

»ZUKUNFTSPROJEKT ERDE«

JAHRESBERICHT

11|12

JAHRESBERICHT

11 | 12

VORWORT

>> **SEITE 8**

PROFIL **10**

- 10** Das Institut im Profil
- 11** Kuratorium des Fraunhofer IGB
- 12** Angebot und Infrastruktur
- 14** Das Institut in Zahlen
- 16** Organigramm
- 18** Fraunhofer IGB in Netzwerken
- 20** Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen

HIGHLIGHTS **22**

- 22** Personalien und Preise
- 24** Projektgruppen | Verbundprojekte | Projekte
- 27** Ausstellungen
- 28** Nachhaltige Forschung, Forschung für Nachhaltigkeit
- 30** Nachwuchsförderung
- 32** Fraunhofer IGB international

KOMPETENZEN

36

- 36** Die Fraunhofer-Gesellschaft
- 38** Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- 40** Molekulare Biotechnologie
- 42** Physikalische Prozesstechnik
- 44** Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- 46** Zellsysteme
- 48** Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT
- 50** Projektgruppe BioCat
- 52** Fraunhofer CBP
- 54** Projektgruppe Onkologie

ANHANG

113

- 113** Patenterteilungen 2011
- 114** Messen und Veranstaltungen 2011
- 115** Messen und Veranstaltungen Vorschau 2012
- 116** Mitarbeit in Fachverbänden und Gremien, Gutachtertätigkeiten
- 120** Lehrtätigkeiten
- 121** Wissenschaftliche Kooperationen
- 122** Hochschularbeiten
- 125** Veröffentlichungen
- 137** Informationsservice
- 138** Impressum

57 MEDIZIN

69 PHARMAZIE

79 CHEMIE

93 UMWELT

103 ENERGIE

AUSGEWÄHLTE
FORSCHUNGSERGEBNISSE

>> SEITE 6

AUSGEWÄHLTE
FORSCHUNGSERGEBNISSE

2011

MEDIZIN **57**

- 58** Systembiologie im Tissue Engineering – Differenzierung von mesenchymalen Stammzellen
- 60** FYI-Chip – Nachweis human-pathogener Hefe- und Schimmelpilze im Lab-on-a-Chip
- 62** Ribolution – Plattform zur Identifizierung ncRNA-basierter Diagnostika
- 64** RAMAN-Spektroskopie für die nicht-invasive Zell- und Gewebedifferenzierung
- 66** Stabilisierung flüssiger Produkte ohne Konservierungsstoffe

PHARMAZIE **69**

- 70** Ein In-vitro-Modell des proximalen Tubulus der Niere
- 72** Zellfreie Bioproduktion mit integrierter Energieversorgung
- 74** Entwicklung eines In-vitro-Tumortestsystems für Nerven-scheidentumore
- 76** Testsysteme aus der Hautfabrik – Valide Aussagen ohne Tierexperimente

CHEMIE 79

- 80** Bioaktive Minorkomponenten aus Pflanzenölen
- 82** Multifunktionelle PEG – Neue Materialien für die Life Sciences
- 84** Ionische Flüssigkeiten in der Gasabsorption
- 86** Cellulasen und Xylanasen zur Verzuckerung von Lignocellulose in ionischen Flüssigkeiten
- 88** Barrierewirkung und verbesserte Restentleerbarkeit von Kunststoffbehältern
- 90** Gezielte Modifikation von Lipiden durch integrierte Emulgierung und Enzymreaktionen

UMWELT 93

- 94** Anwendung elektrischer Felder in der Verfahrenstechnik zur effizienten Stofftrennung
- 96** Weiterentwicklung des Rotationsscheibenfilters für die anaerobe Abwasserreinigung
- 98** Phosphorrückgewinnung aus Abwasser durch elektrochemische Struvit-Fällung
- 100** Düngepellets für den Ökolandbau mit Insekten-Repellentaktivität

ENERGIE 103

- 104** Fahrzeugflotte in Brasilien fährt mit Biomethan der Kläranlage
- 106** Optimierte Vergärung von Algenbiomasse durch Modellierung und Simulation
- 108** HeatSaver – Sorptive Wärmespeichertechnologie für industrielle Prozesse
- 110** Lipidreiche Algenbiomasse als regenerativer Energieträger – Freilandproduktion



»Märkte von übermorgen, Nachhaltigkeit und Bioökonomie« Der Beitrag des Fraunhofer IGB

Sehr geehrte Damen und Herren,

die großen Naturereignisse des Jahres 2011 in Asien haben uns wieder einmal deutlich gezeigt, vor welchen großen Herausforderungen wir im 21. Jahrhundert stehen. Die Sicherstellung einer globalen Versorgung mit Rohstoffen, Energie und Wasser sowie die Bekämpfung von Krankheiten und Hunger sind zentrale Aufgaben in einem Jahr, das ganz unter dem Leitmotiv Nachhaltigkeit steht. Zwanzig Jahre nach der ersten Rio-Konferenz, bei der 1992 die internationale Staatengemeinschaft mit der Agenda 21 die gemeinsame Verantwortung für eine nachhaltige Entwicklung bekräftigt hat und wichtige Grundlagen zum Umwelt- und Ressourcenschutz beschlossen wurden, wird die dritte Nachfolgekonzferenz erneut in Rio de Janeiro stattfinden. In Deutschland steht das Wissenschaftsjahr 2012 unter dem Motto »Zukunftsprojekt Erde«, an dem sich die Fraunhofer-Gesellschaft, der Standort Stuttgart und das Fraunhofer IGB intensiv mit verschiedenen Aktionen und Veranstaltungen beteiligen werden.

