert. Bei der Torrefizierung wird die Biomasse in einer sauerstofffreien Dampfatosphäre für eine bestimmte Prozesszeit erhitzt. Mit ca. 220–250 °C liegt die Prozesstemperatur unterhalb des Werts, ab dem eine Karbonisierung (Pyrolyse) stattfindet. Wasser und Hemicellulose werden mit weiteren flüchtigen Stoffen ausgetrieben und für eine Nutzung als Basischemikalien selektiv kondensiert. Übrig bleibt ein hydrophobes Material hoher Energiedichte, das sich leicht zu einem hochreaktiven Substrat vermahlen lässt.

Zur Demonstration des Prozesses im industriellen Maßstab wurde im Projekt »SteamBio« eine semi-mobile Anlage gebaut. Sie besteht aus einem 20-Fuß-Container mit Vorlagebunker und Energiezentrale sowie einem 40-Fuß-Rahmen, in dem die Reaktoren zur Trocknung und Torrefizierung, eine Vorrichtung für den Feststoffaustrag (mit Kühlung) sowie Kondensatoren für die Volatil-Fraktion untergebracht sind. Der Durchsatz der Anlage kann je nach Substrat flexibel eingestellt werden und ist für 150 kg/h Rohmaterial (erntefrische Holzhackschnitzel) ausgelegt. Ebenso können Agrarabfälle wie Rebschnitt oder Presskuchen (Oliven, Wein, Obst) prozessiert werden.

Die Anlage ist für einen automatisierten, kontinuierlichen 24/7-Betrieb ausgelegt und wird über eine am IGB entwickelte Software mit integrierter Datenerfassung gesteuert, die auch einen Fernwarteneingriff erlaubt. Installiert ist eine Heizleistung von 155 kW mittels elektrischer Elemente, um kompakt bauen, flexibel betreiben und die Energieströme besser messen zu können. Ein Demobetrieb zur Torrefizierung verschiedener Substrate und die Charakterisierung der Produkte ist für 2018 geplant.

www.igb.fraunhofer.delsteambio



Kontakt

Dr.-Ing. Antoine Dalibard

Telefon +49 711 970-4130

antoine.dalibard@igb.fraunhofer.de

Einstufige Elektrosynthese von Ethen aus CO₂

Die Nutzung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) zur Gewinnung kohlenstoffbasierter Basischemikalien unter Nutzung regenerativer Energie, insbesondere regenerativ erzeugtem elektrischem Strom, gewinnt zunehmend an strategischer Bedeutung. Neben der stofflichen Wiederverwertung von CO₂ wird hierdurch die Nutzung fossiler Ressourcen vermieden, was vor allem die wirtschaftliche Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten verringert.

Im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojektes »Strom als Rohstoff« wird die elektrochemische Synthese von Ethen, einem der wichtigsten Ausgangsstoffe der petrochemischen Industrie, aus CO₂ und Wasser demonstriert. Dabei entwickelt das Fraunhofer IGB nicht nur neuartige, effiziente Katalysatoren für die CO₂-Reduktion zu Ethen sowie die dafür notwendige Gasdiffusionselektrode, sondern es hat auch einen Demonstrator konstruiert und gebaut, mit dem nun belastbare Aussagen zu Scale-up-Design und zur Effizienz in Hinblick auf die industrielle Nutzung des Verfahrens getroffen werden können.

Dieser Demonstrator ist mit einer Prozesssteuerung für einen vollautomatischen Betrieb versehen (Abb. 2). Kernkomponente ist eine elektrolytische Zelle (Abb. 3) mit integrierter Gasdiffusionselektrode (GDE). Mit dem Demonstrator wird in derzeit laufenden Arbeiten die Produktion von Ethen auf 130 cm² Membranfläche im kontinuierlichen Durchflussbetrieb



3



4

validiert. Die Anlage erlaubt zudem die gezielte Analyse der jeweils gasförmig und flüssig erzeugten Produkte. Neben Screenings von Katalysatoren und Elektrodenmaterialien können weitere Prozessparameter eingestellt und überwacht werden, um die Technologie und den Prozess zu optimieren und Aussagen über die Effizienz und Langzeitstabilität treffen zu können.

Mit der Anlage können nun bisher im Labormaßstab erzielte Ergebnisse in einen ersten industrierelevanten Maßstab übertragen werden. Der Demonstrator kann durch Anpassung der elektrolytischen Zelle zukünftig auch zu Untersuchungen zur Synthese weiterer Basischemikalien genutzt werden.

www.igb.fraunhofer.de/ethen



Kontakt

Dr.-Ing. Carsten Pietzka

Telefon +49 711 970-4115

carsten.pietzka@igb.fraunhofer.de

Aufreinigung von monoklonalen Antikörpern mit einem neuartigen kontinuierlichen Chromatographieverfahren

»Intensivierung der Aufarbeitung der monoklonalen Antikörper« lautete der Titel eines Teilprojekts, das im Rahmen des vom Land Baden-Württemberg geförderten Industry-on-Campus-Projekts »Rohstoff- und Energieeffizienz durch verfahrenstechnische Innovationen« bearbeitet wurde.

Ziel des Vorhabens war die Erarbeitung von Grundlagen zur Einführung von kontinuierlichen Verfahren in der Herstellung von biopharmazeutischen Komponenten, die bisher mit traditionellen Batch-Verfahren produziert wurden. Der Schwerpunkt lag dabei auf dem Aufreinigungsprozess für monoklonale Antikörper. Der dabei wichtigste chromatographische

Capture-Schritt konnte erfolgreich von einer traditionellen chargenweisen in eine kontinuierliche Prozessführung übertragen werden. Damit konnte die Produktivität deutlich erhöht und Betriebskosten durch Einsparen von Zeit und Prozesschemikalien verringert werden. Die chromatographischen Schritte des Batch-Verfahrens wurden auf die vom Partner LEWA zur Verfügung gestellte kontinuierliche Anlage im Labormaßstab, dem ChromaConCube, übertragen und optimiert. Am Ende der Projektlaufzeit wurde, wie geplant, von Lewa eine Pilot-/Produktionsanlage zur Verfügung gestellt, die ebenfalls in Betrieb genommen wurde. Bei ersten Versuchen mit proteinhaltigen Brühen wurden die Chromatographiematerialien der Partner Tosoh und Atoll eingesetzt.

Mit Abschluss des Projekts stehen potenziellen Anwendern aus der Industrie nun beide Anlagen, sowohl die Pilot- und Produktionsanlage als auch die von LEWA bereitgestellte kontinuierlich arbeitende Laboranlage (ChromaConCube), für Tests am Fraunhofer IGB zur Verfügung.

www.igb.fraunhofer.de/rohstoff-energie-effizienz



Kontakt

Dr. Wolfgang Krischke

Telefon +49 711 970-4218

wolfgang.kriskche@igb.fraunhofer.de

- 1 Pilotanlage zur Torrefizierung von lignocellulosehaltigen Rohstoffen.
- 2 Demonstrator mit den Kreisläufen zur Elektrolyt- (linke Seite) und Gasführung (rechte Seite).
- 3 Elektrochemische Zelle zur CO₂-Reduktion.
- 4 LEWA Ecoprime Twin, Pilot- und Produktionsanlage.



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.

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.

Vernetzung und Kooperation

Um historisch gewachsene Infrastrukturen durch Systemlösungen mit neuesten Technologien zu ersetzen, entwickeln wir integrierte Stoffstrom- und Energiekonzepte für Industrie, Kommunen und ganze Regionen. Deshalb engagieren wir uns in den Fraunhofer-Allianzen Energie, Bau und SysWasser sowie der Fraunhofer-Initiative Morgenstadt. Darüber hinaus ist das Fraunhofer 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 Wassermanagementkonzepte, 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.



ANGEBOTE FÜR DIE ENERGIEWENDE

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 CO_2 – in chemische Energiespeicher, etwa längerkettige 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 Eigenstromerzeugern 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 CO_2 mit hoher Kapazität binden.