Bereits 2011 hat sich das Fraunhofer IGB, unter anderem über sein Engagement im Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit, intensiv dem Thema Nachhaltigkeit gewidmet. Im Rahmen des bereits 2010 vom Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft beschlossenen Projekts »Strategie Nachhaltigkeit« haben mehr als 20 Fraunhofer-Institute unter der Federführung des Fraunhofer IGB eine Nachhaltigkeitskonzeption, bestehend aus Leitbild, Strategie und Kommunikation, für Fraunhofer entwickelt und den Handlungsbedarf in den Bereichen »Nachhaltige Forschung und Geschäftsprozesse« sowie »Forschung für die Nachhaltigkeit« in der Fraunhofer-Gesellschaft aufgezeigt. Mit dem Projekt konnten wir deutlich zeigen, dass sich Fraunhofer verantwortlich den Zukunftsfragen stellt und daraus entstehende Chancen nutzt. Aus dem Diskussionsprozess mit internen und externen Experten haben sich drei strategische Botschaften ergeben, die wir auch am Fraunhofer IGB umsetzen (siehe oben rechts).

Als Bestandteil des Projekts wurde zudem der erste institutsübergreifende Nachhaltigkeitsbericht der fünf Stuttgarter Fraunhofer-Institute unter Federführung des Fraunhofer IGB erstellt, um die nachhaltigen Entwicklungen am Standort transparenter zu machen. Eine besondere Herausforderung hierbei war es, solche Nachhaltigkeitsstrategien und -ziele zu definieren, die für jedes der fünf eigenständigen und in ihrer Organisationsstruktur unterschiedlichen Institute Gültigkeit besitzen. Neben der Strategie und dem Leitbild, dem Weg der Institute zu nachhaltigen Geschäftsprozessen sowie ausgewählten Forschungsprojekten mit Nachhaltigkeitsbezug dokumentiert der Bericht vor allem die Initiativen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die einen wichtigen Pfeiler für eine nachhaltige Entwicklung in einer Organisation darstellen. Er gibt damit ein Bild gelebter Institutskultur am Standort Stuttgart, die beste Voraussetzung für eine Weiterentwicklung des Standortes im Sinne der Nachhaltigkeit bietet. Durch gemeinsame Aktionen und Veranstaltungen im »Jahr der Nachhaltigkeitsforschung 2012« werden die Institute dieses Engagement weiter fördern.

Die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und die Entwicklung effizienter Wertschöpfungsketten, Verfahren und Produkte sind zentrale Forschungsschwerpunkte der Bioökonomie-Strategie, die wir mit unseren Arbeiten zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe im vergangenen Jahr entscheidend vorangebracht haben. Von großer Bedeutung für das Fraunhofer IGB waren die Entwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene. Durch die Mitarbeit im BioökonomieRat der Bundesregierung und in europäischen Gremien konnten wir sowohl Beiträge zur Weiterentwicklung der Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 als auch zur Entwicklung neuer biobasierter Produkte und Prozesse leisten. In diesem Kontext war die Beteiligung am Spitzencluster-Wettbewerb des BMBF mit dem mitteldeutschen Cluster »BioEconomy« ein besonderes Highlight. Mit unserer Präsentation am 19. Januar 2012 in Berlin konnten wir uns gegenüber anderen Mitbewerbern als einer von fünf Gewinnern der dritten Runde des Wettbewerbs durchsetzen. Im Spitzencluster »BioEconomy« haben sich mehr als 80 Unternehmen und

FRAUNHOFER – FORSCHEN MIT VERANTWORTUNG

Diese Botschaft bedeutet die Berufung auf das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung mitsamt den daraus resultierenden Selbstverpflichtungen.

FRAUNHOFER – VOM INNOVATIONS- ZUM TRANSFORMATIONSPROZESS

Dieser Satz symbolisiert die Begleitung von Kunden und Partnern zu nachhaltigeren Strukturen.

FRAUNHOFER – MITTEN IM LEBEN

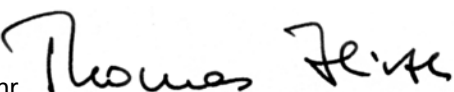
Diese Botschaft deutet auf die Öffnung unserer Forschung zu allen gesellschaftlichen Gruppen hin, um sie in Innovationsprozessen zu beteiligen.