UNSER BEITRAG ZUM NEXUS WASSER – ENERGIE – ERNÄHRUNG – ROHSTOFFE

Immer mehr Menschen leben auf der Erde, die es mit Wasser, Nahrung, Energie und Konsumgütern zu versorgen gilt. Dabei haben heute schon 780 Millionen Menschen keinen Zugang zu sauberem Wasser und über eine Milliarde Menschen weltweit leiden Hunger. Übermäßiger Ressourcenverbrauch und Klimawandel führen dazu, dass Rohstoffe weiter zur Neige gehen, immer mehr Böden erodieren und Grundwasserreserven knapper werden. Damit verschärft sich die Konkurrenz um Ressourcen weiter.

Nachhaltigkeit durch integriertes Ressourcenmanagement

Wasser ist nicht nur unser wichtigstes Lebensmittel, sondern auch elementar für die Landwirtschaft, die weltweit bis zu 70 Prozent des benötigten Wassers beansprucht. Auch der Energiesektor benötigt Wasser, etwa zum Kühlen, zum Erhitzen oder zur Nutzung der Wasserkraft selbst. Energie wiederum wird gebraucht, um Wasser aufzubereiten, zu transportieren und zu reinigen, um Dünger für die Landwirtschaft herzustellen und Nahrungsmittel zu produzieren.

Mit integrierten Konzepten berücksichtigt das Fraunhofer IGB den Nexus der Ressourcen Wasser – Energie – Ernährung – Rohstoffe. Der Begriff »Nexus« kommt aus dem Lateinischen und bedeutet soviel wie Verknüpfung, Verbindung, Zusammenhang. Er bringt zum Ausdruck, dass die Ressourcen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können, auch wenn sie in getrennten Branchen bewirtschaftet werden. Die Nutzung der einen Ressource hat vielmehr immer auch Auswirkungen auf die anderen.

Neue Herausforderungen erfordern sektorenübergreifendes Handeln

Das zeigt sich treffend am Beispiel der Landwirtschaft: Der Agrarsektor produziert längst nicht mehr nur die lebensnotwendigen Nahrungsmittel, sondern zunehmend auch Energieträger in Form von Biokraftstoffen oder Biogas. So wird zwar verhindert, dass noch mehr Kohlenstoffdioxid aus fossilen Energieträgern freigesetzt wird. Die Konkurrenz um landwirtschaftlich nutzbare Flächen und der zusätzliche Verbrauch von Wasser und Nährstoffen können jedoch unter Umständen die Sicherstellung mit Nahrungsmitteln beeinträchtigen.

Nachhaltige Lösungen können nur dann gefunden werden, wenn das Denken in Sektoren aufgebrochen und ganzheitlich gehandelt wird. Das Fraunhofer IGB entwickelt innovative integrierte Lösungen für ein nachhaltiges Zusammenspiel der Bereiche Wasser, Energie, Ernährung und Rohstoffe für Kommunen, Landwirtschaft und Industrie – und zum Wohle der Umwelt.

Dabei setzen wir auch auf das Potenzial, das sich durch den Ausbau dezentraler, regenerativer Energien im Zuge der Energiewende ergibt, und entwickeln beispielsweise Technologien, welche die schwankende Stromerzeugung aus Wind und Sonne durch eine verlustfreie Speicherung des Stroms ausgleichen oder direkt mit der industriellen Wertschöpfung verknüpfen.

¹ Klärschlamm kann effizient zu Biogas vergoren werden.

² Anaerobe Abwasserreinigung im Bioreaktor.



Kläranlagen: Abwasser reinigen und Energie gewinnen

Die in den Industrieländern typischen zentralen Kläranlagen gehören zu den größten kommunalen Energieverbrauchern. Seit über 20 Jahren arbeitet das Fraunhofer IGB daran, auch kleinere Kläranlagen durch eine Umstellung von der aeroben Schlammstabilisierung auf eine effizientere und flexible anaerobe Hochlastfaulung zugleich zu Energieerzeugern zu machen. »Wenn Klärschlamm, der vor allem aus organischen Kohlenstoffverbindungen besteht, unter Luftausschluss mit einem effizienten Hochlastverfahren in Faultürmen behandelt wird, wandeln ihn anaerobe Bakterien – über Säuren und Alkohole – zu beachtlichen Mengen Biogas um, einem Gemisch aus Kohlenstoffdioxid und Methan«, erläutert Dr. Marius Mohr, der am Fraunhofer IGB die Gruppe »Bioverfahrenstechnik in der Wasser- und Kreislaufwirtschaft« leitet. In Blockheizkraftwerken liefert Biogas Strom und Wärme, die den Nettoenergieverbrauch der Kläranlage deutlich reduzieren oder in manchen Fällen sogar mehr als kompensieren.

In Brasilien dagegen, wo wenig zusätzliche Wärme benötigt wird, bietet sich an, Biogas im Mobilitätssektor zu verwerten. Viele Fahrzeuge sind hier werkseitig mit einem Tetrafuel-Motor ausgestattet, der neben Benzin und Ethanol auch mit komprimiertem Erdgas (Methan) betrieben werden kann. Die Fahrzeuge müssen dazu nur mit einem zusätzlichen Tank ausgerüstet werden. Das auf der Kläranlage der Stadt Franca im Bundesstaat São Paulo erzeugte Biogas wird daher nach einem vom IGB entwickelten Konzept aufbereitet und kann als Biomethan getankt werden (siehe S. 74). In beiden Fällen profitieren nicht nur die Betreiber der Kläranlage, sondern auch das Klima, da fossile Energieträger eingespart werden.

Den Ansatz, durch die Vergärung organischer Substanz Energie in Form von Biogas zu gewinnen, hat das Fraunhofer IGB vor rund 10 Jahren auch auf die an organischer Fracht reichen kommunalen Abwässer übertragen. »Im Projekt DEUS 21 haben wir erfolgreich demonstrieren können, dass die organischen Inhaltsstoffe im Abwasser Biogas liefern, wenn sie semi-dezentral in anaeroben Bioreaktoren behandelt

werden«, so Mohr. Je höher dabei die organischen Inhaltsstoffe konzentriert sind, desto effizienter kann das Biogas gebildet werden. Daher werden bestenfalls auch im Haushalt anfallende Bioabfälle mit dem Abwasser »entsorgt«.

Nachhaltige Städte: Bioabfall liefert Energie zum Kochen, Abwasser Nährstoffe für die Landwirtschaft

Genau diesen Ansatz hat das Fraunhofer IGB zusammen mit der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) in dem Projekt »Der urbane Nexus« aufgegriffen. »Für zehn ausgewählte asiatische Städte, in denen die Entwicklung einer geeigneten Abwasserinfrastruktur mit dem Wachstum der Bevölkerung nicht mithalten konnte, haben wir Konzepte für ein integriertes Ressourcenmanagement erarbeitet«, erklärt Mohr. Ein Beispiel ist die Stadt Da Nang in Vietnam, an dessen Küstenstreifen etwa 200 000 Menschen leben, deren Abwasser momentan noch ungenutzt in Gruben versickert.

Nach Mohrs Konzept werden die Abwässer der Haushalte über ein Vakuumsystem abgeleitet. Nahe gelegene Hotels entsorgen ihre Küchenabfälle ebenfalls über diese Leitungen, um den Gehalt an organischen Kohlenstoffverbindungen zu erhöhen. Sie landen, zusammen mit den Abwässern, in einem Tank, der einen Bioreaktor speist. Abgeschlossen von Luft vergären die Bakterien die organische Fracht zu Biogas, das wiederum in den Hotels und Haushalten die Gasflammen in der Küche nährt. Das gereinigte Wasser wird (außer in der Regenzeit) zur Bewässerung der intensiv betriebenen städtischen Landwirtschaft genutzt. Damit werden Grundwasserreserven geschont und die Gefahr, dass das Grundwasser durch nachfließendes Meerwasser versalzt, gemindert. Da das im anaeroben Bioreaktor gereinigte Abwasser noch reichlich Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff enthält, werden die Pflanzen auf dem Feld gleichzeitig gedüngt. Die Landwirte können auf den Einsatz weiterer Dünger verzichten.



Nach langen und schließlich erfolgreichen Verhandlungen über eine finanzielle Unterstützung will die Stadt Da Nang das Vakuumsystem nun auf 110 Grundstücken erproben. Wenn die Ergebnisse positiv ausfallen, ist für Ende 2018 die Umsetzung des Gesamtkonzeptes geplant, das eindrucksvoll zeigt, wie nachhaltige Lösungen aussehen, wenn die Bereiche Wasser, Energie und Ernährungssicherheit zusammen gedacht werden.