Forschungseinrichtungen aus Sachsen und Sachsen-Anhalt zusammengeschlossen. Kernziel des Clusters ist die integrierte stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion genutzt wird, zur Erzeugung von innovativen Werkstoffen, Chemikalien, Produkten aus neuen Materialien und Energieträgern. Der Cluster konzentriert sich um das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP am Chemiestandort Leuna, welches die Entwicklung und Skalierung der Prozesse zum Aufschluss und zur Konversion nachwachsender Rohstoffe bis zum industriellen Maßstab ermöglicht. Ab September 2012 wird dort ein Prozesszentrum mit mehr als 2000 Quadratmetern Fläche bereitstehen, in dem Partner aus Forschung und Industrie gemeinsam Prozesse für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe bis zum technischen Maßstab entwickeln können.

Um den Herausforderungen der Zukunft begegnen zu können, orientiert sich Fraunhofer an den großen Bedarfsfeldern der Gesellschaft wie Gesundheit, Energie, Kommunikation, Umwelt, Mobilität und Sicherheit und hat deshalb 2011 das interne Programm »Märkte von übermorgen« aufgelegt. Ausgehend von diesen globalen Herausforderungen hat die Fraunhofer-Gesellschaft in einem institutsübergreifenden Portfolio-Prozess fünf Zukunftsthemen identifiziert, die forschungsintensive Wachstumsmärkte erwarten lassen: Verlustarme Erzeugung; Verteilung und Nutzung elektrischer Energie; Bezahlbare Gesundheit; Produzieren in Kreisläufen; Emissionsarme, zuverlässige Mobilität in urbanen Räumen sowie Erkennen und Beherrschen von Katastrophen. Zusammen mit anderen Instituten hat das Fraunhofer IGB erfolgreich zwei Projekte eingeworben, die dazu beitragen sollen, integrierte Lösungsansätze zu entwickeln und damit Technologieführer innerhalb der deutschen und europäischen Forschungslandschaft zu werden. An den Projekten »SkinHeal – Heilende Haut in der Petrischale« und »Molecular Sorting – Perfekt getrennt – ressourcenschonend produziert« sind alle fünf Abteilungen des Fraunhofer IGB beteiligt.

Durch die Ausrichtung unserer Geschäftsfelder und Kernkompetenzen an gesellschaftlichen Bedürfnisfeldern wie Gesundheit und Ernährung, Schutz und Sicherheit, Produktion und Umwelt, Energie und Wohnen sowie Mobilität und Verkehr konnte sich das Fraunhofer IGB auch im vergangenen Jahr gut weiterentwickeln und auf die Herausforderungen in den kommenden Jahren vorbereiten. Neben der Weiterentwicklung unserer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben wir uns im vergangenen Jahr besonders der nachhaltigen Personalentwicklung gewidmet. An der Fraunhofer-weiten Mitarbeiterbefragung haben wir uns als Pilotinstitut beteiligt und mit 90 Prozent eine sehr gute Beteiligungsquote erzielt. In diesem Jahr werden wir in verschiedenen Workshops einen umfassenden Nachfolgeprozess starten, um die Anregungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aufzugreifen.

Gerade die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IGB aber auch des Universitätsinstituts IGVT sind es, die entscheidend zum wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erfolg beitragen. Darüber hinaus konnten wir im vergangenen Jahr wieder zahlreiche neue Kunden aus der Industrie sowie öffentliche Geldgeber und Stiftungen als Auftraggeber für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gewinnen. Meine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ich freuen uns sehr, wenn wir mit diesem Jahresbericht Ihr Interesse an unseren Arbeiten geweckt haben und Sie zukünftig eng mit uns zusammenarbeiten würden. Mit Ihnen wollen wir die Zukunft der Region, Deutschlands und Europas durch innovative Entwicklungen nachhaltig gestalten. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude beim Lesen unseres neuen Jahresberichts und freue mich auf Ihre Anregungen und die Zusammenarbeit.

Ihr 

Thomas Hirth

PROFIL

KURZPROFIL

Das Fraunhofer IGB entwickelt und optimiert Verfahren und Produkte für die Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie. Neben Forschung und Entwicklung (FuE) bieten wir auch analytische Dienstleistungen an und beraten Sie bei der Einführung neuer Technologien. Zu unseren Kunden zählen industrielle Unternehmen unterschiedlichster Branchen sowie Bund, Länder und Kommunen.

Anwendungsorientiert und interdisziplinär

Unser Ziel ist es, FuE-Ergebnisse aus Natur- und Ingenieurwissenschaften in wirtschaftlich attraktive und gleichzeitig nachhaltige Verfahren und Produkte 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. Nahezu 300 Wissenschaftler und Techniker aus Chemie, Physik, Biologie und den Ingenieurwissenschaften arbeiten am Fraunhofer IGB und IGVT erfolgreich zusammen. Diese konstruktive Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen am Institut eröffnet in Bereichen wie Medizintechnik, Nanotechnologie, industrieller Biotechnologie oder Umwelttechnologie neue Ansätze und innovative Lösungen.