Genau darum geht es auch im Projekt »Smart Water Future India«, in dem das IGB ein Konzept für das nachhaltige Ressourcenmanagement in der südindischen Millionenstadt Coimbatore entwickelt. Die Herausforderungen bei der Stadtentwicklung sollen dabei nicht getrennt nach Sektoren betrachtet, sondern Lösungen für Wasserversorgung, Energieversorgung und Ernährungssicherheit übergreifend entwickelt und intelligent vernetzt werden. Für die Bedarfsanalyse lehnt sich das Projekt an die im Rahmen der Fraunhofer-Initiative Morgenstadt entwickelte Methodik des »Morgenstadt City Lab« an, die Mohr bereits in der georgischen Hauptstadt Tiflis erfolgreich angewandt hat (siehe Infokasten).

Regionale Konkurrenz ums Wasser – Gemüsepflanzen mit Abwasser düngen und bewässern

Regionale Konkurrenzen um die Ressource Wasser gibt es vielerorts, auch in den mediterranen Gemüseanbauregionen Europas. Da die Landwirtschaft zu den größten Wasserverbrauchern zählt, sind auch hier neue Konzepte und Verfahren für eine Wasserwiederverwendung gefragt. Anaerob gereinigtes Abwasser enthält, wie oben bereits erwähnt, nach dem Abbau der organischen Verbindungen noch reichlich anorganische Phosphat- und Ammoniumsalze – Nährstoffe, die in der Landwirtschaft dringend benötigt werden. Warum also nicht Abwasser zur Bewässerung und als Nährstoffquelle zugleich nutzen?

»Im Forschungsprojekt HypoWave untersuchen wir, ob sich anaerob gereinigtes kommunales Abwasser aufgrund seines Nährstoffgehalts auch für die hydroponische Pflanzenproduktion wiederverwenden lässt«, sagt Marius Mohr. Bei dieser Kultivierung von Gemüsepflanzen im Gewächshaus kommen die Setzlinge ohne Erde in ihren Pflanzgefäßen aus. Dadurch versickert kein Wasser in den Boden und es verdunstet weniger. Erste Ergebnisse eines Pilotversuchs mit Salatpflanzen zeigen, dass nur eine geringe zusätzliche Nährstoffzufuhr für ein gutes Wachstum erforderlich ist – mit dem Abwasser also auch die darin enthaltenen Nährstoffe sinnvoll wieder genutzt werden.

Nährstoffrückgewinnung für die Landwirtschaft – Schonung natürlicher Rohstoffe und fossiler Energie

Die Wiederverwendung von nährstoffreichem Abwasser ist auf den direkten, regionalen Einsatz beschränkt. Wenn dies nicht möglich ist, auch aufgrund gesetzlicher Vorgaben, können die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe Phosphor und Stickstoff in fester, transportierbarer Form als Düngemittel zurückgewonnen werden – und die Basis für eine kreislauforientierte Landwirtschaft schaffen.

Denn mit der Ernte der Pflanzen werden dem Boden Nährstoffe entzogen, die in der heutigen modernen Landwirtschaft in erster Linie über synthetische Düngemittel ausgeglichen werden. Doch Lagerstätten von Rohphosphaten sind zunehmend mit Schwermetallen verunreinigt. Und die industrielle Herstellung von Stickstoffdünger mit dem Haber-Bosch-Verfahren verschlingt enorme Mengen an Energie: Etwa zwei Prozent der Welt-Primärenergieerzeugung und fünf Prozent des weltweiten Verbrauchs an Erdgas gehen allein auf das Konto der Stickstoffdünger-Herstellung.



5



6

Dabei gehen die in der Pflanze gespeicherten Nährstoffe nicht wirklich verloren, sondern landen über die Nahrungskette in Bioabfällen, Gülle und Gärresten sowie im Abwasser.

»Gelingt es, den Nährstoffkreislauf durch Rückgewinnung der Nährstoffe aus diesen Abfallströmen und das Recycling zu Düngemitteln zu schließen, können natürliche Rohstoffreserven und fossile Energieträger geschont werden«, legt Dr. Iosif Mariakakis dar, der die Gruppe Nährstoffmanagement am Fraunhofer IGB leitet.

4,3 Millionen Tonnen Phosphor pro Jahr gehen Schätzungen zufolge weltweit allein über das Abwassersystem verloren.

»Mit unserem ePhos®-Verfahren haben wir einen elektrochemischen Prozess entwickelt, mit dem Stickstoff und Phosphor – ohne jegliche Zugabe von Salzen oder Laugen – als Magnesiumammoniumphosphat (Struvit) aus kommunalem Abwasser ausgefällt werden können«, so der IGB-Experte. Der Energiebedarf ist gering und kann vollständig aus erneuerbaren Quellen gespeist werden. Struvit ist ein hochwertiger Langzeitdünger für die Landwirtschaft und kann direkt von den Pflanzen aufgenommen werden.

Auch für Gülle konnte das IGB im Rahmen verschiedener Projekte ein Konzept entwickeln, um Phosphor als Düngersalz zurückzugewinnen. In einer mobilen, vollautomatisierten Pilotanlage mit einem Durchsatz von einem Kubikmeter Rohgülle pro Stunde können mehr als 90 Prozent des Phosphors aus Gülle abgetrennt, gefällt und kristallisiert werden (siehe S. 73). Durch die Kombination des Fällungsschritts mit einer energiearmen Fest-Flüssig-Trennung wird zudem eine nährstoffarme Organikfraktion hergestellt, die als Bodenverbesserer eingesetzt werden kann, um insbesondere die Feuchtekapazität im Boden zu erhöhen. Das Verfahren lässt sich ebenso für die Rückgewinnung von Phosphor aus Gärresten einsetzen, die in landwirtschaftlichen Biogasanlagen anfallen.

Fraunhofer Innovationsnetzwerk Morgenstadt

Die »Morgenstadt« ist die Vision einer nachhaltigen, lebenswerten und zukunftsfähigen Stadt und ihrem suburbanen Umland. Ziel der Initiative ist, optimierte Technologien zu einem ganzheitlichen System in der Stadt der Zukunft zusammenzuführen.

Dr. Marius Mohr ist als Experte für Wassermanagement in der Morgenstadt beteiligt. In einem interdisziplinären Team identifizierte er relevante Wirkfaktoren, aus dem ein handlungsorientiertes Modell für eine nachhaltige Stadtentwicklung erarbeitet wurde, welches über die Sektorgrenzen hinweg die gesamte Stadt im Blick hat. Im Rahmen eines Morgenstadt City Labs leitete er ein Team aus Wissenschaftlern, um der georgischen Hauptstadt Tiflis mithilfe der zuvor erarbeiteten Methode den Weg zu einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Stadt aufzuzeigen.

- 3 *Landwirtschaftliche Nutzflächen in der vietnamesischen Stadt Da Nang: Zukünftig können die Bewohner gereinigtes Abwasser nutzen, um die Beete zu bewässern.*
- 4 *Im Projekt Hypowave wird untersucht, wie nährstoffreiches kommunales Abwasser für die Bewässerung von hydroponischen Anbausystemen eingesetzt werden kann.*
- 5 *Organische Bodenverbesserer, aus Gülle und Gärresten gewonnen, geben ausgelaugten Böden organische Substanz zurück und verbessern die Bodenfruchtbarkeit.*
- 6 *Mit dem ePhos®-Verfahren werden nahezu 90 Prozent des Phosphors in kommunalem Abwasser als Struvit-Dünger zurückgewonnen.*



Erschließung neuer Wasserquellen – kostenoptimiert und dezentral

In ariden und semi-ariden Gebieten kann die Trinkwasserversorgung oft nur noch durch die Entsalzung von Meerwasser oder Grundwasser sichergestellt werden. Technologien wie Umkehrosmose oder konventionelle thermische Verfahren sind allerdings energieintensiv und verbrauchen momentan noch große Mengen fossiler Energieträger. Das IGB arbeitet an energieeffizienten und zugleich robusten, im Hinblick auf die verwendeten Materialien kostenoptimierten Alternativen, die auch für ärmere Länder erschwinglich sind. Bei der mehrstufigen Vakuumverdampfung kann beispielsweise solare Wärmeenergie für die Entsalzung von Salzwasser genutzt werden. In den letzten Jahren wurden auch vermehrt elektrophoretische Verfahren für die Entsalzung weiterentwickelt. »Die kapazitive Deionisierung (CDI) etwa benötigt deutlich weniger Energie im Vergleich zu einer Umkehrosmose-Anlage«, weiß Siegfried Egner, Leiter der Abteilung Physikalische Prozesstechnik am IGB. In einer Variante der Vakuumverdampfung wird das zugrundeliegende Prinzip eingesetzt, um Luftfeuchte als Wasserreservoir zu erschließen.