Kernkompetenzen/Abteilungen

- Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- Molekulare Biotechnologie
- Physikalische Prozesstechnik
- Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- Zellsysteme

Projektgruppen

- Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP, Leuna
- Projektgruppe BioCat, Straubing
- Projektgruppe Onkologie, Würzburg

Leitbild: Mission und Vision

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

Gemeinsam immer besser.



KURATORIUM DES FRAUNHOFER IGB

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

Mitglieder

Dr. Manfred Baier
Roche Diagnostics GmbH

Dr. Gerd Eßwein
Freudenberg Forschungsdienste KG

**Ltd. Ministerialrätin
Dr. Renate Fischer**
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

MinDirig Dipl.-Ing. Peter Fuhrmann
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

MinDirig Dr. Fritz Holzwarth
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Prof. Dr. Dieter Jahn (Vorsitzender)
BASF SE

Dr.-Ing. Bernd Krause
Gambro Dialysatoren GmbH

Dr. Christian Naydowski
Voith Paper Holding GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Klaus Pfizenmaier
Institut für Zellbiologie und Immunologie, Universität Stuttgart

Prof. Dr. Prof. h. c. Dr. h. c. Ralf Riedel
Fachbereich Material- und Geowissenschaften, TU Darmstadt

Prof. Dr. techn. Günter Scheffknecht
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik, Universität Stuttgart

Dipl.-Ing. Otmar Schön
HYDAC Technology GmbH

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
Linde Engineering Dresden GmbH

Ständige Gäste

Prof. Dr. Herwig Brunner
Ehemaliger Institutsleiter

Vorsitzender Verbund Life Sciences
Prof. Dr. Uwe Heinrich
Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM



ANGEBOT UND INFRASTRUKTUR

Forschung und Entwicklung (FuE) am Fraunhofer IGB reichen von den naturwissenschaftlichen und technischen Grundlagen bis hin zu Entwicklungen im Labor-, Pilot- und Technikumsmaßstab. Auch der Bau und Testbetrieb von Pilotanlagen gehört zu unserem Angebot, ebenso Patentrecherchen, Marktanalysen und Machbarkeitsstudien zu Beginn eines Projekts. Führungskräfte bilden wir in unseren Seminaren und Workshops weiter, Schüler und Studenten führen wir in die faszinierende Welt der Forschung ein.

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

Das Fraunhofer IGB verfügt über moderne Labore mit einer hervorragenden Ausstattung. Unser zentrales Chemikalien- und Schadstofflager wird vom gesamten Stuttgarter Fraunhofer-Institutszentrum genutzt.

Analytik: Qualitätsmanagement und Akkreditierung

Ein Qualitätsmanagementsystem sorgt dafür, dass die Analytik in den Referenzlaboratorien des Fraunhofer IGB höchsten Standards entspricht. Die Akkreditierung unserer Analytik garantiert, dass auch eigene, am Fraunhofer IGB entwickelte

Methoden (Hausmethoden) im erforderlichen Umfang validiert werden und die Qualität unserer Prüfungen auch dann gewährleistet ist, wenn keine genormten Methoden zur Verfügung stehen. Folgende Prüfarten/Methoden sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert:

- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Ionenchromatographie (IC)
- Gelpermeationschromatographie (GPC)
- Gaschromatographie (GC, GC/MS)
- Atomemissionsspektrometrie (ICP-OES)
- Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse (ESCA/XPS)

Akkreditierte Prüfung der Biokompatibilität und Bioverfügbarkeit

Für die Prüfung der Biokompatibilität mit Zelllinien und unserem 3D-Hautmodell sind wir nach DIN ISO 10993-5 akkreditiert. Im Dezember 2009 wurde auch unser zweidimensionales Darmtestsystem (Caco-2) in den akkreditierten Prüfbericht aufgenommen. Als Hausmethode ist es zur Klassifizierung von Substanzen bezüglich ihres Transportverhaltens durch die Deutsche Gesellschaft für Akkreditierung (DGA) beurkundet worden und ermöglicht uns dadurch die Zertifizierung der Testergebnisse.



GMP-Einheit und Herstellungserlaubnis für Zellpräparate

Das Fraunhofer IGB verfügt über eine GMP-Einheit zur Entwicklung und Herstellung klinischer Prüfware von Zell- und Tissue-Engineering-Produkten nach Richtlinien der Guten Herstellungspraxis (good manufacturing practice).

Gute Laborpraxis – GLP-Prüfeinrichtung

Ebenso verfügen wir über eine GLP-Prüfeinrichtung für die Prüfkategorie 9: Zellbasierte Testsysteme zur Bestimmung biologischer Parameter. Hierunter fallen beispielsweise die Bestimmung der biologischen Aktivität von Typ-I-Interferonen mit dem Antiviralen Assay (AVA) und die Bestimmung von Pyrogenen.

Spezielle Dienstleistungen

Physikalisch-chemische Analytik:

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

Hochauflösende 400-MHz-NMR-Analytik:

Molekülstrukturaufklärung, Reaktionsverfolgung, Entwicklung neuer experimenteller NMR-Analytik-Methoden, Tieftemperaturanalytik

Oberflächen- und Partikelanalytik:

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

Biochemische und molekularbiologische Analytik:

Biochips für die Diagnostik, RNA- und Proteinexpressionsprofile, Proteinanalytik u. a. mit MALDI-TOF/TOF-Massenspektrometrie (auch quantitativ)

Zellbiologische Analytik:

Zellsortierung und -charakterisierung, Einzelzell-Entnahme/ Mikrodissektion, Qualitäts- und Sterilitätskontrolle von Tissue-Engineering-Produkten

REACH:

Bewertung und Prüfung von Chemikalien

Für weitere Informationen fordern Sie bitte unsere Broschüren an oder informieren Sie sich unter: www.igb.fraunhofer.de

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Personal

Am 31. Dezember 2011 waren am Fraunhofer IGB 281 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon über 90 Prozent im wissenschaftlichen und technischen Bereich. Der Frauenanteil betrug 59 Prozent.

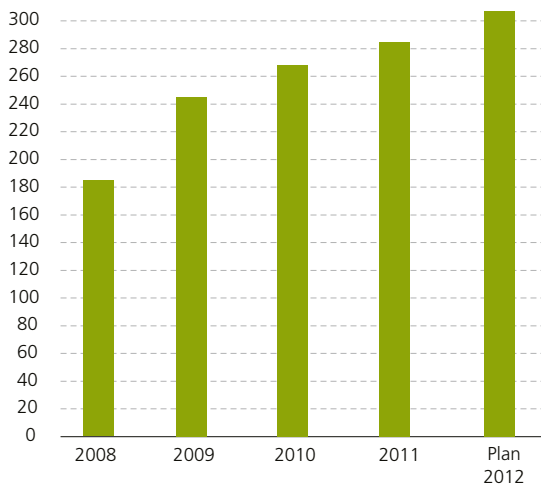
60 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend Wissenschaftler und Doktoranden, zudem technisches Personal und studentische Hilfskräfte, zählte das IGVT der Universität Stuttgart zum 31. Dezember 2011. Der Frauenanteil am IGVT betrug 55 Prozent.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Fraunhofer IGB und IGVT arbeiten eng vernetzt. Dabei war die Vielfalt an Kulturen mit 70 Mitarbeitern aus 39 Nationen außerhalb Deutschlands noch nie so groß wie 2011.

Mitarbeiter Fraunhofer IGB	Anzahl
Wissenschaftler	66
Technisches Personal	68
Studienarbeiter/Diplomanden/Praktikanten	59
Student./Wissenschaftl. Hilfskräfte	55
Verwaltungsmitarbeiter/Sekretariate	24
Auszubildende	9
Summe	281

Mitarbeiter IGVT	Anzahl
Wissenschaftler/Doktoranden	40
Technisches Personal	4
Student./Wissenschaftl. Hilfskräfte	16
Summe	60

Anzahl Mitarbeiter Fraunhofer IGB



Anzahl Mitarbeiter IGVT



Haushalt Fraunhofer IGB

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr ein Volumen von 18,6 Mio €. Auf den Betriebshaushalt entfielen 16,8 Mio €, davon 9,1 Mio € auf den Personalaufwand und 7,7 Mio € auf den Sachaufwand. Investitionen wurden in Höhe von 1,8 Mio € getätigt.

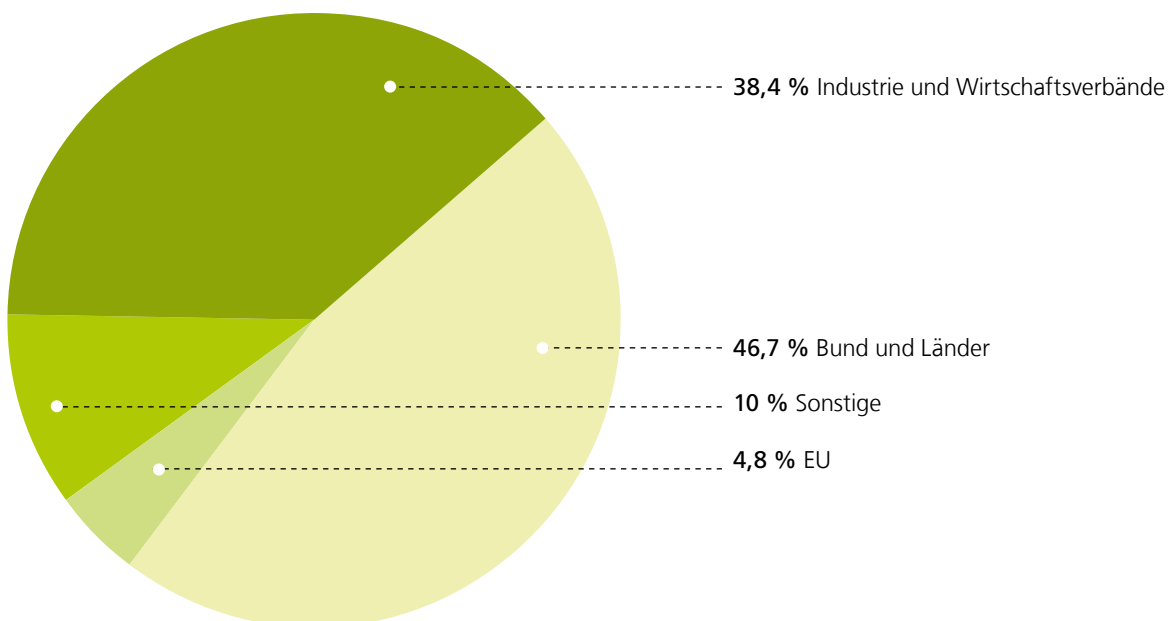
67 Prozent des Betriebshaushalts waren eigene Erträge. 38 Prozent der Eigenenerträge stammen aus Projekten, die unmittelbar für industrielle Auftraggeber abgewickelt wurden.