Der Nexus-Ansatz in der Prozessindustrie in Zeiten der Energiewende

Was auf Ebene der Kommunen nur langsam oder erst durch den Druck gesetzlicher Verordnungen umgesetzt wird, hat in vielen Produktionsstätten der prozessorientierten Industrien längst Einzug gehalten. Denn steigende Rohstoffpreise und Kosten bei der Abwasserentsorgung machen die Aufbereitung und Wiederverwendung von Prozesswässern und -abwässern und die Rückgewinnung von Hilfs- und Prozessstoffen für die Unternehmen zu einer wirtschaftlich attraktiven Herausforderung.

Im Zuge der Energiewende und des Ausbaus der dezentralen Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ändert sich dabei gerade die Ausgangslage: Galten elektrochemische Verfahren – vor allem für die chemische Synthese von Grundchemikalien – aufgrund ihres Strombedarfs bislang eher als unwirtschaftlich, gewinnen sie in Zeiten, in denen akut nicht benötigter Strom aus fluktuierenden Quellen (Windkraft und Photovoltaik) die Preise an den Strombörsen drückt, an Bedeutung.

Entscheidend dabei ist, dass elektrochemische und elektrophysikalische Verfahren – genau wie die verschiedenen Energiespeicher – als Stromabnehmer einen Beitrag zur Netzstabilisierung leisten können. »Wir gestalten unsere elektrochemischen und elektrophysikalischen Zellen daher möglichst flexibel und implementieren sie so in ein Anlagensystem, dass sie in Abhängigkeit der Auslastung des Stromnetzes betrieben werden können«, erläutert Egner den Ansatz am IGB.

Neben solchen flexiblen Stromnutzungsmodellen (sowie Batterien und Pumpspeichern) sind ausreichend chemische Langzeitspeicher erforderlich, um die schwankende Stromerzeugung aus Wind und Sonne auszugleichen. In diesem Zusammenhang kann auch Biogas, zu Methan aufgereinigt, eine wichtige Rolle spielen. Es schlägt nicht nur eine Brücke zum Sektor der Mobilität, sondern kann als Langzeitspeicher auch ins Erdgasnetz eingespeist oder als stofflicher Speicher zu Methanol umgewandelt werden. Darüber hinaus wird mit neuen thermo-chemischen Sorptionswärmespeichern zur verlustfreien Langzeitspeicherung von Wärme, die am IGB entwickelt wurden, sogar die Speicherung von Strom in dieser Form effizient.



9

Ressourceneffizienz durch Wasserwiederverwendung und Wertstoffrückgewinnung

Anders als in der kommunalen Abwasserreinigung werden die Verunreinigungen in industriellem Prozess- und Abwasser in hohem Maße von der Branche und dem spezifischen Fertigungsprozess bestimmt. Um Prozessabwasser im Sinne der Kreislaufführung wiederzuverwenden, müssen die Störstoffe mit möglichst geringem Energie- und Materialaufwand entfernt werden. »Neben einem Stoffstrommanagement und der selektiven Erfassung von Kontaminationen erfordert dies eine maßgeschneiderte integrierte Prozesstechnik zur spezifischen Behandlung«, führt Egner aus.

Das Fraunhofer IGB hat hierzu verschiedene elektrochemische und elektrophoretische Verfahren etabliert, mit denen sich im Wasser enthaltene Hilfs- und Wertstoffe nicht nur entfernen, sondern in wiederverwertbarer Form abtrennen lassen. So können mittels Elektrodialyse oder kapazitiver Deionisierung Salze zurückgewonnen, mit Free-Flow-Elektrophorese Metallionen bei hohen Ausbeuten in hochreine Fraktionen überführt werden. Der Vorteil der elektrochemischen und elektrophoretischen Verfahren: Sie arbeiten ohne jeglichen Zusatz von Chemikalien.

Ein solches produktionsintegriertes Wasserrecycling ermöglicht darüber hinaus auch eine größere Unabhängigkeit vom Vorkommen natürlicher Wasserressourcen und damit eine Produktion an wasserärmeren Standorten – bis hin zur vollständigen Unabhängigkeit von natürlichen Wasserressourcen durch Zero Liquid Discharge.

Power-to-Chemicals – modular, flexibel, energieeffizient

Für die elektrosynthetische Herstellung von Basischemikalien als Option zum direkten Ausgleich eines Stromüberangebots entwickelt das Fraunhofer IGB Katalysatoren und geeignete Membranen, Verfahren und Apparate mit stromgeführter Betriebsweise. Im Fraunhofer-Leitprojekt »Strom als Rohstoff« beispielsweise erarbeitet das IGB ein einstufiges Verfahren, mit dem Ethen elektrochemisch in nur einem Verfahrensschritt hergestellt wird. Im EU-Projekt Celbicon wird aus CO₂ durch Elektrokatalyse Methanol hergestellt, das als Substrat für eine Fermentation Verwendung findet. Eine Elektrolysezelle, in der sich mit elektrischer Energie nur aus Wasser und Luft Wasserstoffperoxid herstellen lässt, ist bereits als Prototyp am IGB verfügbar.

Kontakt



Dr.-Ing. Marius Mohr

Telefon +49 711 970-4216
marius.mohr@igb.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Iosif Mariakakis

Telefon +49 711 970-4231
iosif.mariakakis@igb.fraunhofer.de



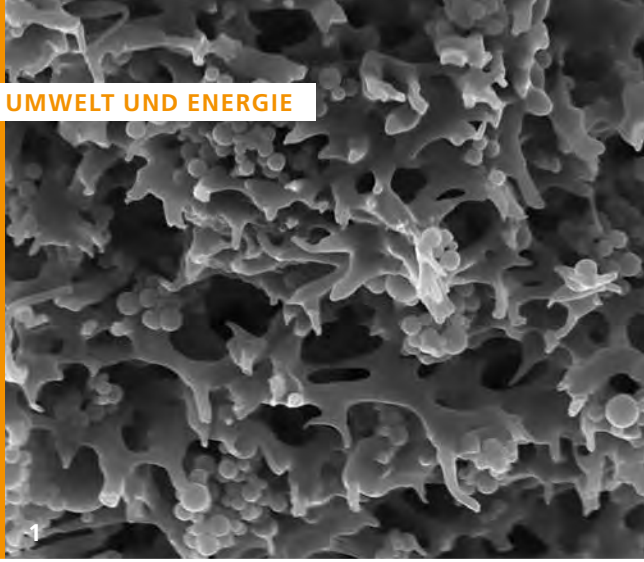
Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Telefon +49 711 970-3546
siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

7 Durch die Kombination einer Vakuumverdampfung mit einem Adsorptionsschritt kann Wasser aus Luftfeuchte gewonnen werden.

8 Mit der Free-Flow-Elektrophorese werden Metalle zurückgewonnen.

9 Elektrosynthetische Verfahren verknüpfen die Energiewende mit industrieller Wertschöpfung.



Membranadsorber für die Abtrennung von Mikroschadstoffen

Für die Wasserfiltration stehen heute bereits unterschiedliche Membrantypen kommerziell zur Verfügung. Gemeinsam ist diesen Membranen, dass im Wesentlichen unterschiedliche Trenngrenzen für einen Größenausschluss genutzt werden. Wir entwickeln in diesem Projekt Mixed-Matrix-Membranen, die zusätzlich zu ihrer Filtrationsfunktion in Wasser gelöste Stoffe adsorptiv binden können. Dazu werden Submikropartikel mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen hergestellt und über einen Phaseninversionsprozess in Membranen eingebaut. Über Nassspinnen können auch partikelgefüllte Hohlfasermembranen hergestellt werden. Diese Membranen werden genutzt, um Mikroschadstoffe wie Diclofenac oder Metoprolol aus Wasser abzutrennen. Zukünftig sollen unterschiedliche Partikel in Membranen eingebaut werden, um verschiedene Mikroschadstoffe gleichzeitig abzutrennen.

www.igb.fraunhofer.de/polinom



Kontakt

Dr. Thomas Schiestel

Telefon +49 711 970-4164

thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de

Mobile modulare Pilotanlage zur biologischen Reinigung industrieller Abwässer

Die in der Industrie anfallenden Abwasserströme verursachen bei der Einleitung in kommunale Kläranlagen häufig Probleme durch schwer abbaubare Substanzen bzw. hohe CSB-Frachten (Chemischer Sauerstoffbedarf). Sinnvollerweise sollten Industrieabwässer in möglichst unverdünnter Form am Entstehungsort gereinigt werden, um die Kläranlagen nicht außergewöhnlich zu belasten und ggf. eine Kreislaufführung des Wassers im Betrieb zu ermöglichen. Das Abwasser aus industriellen Fertigungsprozessen ist in seiner Zusammensetzung meist einzigartig und je nach Produktionszyklus variabel.