ENTWICKLUNG DES GESAMTHAUSHALTS

in Mio Euro



HERKUNFT DER EIGENEN ERTRÄGE



ORGANIGRAMM



Institutsleiter
 Prof. Dr. Thomas Hirth
 Telefon +49 711 970-4400
 thomas.hirth@igb.fraunhofer.de



Assistenz der Institutsleitung
 Christine Demmler
 Telefon +49 711 970-4401
 christine.demmler@igb.fraunhofer.de



Verwaltungsleiter
 Ass. Ulrich Laitenberger
 Telefon +49 711 970-4004
 ulrich.laitenberger@igb.fraunhofer.de



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



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



Controlling
 Dipl.-Kfm. Brigitte Steinmetz
 Telefon +49 711 970-4018
 brigitte.steinmetz@igb.fraunhofer.de

GRENZFLÄCHENTECHNOLOGIE UND MATERIALWISSENSCHAFT



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



Priv.-Doz. Dr. Günter Tovar
 Telefon +49 711 970-4109
 guenter.tovar@igb.fraunhofer.de



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

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

MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE



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



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

- Infektionsbiologie und Arraytechnologie
- Functional Genomics
- Molekulare Zelltechnologie
- Enzym-, Stamm- und Prozessentwicklung für die Biotechnologie
- Analytik

PHYSIKALISCHE PROZESSTECHNIK



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



Dipl.-Ing. Mike Blicker
 Telefon +49 711 970-3539
 mike.blicker@igb.fraunhofer.de



Alexander Karos M. Sc.
 Telefon +49 711 970-3564
 alexander.karos@igb.fraunhofer.de

- Wärme- und Sorptionssysteme
- Trocknung und Extraktion
- Nährstoffmanagement
- Elektrophysikalische Prozesse
- Oxidative Wasseraufbereitung
- Aseptische Systeme
- Konstruktion und Systemintegration

**Business Development**

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

**European Business Development**

Ina Andrees-Ostovan M. A.
 Telefon +49 711 970-3621
 ina.andrees@igb.fraunhofer.de

**Business Development**

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

**Presse und Öffentlichkeitsarbeit**

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

**UMWELTBIOTECHNOLOGIE
UND BIOVERFAHRENSTECHNIK****Dr.-Ing. Ursula Schließmann**

Telefon +49 711 970-4222
 ursula.schließmann@igb.fraunhofer.de

**Dr. Iris Trick**

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

- Wassermanagement
- Biobasierte Rohstoffe
- Bioenergie
- Grenzflächenbiologie

ZELLSYSTEME**Prof. Dr. Heike Walles**

Telefon +49 711 970-4117
 heike.walles@igb.fraunhofer.de

**Dr. Petra Kluger**

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

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

Telefon +49 711 970-4082
 katja.schenke-layland@igb.fraunhofer.de

- Avaskuläre Testsysteme
- Vaskularisierte Testsysteme
- Zellen und Biomaterialien
- Bioreaktoren für das Tissue Engineering
- GMP-Herstellung von zellbasierten Produkten

ATTRACT-GRUPPE**Kardiovaskuläres
Tissue Engineering**

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

PROJEKTGRUPPEN**Fraunhofer CBP, Leuna**

Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach
 Telefon +49 3461 43-3508
 gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de

**Projektgruppe BioCat,
Straubing**

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

**Projektgruppe Onkologie,
Würzburg**

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

FRAUNHOFER IGB IN NETZWERKEN

Das Fraunhofer IGB ist aktives Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken. Kooperationen mit verschiedenen Universitätsinstituten 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 sind wir aktiv daran beteiligt, strategische, wirtschaftliche und nachhaltige Positionen im forschungspolitischen Umfeld voranzutreiben.

Vernetzung mit Universitäten

Die Erforschung der Grundlagen ermöglicht die Anwendungen von morgen. Daher halten wir am Institut die Kontakte zu den benachbarten Universitäten so eng wie möglich – über wissenschaftliche Kooperationen ebenso wie über die Verpflichtungen einer Universitätsprofessur oder Lehrbefugnis unserer Mitarbeiter. Durch die Einbindung von Projektgruppen konnten wir unser wissenschaftliches Netzwerk auch auf Standorte außerhalb Stuttgarts und sogar auf die USA ausdehnen.

■ Prof. Dr. Dieter Bryniok

Professur für Umweltbiotechnologie,
Hochschule Hamm-Lippstadt

■ Prof. Dr. Thomas Hirth

Professur und Lehrstuhl für Grenzflächenverfahrenstechnik,
Universität Stuttgart; Institutsleiter Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT, Universität Stuttgart

■ Dr. Petra Kluger

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

■ Dr. Christian Oehr

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

■ Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

■ Prof. Dr. Katja Schenke-Layland

Professur für Biomaterialien in der kardiovaskulären Regenerativen Medizin, Universitätsklinikum der Eberhard-Karls-Universität Tübingen und Visiting Assistant Professor an der Medizinischen Fakultät, Abteilung Kardiologie, University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, Kalifornien, USA

■ Dr.-Ing. Ursula Schließmann

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

■ Prof. Dr. Volker Sieber

Professur und Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe,
Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe,
Technische Universität München



■ **Priv.-Doz. Dr. Günter Tovar**

Lehrbefugnis in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und in der Fakultät Chemie, Universität Stuttgart; Stv. Institutsleiter des Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT, Universität Stuttgart

■ **Prof. Dr. Walter Trösch**

Apl. Professur für Biotechnologie, Universität Hohenheim

■ **Prof. Dr. Heike Walles**

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

**Fraunhofer-Netzwerk
Nachhaltigkeit**

Nachhaltige Entwicklung ist das vermutlich bedeutendste politische Leitziel unserer Zeit. Was Nachhaltigkeit für die Fraunhofer-Gesellschaft bedeutet, hat das Netzwerk Nachhaltigkeit mit seinen 20 teilnehmenden Instituten in einem vom Fraunhofer-Vorstand finanzierten Projekt erarbeitet (siehe Seite 28). Das Fraunhofer IGB war in allen drei Teilprojekten involviert. Sprecher des Netzwerks ist Professor Thomas Hirth.

www.nachhaltigkeit.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Netzwerk
International Business Development (IBD)**

Internationale Kooperationen und gemeinsame Entwicklungen mit weltweit agierenden Partnern sind auch für Fraunhofer von strategischer Bedeutung. Das Fraunhofer IGB mit

seinen aktuellen Aktivitäten in Brasilien engagiert sich im Netzwerk International Business Development und koordiniert die AG Internationale Position, die Aspekte zur Internationalisierungsstrategie aus Institutsicht beleuchtet.

Fraunhofer-EU-Netzwerk

Das EU-Netzwerk ist eine Plattform für alle Fraunhofer-Mitarbeiter mit dem Ziel, Informations- und Erfahrungsaustausch zu strategischen Aspekten und zur effektiven Handhabung von Antrags- und Angebotsverfahren sowie der Umsetzung EU-finanzierter Projekte zu bieten. Das EU-Netzwerk wird von Maximilian Steiert aus der Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft und Ina Andrees-Ostovan vom Fraunhofer IGB koordiniert.

**EU-Arbeitskreis der wirtschaftsnahen
Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg**

Das Fraunhofer IGB ist Mitglied im EU-Arbeitskreis der wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg, in dem der regionale Austausch zum Thema EU-Förderung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen forciert wird.

FRAUNHOFER-VERBÜNDE UND -ALLIANZEN

Fachlich verwandte Fraunhofer-Institute arbeiten in Verbänden zusammen, treten gemeinsam am FuE-Markt auf und wirken in der Fraunhofer-Unternehmenspolitik mit. Abteilungen verschiedener Institute mit einander ergänzenden Kompetenzen organisieren sich in Fraunhofer-Allianzen, um Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette anzubieten und institutsübergreifende Lösungsangebote zu vermitteln. Außerhalb dieser Netzwerke forschen Fraunhofer-Institute innerhalb von Fraunhofer-Vorlauforschungsprogrammen gemeinsam.

Fraunhofer-Verbund Life Sciences

www.lifesciences.fraunhofer.de

Die Lebenswissenschaften bilden das Kerngeschäft dieses Verbunds. Er ist damit ein wichtiger FuE-Partner für die Pharma- und Medizintechnikbranche sowie für Biotech-Unternehmen. Durch die Bündelung komplementärer Kompetenzen verfügt der Fraunhofer-Verbund Life Sciences über ein breites Technologiespektrum und umfassendes Leistungsangebot. Die internationale Ausrichtung des Verbunds trägt der Globalisierung dieses Wissenschafts- und Wirtschaftsbereichs Rechnung. Zu den Geschäftsfeldern gehören Themen wie medizinische Translationsforschung und Biomedizintechnik, regenerative Medizin, gesunde Lebensmittel, industrielle Biotechnologie sowie Sicherheit bei Prozessen, Chemikalien und Pflanzenschutzmitteln. Eine Vielzahl zentraler Kompetenzen des Fraunhofer IGB fand hier Eingang.

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe und Bauteile – MATERIALS

www.vwb.fraunhofer.de

Die Materialforschung umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. Stofflich deckt der Verbund den gesamten Bereich an metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffen ab. Das Fraunhofer IGB mit seiner starken materialwissenschaftlichen Kompetenz ist seit 2008 Gast in diesem Verbund.