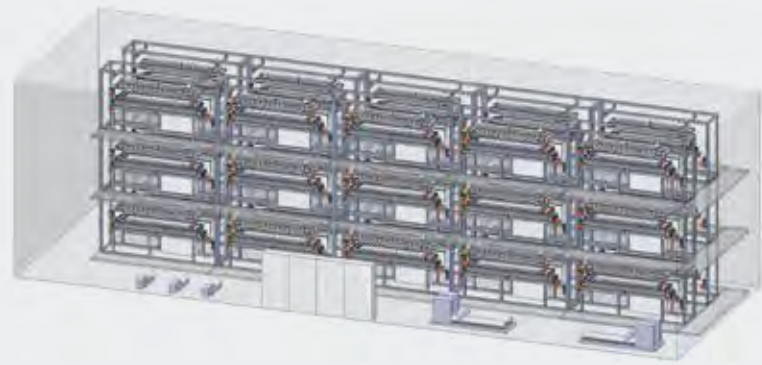
Es ist daher ratsam, vor der Auslegung einer Abwasserreinigungsanlage Pilotversuche durchzuführen. Je nach Zusammensetzung des Abwassers kann es sinnvoll sein, anaerobe und/oder aerobe Verfahren einzusetzen. Im Rahmen des vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg geförderten Vorhabens »Rohstoff- und Energieeffizienz durch verfahrenstechnische Innovationen« wurde ein anaerober Membranbioreaktor im Technikum des Fraunhofer IGB mit Brauereiabwasser betrieben sowie eine mobile Pilotanlage aufgebaut.

Die Pilotanlage besteht aus einem anaeroben EGSR-Reaktor (engl. Expanded Granular Sludge Bed) mit einem Volumen von 370 Litern und einem aeroben Sequencing Batch Reactor (SBR) mit einem Volumen von 250 Litern. Für einen flexiblen Einsatz wurden die Module so gestaltet, dass sowohl der aerobe als auch der anaerobe Anlagenteil jeweils einzeln als auch in Kombination verwendet werden können. Abhängig von den Eigenschaften des Zulaufs und den Reinigungszielen kann eingestellt werden, welcher Anteil am Zulauf im Bypass an dem EGSR-Reaktor vorbeigeführt wird. Die Anlage ist so weit automatisiert, dass Personal nur zur Befüllung des Vorlagebehälters benötigt wird.

1 Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Mixed-Matrix-Membran.

2 Mobile Pilotanlage im neuen Technikum des Fraunhofer IGB.

3 Entwurf eines Aufstellungsplans für eine Kläranlage mit 500 000 EW.



3

Mitte 2018 wird die mobile Pilotanlage bei einem Pharmaunternehmen zu ihrem ersten Einsatz kommen. Danach steht sie für Versuche bei interessierten Unternehmen unterschiedlicher Branchen zur Verfügung. Ergänzend unterstützt das Fraunhofer IGB bei der Entscheidung, welche Abwasserströme zusammengeführt, welche getrennt behandelt und welche nach Behandlung wieder verwendet werden können.

www.igb.fraunhofer.de/ioc_anaerob-aerob



Kontakt

Dr.-Ing. Marius Mohr

Telefon +49 711 970-4216

marius.mohr@igb.fraunhofer.de

ePhos® – Elektrochemische Phosphorrückgewinnung

Mit dem weltweit steigenden Bedarf an Lebensmitteln wächst die Nachfrage für phosphorhaltige Düngemittel. Das vom Fraunhofer IGB entwickelte Verfahren ePhos® dient der Rückgewinnung von Phosphat (PO_4^{3-}) und Ammonium (NH_4^+) auf kommunalen Kläranlagen. Die Stoffe werden in einem elektrochemischen Prozess als pflanzenverfügbares Magnesium-Ammonium-Phosphat $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (MAP oder Struvit) ausgefällt. Struvit ist ein hochwertiger Langzeitdünger und kann in der Landwirtschaft direkt als Düngemittel angewandt werden. Wesentlicher Vorteil des ePhos®-Verfahrens ist der vollständige Verzicht auf Zugabe von Chemikalien. Das zur Struvitbildung benötigte Magnesium wird mittels einer Opferanode in einer Elektrolysezelle zudosiert.

Auf dem Betriebsgelände einer städtischen Kläranlage wurde der Dauerbetrieb einer Pilotanlage im letzten Jahr unter realen Bedingungen mit einem Durchfluss von bis zu $3 \text{ m}^3/\text{h}$ erfolgreich erprobt. Innerhalb des Betriebszeitraums von einem Jahr konnte eine durchschnittliche Eliminationsrate von über

80 Prozent erreicht werden. Der mittlere Energiebedarf für die Behandlung von einem Kubikmeter Zentratwasser lag dabei knapp unter $0,5 \text{ kWh}$. Mit den gewonnenen Erkenntnissen aus der Pilotierung wird die Technologie weiter optimiert. Eine erste großtechnische Umsetzung ist auf einer norddeutschen Kläranlage mit einem Einwohnerwert (EW) von 70 000 in Vorbereitung. Sie wird dort zur Phosphatrückgewinnung aus Zentratwasser der Schlammfäulung eingesetzt.

www.igb.fraunhofer.de/lephos



Kontakt

Dr.-Ing. Iosif Mariakakis

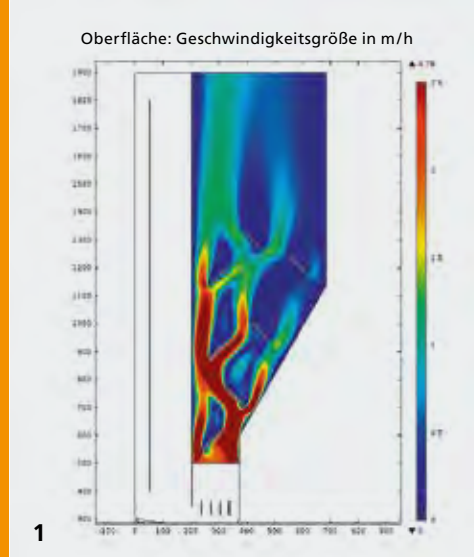
Telefon +49 711 970-4231

iosif.mariakakis@igb.fraunhofer.de

Gülleaufbereitung und Phosphorrückgewinnung

In dem von der EU geförderten Projekt »BioEcoSIM« wurde ein Konzept entwickelt und verifiziert, bei dem aus Gülle mittels Fällung ein phosphor- und kaliumhaltiger Dünger rückgewonnen wird, der nachweisbar pflanzenstärkende Eigenschaften aufweist. Die entwickelte Technologie konnte in einer halbtechnischen Anlage realisiert werden. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts »PhosKa-Demo« wurde das Verfahren nun weiter aufskaliert und im Dauerbetrieb getestet.

Eine mobile, vollautomatisierte Anlage mit einem Durchsatz von $1 \text{ m}^3/\text{h}$ Rohgülle wurde ausgelegt, konstruiert und aufgebaut. Kern der Anlage bzw. der Entwicklung ist ein Kristallisationsreaktor, der das Wachstum des kristallartigen Düngers für eine verbesserte Abtrennung bzw. Formulierung fördert. Die Anlage besteht aus einer Konditionierungsstufe, einer zweistufigen Fest-Flüssig-Trennung und der nachgeschalteten Kristallisation bzw. Fällung. Nach der Inbetriebnahme wurde



die Anlage bei einem potenziellen Anwender, einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Tierhaltung, im Dauerbetrieb getestet und weiter optimiert.