Fraunhofer-Allianz Bau

www.bau.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Allianz Bau bietet Bau-Kompetenz aus einer Hand durch integrale Systemlösungen. Die systematische Betrachtung von Gebäuden – vom Werkstoff, Bauteil, Raum, Gebäude bis zur Siedlung – fällt ebenso ins Portfolio der Allianz Bau wie die chronologische Betrachtung eines Gebäudes – der gesamte Lebenszyklus von der Idee bis zum Recycling. Das Fraunhofer IGB bringt sich in die Allianz mit neuen Infrastrukturkonzepten zu semi-dezentralem Energie- und Wassermanagement sowie seiner mikrobiologischen Kompetenz für baubiologische Fragestellungen ein.

Fraunhofer-Allianz Energie

www.energie.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Allianz Energie bietet ein Portal für die Energietechnologie und Energiewirtschaft. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen, aber auch die Politik, profitieren von der Technologieführerschaft Deutschlands bei der effizienten Nutzung von Energie und der Erschließung erneuerbarer Energieträger. Das Fraunhofer IGB engagiert sich in der Allianz mit der energetischen Verwertung organischer Roh-, Rest- und Abfallstoffe (z. B. zur Biogasproduktion) und der Membrantechnik, insbesondere für die Gasreinigung/Reformierung und den Einsatz in Brennstoffzellen. Des Weiteren forscht das Fraunhofer IGB an Konzepten und Technologien für die Speicherung und Nutzung von Energie in Form von Wärme.



Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

www.nano.fraunhofer.de

Etwa ein Drittel aller Fraunhofer-Institute ist auf dem Gebiet der Nanotechnologie tätig. Die Aktivitäten der Allianz konzentrieren sich auf drei Leitthemen: Multifunktionelle Schichten für den Automobilbereich, das Design spezieller Nanopartikel als Trägersubstanzen für Biotechnik und Medizin sowie den Einsatz von Kohlenstoffnanoröhrchen für aktorische Anwendungen – die beiden letztgenannten sind auch Schwerpunkte am Fraunhofer IGB. Priv.-Doz. Dr. Günter Tovar ist stellvertretender Sprecher und zentraler Ansprechpartner für die Nanobiotechnologie.

Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

www.photokatalyse.fraunhofer.de

Zehn Fraunhofer-Institute arbeiten an der Entwicklung wirksamer und leistungsfähiger Photokatalysatoren, die sich auf Glas, Keramik, Kunststoff oder Metall anwenden lassen. Mithilfe von Vakuumplasmaverfahren, Sol-Gel-Technologien und Wasserlacken werden selbstreinigende Schichten entwickelt, die organische Verbindungen abbauen und bakterizid wirken. Um schnell und zuverlässig Aussagen über die photokatalytische Aktivität der Schicht zu treffen, entwickelt die Allianz Prüfverfahren für die chemisch-physikalische und mikrobiologische Bewertung – letztere ist das Feld des Fraunhofer IGB innerhalb der Allianz.

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO

www.polo.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO fasst die Kernkompetenzen von sieben Fraunhofer-Instituten zur Entwicklung von polymeren Produkten mit neuen oder verbesserten Eigenschaften durch funktionelle Oberflächen, Grenzflächen oder dünne Schichten zusammen. Sie ist eine der ersten Allianzen; gemeinsam wurden bereits erfolgreiche Produkte entwickelt und vermarktet, z. B. Beschichtungen auf Folien als Barriere gegen Sauerstoff und Feuchte, sowie antimikrobiell wirksame Polymeroberflächen. Dr. Christian Oehr ist seit der Gründung Mitglied im Direktorium und hat maßgeblich zum Erfolg dieser Allianz beigetragen.

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

www.allianz-reinigungstechnik.de

Die Reinigungstechnik wird zunehmend als wertschöpfend anerkannt, z. B. in der hygienischen Produktion, der Mikrosystemtechnik, der Bauteilreinigung oder der Reinigung vor der Beschichtung. Die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik umfasst das gesamte Spektrum, insbesondere die Reinigung mit Spezialverfahren, wie Laser, Plasma oder Strahltechniken, die reinigungsgerechte Planung von Anlagen inkl. Reinraumtechnik und die Aufbereitung von Reinigungs- und Prozessmedien einschließlich der Rückgewinnung von Energie und Stoffströmen. Die Kompetenzen des Fraunhofer IGB liegen u. a. bei der Plasmareinigung und -beschichtung, der oberflächenanalytischen und mikrobiologischen Bewertung, der Aufbereitung und dem Recycling von Reinigungs- und Prozessmedien sowie der reinigungs- und hygienegerechten Konstruktion.

Fraunhofer-Allianz SysWasser

www.syswasser.de

Seit Juni 2007 bündeln mehrere Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen in der Entwicklung von Wassersystemtechnologien. Unter Berücksichtigung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Konsequenzen und unter Anwendung neuester Technologien will die Allianz nachhaltige Lösungen für