Mit dem Verfahren können mehr als 90 Prozent des in der Gülle enthaltenen Phosphors als Düngersalz zurückgewonnen werden. Zudem wird durch die Kombination mit einer energiearmen und robusten Fest-Flüssig-Trennung eine nährstoffarme Organikfraktion hergestellt, die als Bodenverbesserer eingesetzt werden kann.

Auch in diesem Projekt konnte die Qualität und Düngemittelwirkung des zurückgewonnenen Düngers im Vergleich zu mineralischen Phosphordüngern mit ähnlichem Phosphorgehalt durch Treibhaus- und Freilandversuche bestätigt werden.

In einem weiteren Vorhaben wird der Anlage eine Stufe zur Stickstoffrückgewinnung als Ammoniumsulfat nachgeschaltet. Damit eignet sich das Verfahren für eine vollständige und effiziente Gülleaufbereitung.

www.igb.fraunhofer.delfoska



Kontakt

Dr.-Ing. Iosif Mariakakis

Telefon +49 711 970-4231

iosif.mariakakis@igb.fraunhofer.de

Klimafreundliche Faulgasaufbereitungsanlage in Brasilien eröffnet

Im Dezember 2017 konnte im brasilianischen Franca eine neue Faulgasaufbereitungsanlage in Betrieb genommen werden. Damit endet das von der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) des Bundesumweltministeriums geförderte Projekt »Nutzung der Faulgase einer kommunalen Kläranlage für Transportzwecke«. Zur Minderung von Treibhausgasemissionen wurde hier, in Zusammenarbeit des brasilianischen Wasserversorgers SABESP mit dem Fraunhofer IGB, ein Demonstrationsprojekt durchgeführt. Ziel des 2009 gestarteten Vorhabens war die Aufbereitung von Faulgasen auf Erdgasqualität. Mit dem entstehenden Biomethan kann künftig die betriebseigene Fahrzeugflotte des Wasserversorgers betrieben werden.

Die Zusammenarbeit im Rahmen des Projektes reichte von der Grundlagenermittlung über die Planung bis hin zu Bau und Inbetriebnahme der Faulgasaufbereitungsanlage, die in die Kläranlage Franca integriert wurde (Abb. 3). Auch Schulungen zum fachgerechten Betrieb der Anlage waren vorgesehen. Zu diesem Zweck reisten im Oktober 2017 acht brasilianische Delegierte nach Deutschland. In den Städten Heidelberg und Edenkoben besichtigten sie Kläranlagen mit Schlammfäulung und Faulgasnutzung und nahmen an Schulungen zum Thema Biogasaufbereitung teil.

Anfang Dezember wurde die fertige Anlage in Franca erfolgreich in Betrieb genommen. Sie kann 120 Nm³/h Rohgas bearbeiten und erzeugt bis zu 2000 Nm³/d Biomethan. Ein erstes Fahrzeug konnte bereits mit dem aufgewerteten Gas betankt werden (Abb. 2), wobei die Qualität des Biokraftstoffs mit 98 Prozent Methan einen sehr guten Wert erreicht. Die Anlage dient nun als Leuchtturmprojekt und könnte in den kommenden Jahren ähnliche Projekte nach sich ziehen. In Brasilien wurde bereits vor der Inbetriebnahme vielfaches Interesse an weiteren Projekten angekündigt. Eine feierliche Einweihung der neuen Anlage erfolgte im März 2018.

- 1 CFD-Simulation des entwickelten Kristallisationsreaktors.
- 2 IGB-Wissenschaftlerin Barbara Waelkens beim ersten Tankvorgang mit dem gewonnenen Biomethan.
- 3 Anlage im brasilianischen Franca, Sicht von einem der Faultürme aus.
- 4 Versuchsreaktor im Technikum des Fraunhofer IGB.



www.igb.fraunhofer.de/franca



Kontakt

Barbara Waelkens M. Sc.

Telefon +49 711 970-4124

barbara.waelkens@igb.fraunhofer.de

Flexibilisierung der Hochlastfaulung vor dem Hintergrund der Energiewende

Im Zuge der Energiewende nimmt der Anteil von Wind- und Solarenergie an der Stromversorgung stetig zu. Da diese Energiequellen nicht kontinuierlich zur Verfügung stehen, wird neben der Energieeffizienz die Flexibilität der Stromabnahme sowie der Stromproduktion aus dezentralen Quellen immer wichtiger. Zu den dezentralen erneuerbaren Energieträgern zählt auch Biogas, das unter anderem bei der Faulung von Klärschlämmen auf Kläranlagen entsteht.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundforschungsprojekts ESiTI (Abwasserbehandlungsanlage der Zukunft: Energiespeicher in der Interaktion mit technischer Infrastruktur im Spannungsfeld von Energieerzeugung und -verbrauch) befassten sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IGB mit der Frage, inwieweit eine Hochlastfaulung mit und ohne Mikrofiltration bei Bedarf flexibel betrieben werden kann, ohne die eigentliche Funktion zu beeinträchtigen.

Die in den Untersuchungen an einer Technikumsanlage aufgetragenen Stoßbelastungen und Temperaturänderungen (Minimum 32 °C, Maximum 43 °C) führten nur zu einer leichten Reduktion des Abbaugrades und der Faulgasproduktion, nicht aber zu einem Versagen des Abbauprozesses. Erst die Zugabe eines hohen Anteils an Co-Substraten führte schließlich zur Übersäuerung. Bei allen aufgetragenen Störungen war zu

beobachten, dass bei gleicher Raumbelastung die Faulung mit integrierter Mikrofiltration stabiler lief.

Es ist davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren neben der Energieeffizienz die flexible Abnahme und Erzeugung von Energie für Kläranlagen eine immer wichtigere Rolle spielt. Das Fraunhofer IGB kann hier auf Grundlage seiner Erfahrungen in ESiTI helfen, die besten Lösungen zu finden.

www.igb.fraunhofer.de/esiti



Kontakt

Dr.-Ing. Marius Mohr

Telefon +49 711 970-4216

marius.mohr@igb.fraunhofer.de

Hochlastfaulung in Erbach (Donau) feierlich eingeweiht

Mit einem Tag der offenen Tür in der Kläranlage Erbach hat Bürgermeister Achim Gaus die neugebaute Hochlastfaulung am 20. Mai 2017 offiziell feierlich eingeweiht. Bei der Hochlastfaulung handelt es sich um einen vom Fraunhofer IGB entwickelten Prozess zur anaeroben Faulung und Stabilisierung von Klärschlämmen. Dieser wurde auf der Kläranlage Erbach umgesetzt.

Der erste Schritt beinhaltete Voruntersuchungen zur Vergärung des Rohschlammes der Kläranlage unter Hochlastbedingungen. Ein Planungsteam mit wissenschaftlicher Begleitung durch das Fraunhofer IGB wurde für die folgenden Schritte eingesetzt. Diese Begleitung reichte vom ersten Termin mit der Genehmigungsbehörde über die Hilfestellung bei den Ausschreibungsunterlagen, die Unterstützung während der Bauphase bis zur »Wasserfahrt« mit anschließender Inokulation mit Faulschlamm von einer benachbarten Kläranlage, bis hin zum Probetrieb. Mitte Dezember 2016 folgten die



Abnahmen mit den ausführenden Firmen und die Bauendabnahme mit dem Landratsamt. Damit konnte die funktionsfähige Anlage an die Stadt Erbach übergeben werden.

Die Reduzierung der zu entsorgenden Klärschlammmenge erreicht mehr als 25 Prozent. Dabei wird ein großer Teil der organischen Inhaltsstoffe von anaeroben Mikroorganismen zu Faulgas umgesetzt. Nach Reinigungsschritten verwertet ein Blockheizkraftwerk das gebildete Faulgas und erzeugt Strom und Wärme, welche auf der Kläranlage und auf dem angrenzenden Bauhof Verwendung finden.

Die Hochlastfaulung sorgt dafür, dass ein großer Teil der notwendigen Energie zum Betrieb der Kläranlage aus der Schlammverwertung geliefert wird. Sowohl der elektrische Strom als auch die Wärme werden genutzt. Die Ausnutzung der Energie erreicht einen erfreulich hohen Gesamtwirkungsgrad. Die nächste Hochlastfaulung befindet sich bereits in der Bauphase.

www.igb.fraunhofer.de/hlf-erbach



Kontakt

Barbara Waelkens M. Sc.

Telefon +49 711 970-4124

barbara.waelkens@igb.fraunhofer.de

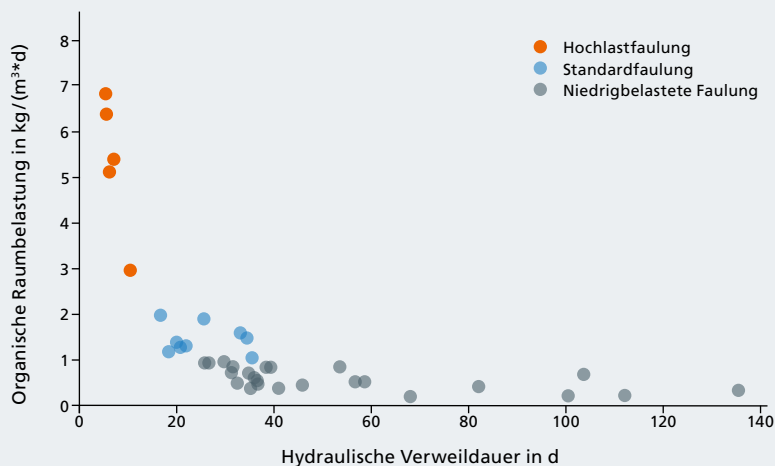
Potenzialanalyse zur Erzeugung von Biogas in Klärschlammvergärungsanlagen

Im Rahmen des Förderprogrammes BioÖkonomie Baden-Württemberg wurde das Potenzial des Abfallstoffes Klärschlamm zur Erzeugung von Biogas in Baden-Württemberg ermittelt. Die Studie zeigte das erweiterte Potenzial der bestehenden Kläranlagen der Größenklasse 4 zur Biogaserzeugung auf. Die Umrüstung von Kläranlagen dieser Größenklasse von der aeroben zur anaeroben Schlammstabilisierung sowie ein optimierter Betrieb von Faulbehältern mittels höherer Raumbelastung ermöglichen die Steigerung der Biogasproduktion.

Anhand unserer Analyse konnten wir zeigen, dass insgesamt noch weitere 40 bis 52 GWh/a Strom und 60 bis 80 GWh/a Wärme auf den Kläranlagen in Baden-Württemberg produziert werden könnten. Die Umrüstung einer Kläranlage von aerober auf anaerobe Schlammstabilisierung ermöglicht eine eigene Strom- und Wärmeproduktion. Dadurch könnten die über 60 Kommunen ohne Faulung besonders profitieren. Alleine durch die Umrüstung auf anaerobe Schlammstabilisierung könnten zirka 40 Prozent des gesamten zusätzlichen Biogaspotenzials erreicht werden. Die Optimierung der knapp 220 bestehenden Faulbehälter durch höhere Belastung und verbesserten Betrieb würde mit den verbleibenden 60 Prozent zur Biogaspotenzialsteigerung beitragen.

Neben dem Biogaspotenzial wurden, mittels Besuchen und Besprechungen mit Betreibern sowie der Auswertung von Betriebstagebüchern, die Herausforderungen einzelner Kläranlagen und »Best Practices« zur energetischen Optimierung auf Kläranlagen identifiziert. Das Schlammmanagement, die Schlammqualität und ein effizienter Faulprozess bestimmen maßgeblich einen effektiven Feststoffabbau und die Biogasproduktion. Verschiedene Kläranlagen betreiben beispielsweise Belebungsbecken mit unnötig hohem Schlammalter. Mehrere der evaluierten Faulbehälter werden unter besonders niedrigen Lasten betrieben (Abb. 3). Das Fraunhofer IGB konnte im Rahmen der Studie durch eine systematische Analyse

- 1 *Eingerüstete Hochlastfaulung im Bau mit Notfackel im Vordergrund.*
- 2 *Faulschlamm der Nachbarkläranlage kommt zur Inokulation.*
- 3 *Organische Raumbelastung als Funktion der Verweilzeit.*
- 4 *Biogasversuche am Fraunhofer IGB.*



3



4

sowie konkrete Maßnahmen an einigen ausgewählten Kläranlagen zeigen, dass die Biogasproduktion aus Klärschlamm gesteigert, Schlammengen reduziert und Entsorgungskosten minimiert werden können.

www.igb.fraunhofer.de/biooekonomie-biogas



Kontakt

Barbara Waelkens M. Sc.

Telefon +49 711 970-4124

barbara.waelkens@igb.fraunhofer.de

Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette – GOBi

In einem Verbundprojekt mit der Universität Hohenheim sowie verschiedenen Industriepartnern arbeitete das Fraunhofer IGB an einer nachhaltigen Biogasprozesskette, bei der alle Prozessschritte vom Pflanzenanbau bis zur Verwertung anfallender Reststoffe untersucht wurden. Wissenschaftler des Fraunhofer IGB charakterisierten dabei das Fermentationsverhalten und die Biogasproduktion verschiedener nachwachsender Rohstoffe nach Modifikationen bei der Silierung.

Für Mais-, Amaranth-, Gras- sowie Roggen-Ganzpflanzensilage wurden verschiedene Silierbedingungen hinsichtlich der Biogasausbeute aus den abgepressten Silagerückständen bewertet, aus denen zuvor organische Säuren als Wertstoff gewonnen wurden. Die Untersuchungen erfolgten in 1-Liter-Fed-Batch-Ansätzen unter standardisierten Bedingungen. Mit der so ermittelten Biogasausbeute aus den Silagefeststoffen und den durch Silierung gewonnenen Säuren konnte die Kaskadennutzung aus Säureproduktion und anschließender Biogasproduktion der verschiedenen Silagen bewertet werden.

In einer zweistufigen Technikumsanlage (je 130 Liter, wobei jede der Stufen als Methanstufe betrieben wurde) haben wir anschließend Amaranthsilage und Grassilage nacheinander als Monosubstrate zur Biogasproduktion eingesetzt. Dabei wurden sie hinsichtlich der Verbesserung der Produktivität sowie der Biogasausbeute und des Organik-Abbaus untersucht. Das Ziel, mit dem jeweiligen Monosubstrat und einer Verweilzeit von 25 Tagen einen stabilen, kontinuierlichen Langzeitbetrieb zur kontinuierlichen Biogasbildung zu realisieren, wurde erreicht. Für Amaranthsilage wurde im zweistufigen Prozess mit der Verweilzeit von 25 Tagen je Stufe eine Biogasausbeute von 451 L/g oTR_{zugegeben} (Normbedingungen) erzielt (oTR: Organischer Trockenrückstand). Der überwiegende Anteil der Biogasproduktion erfolgte dabei in Stufe 1. Durch das Verkürzen der Verweilzeit auf 20 Tage je Stufe stieg die Biogasproduktivität von 561 L/m³/d auf 638 L/m³/d an, allerdings ging gleichzeitig die substratspezifische Biogasausbeute zurück: in Stufe 1 von 369 L/kg oTR_{zugegeben} auf 326 L/kg oTR_{zugegeben}. Das bedeutet, dass mit einer Verweilzeit von 20 Tagen zwar die Produktivität erhöht werden kann, allerdings nicht ohne Einbußen bei der substratspezifischen Biogasausbeute. Durch eine etwas höhere Verweilzeit kann dies vermieden werden, sodass die größtmögliche Biogasproduktivität bei gleichbleibender Biogasausbeute erreicht werden kann.

www.igb.fraunhofer.de/gobi



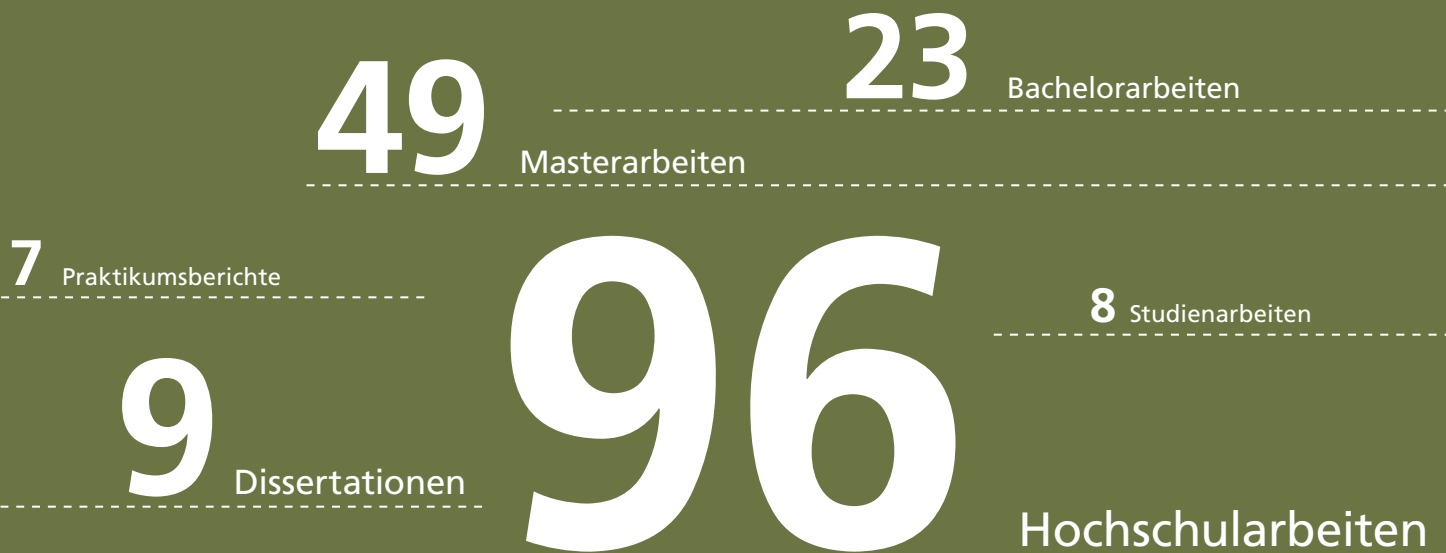
Kontakt

Dr. Brigitte Kempter-Regel

Telefon +49 711 970-4128

brigitte.kempter-regel@igb.fraunhofer.de

WEITERE DATEN UND FAKTEN 2017



12 neue Erfindungsmeldungen

17 neu angemeldete Schutzrechte

42 neu erteilte Schutzrechte

89 insgesamt angemeldete Patentfamilien

1397 Follower auf Twitter

1844 Follower auf LinkedIn

217

68

Vorträge

43

Poster

Publikationen

16 Buchbeiträge

90

Artikel in Fachzeitschriften

29

Vorlesungen

16

Seminare

21

Praktika, Übungen, Projektstudien

66

Lehrtätigkeiten

97

Aktivitäten in Fachausschüssen und Gremien

96

Strategische Kooperationen

23

Messen und Veranstaltungen



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
Doering, Sven: Seite 35
Fogel, Walter: Seiten 15, 32
Fraunhofer IPA: Seiten 26, 27, 29
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)
GmbH: Seite 70
Jackson, J.: Seite 25
Kleinbach, Frank: Seite 8
Krötz, Rafael: Seiten 38, 69, 72
MEV-Verlag: Seite 48
Michalke, Norbert: Seite 61
Müller, Bernd: Seiten 14, 41, 47, 49, 64
Schillinger, Stefan: Umschlag, Seiten 84/85
Shutterstock: Seiten 21, 46

Alle anderen Abbildungen
© Fraunhofer IGB/Fraunhofer-Gesellschaft

Dieser Jahresbericht wurde klimaneutral mit mineral-
ölfreien Farben gedruckt. Das verwendete Papier ist
aus 100 % Altpapier und die Rohstoffe stammen
aus nachhaltiger Forstwirtschaft. Es ist mit dem
EU Ecolabel AT/11/002 und dem Blauen Engel
ausgezeichnet.

ePhos®, foxySPEC®, NANOCYTES®, Morgenstadt® und
POLO® sind eingetragene Marken der Fraunhofer-
Gesellschaft zur Förderung der angewandten
Forschung e. V. in Deutschland.

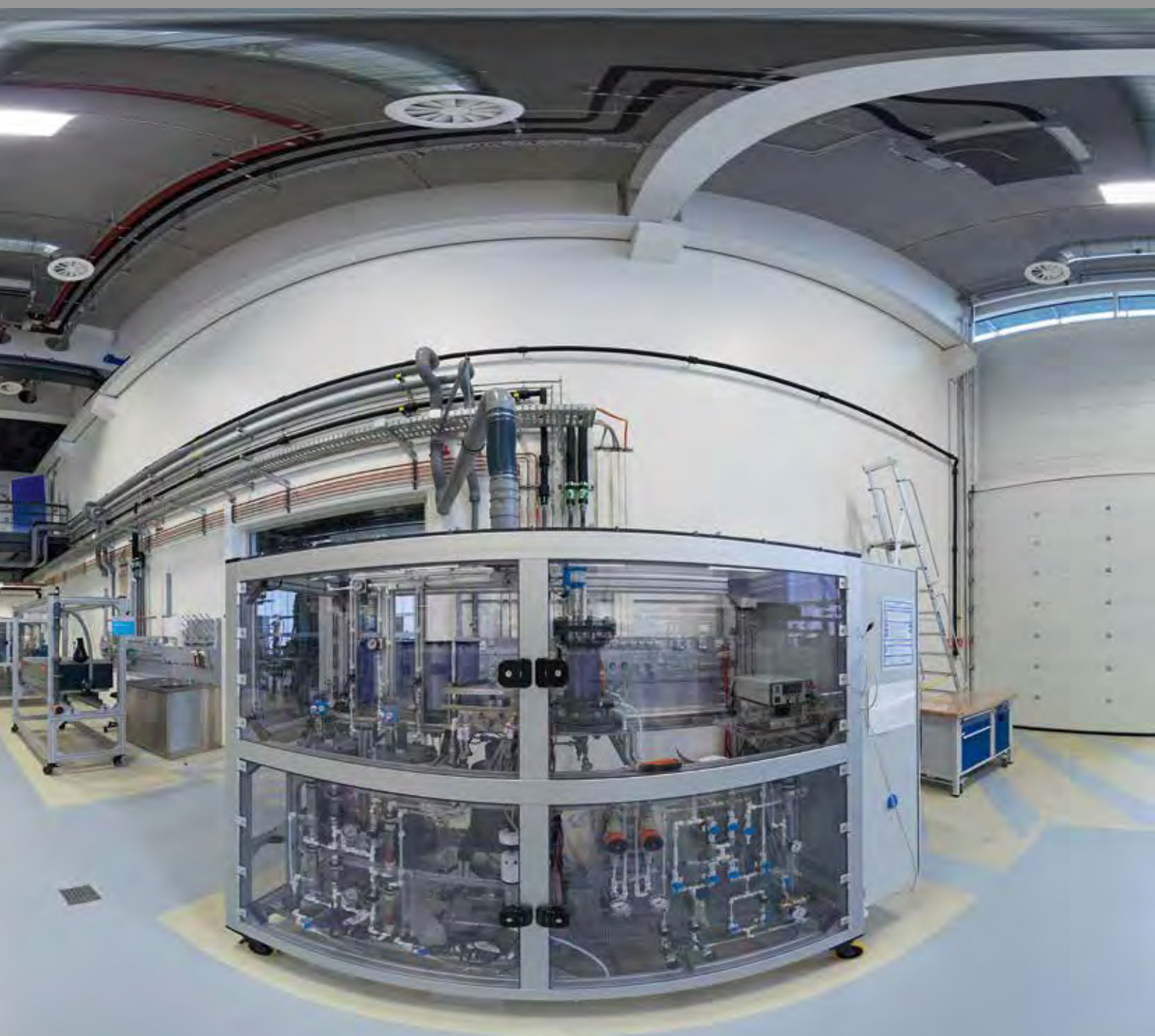
Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion
erforderlich.

© Fraunhofer IGB, Stuttgart 2018

Im Fokus der »Industriellen Biotechnologie« am Fraunhofer IGB steht die Etablierung und Optimierung von Prozessen, die mithilfe von Enzymen oder Mikroorganismen erfolgen. Die Skalierbarkeit der Konversionsprozesse und die Aufarbeitung der Produkte werden dabei bereits bei der Prozessentwicklung im Labormaßstab berücksichtigt.







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:

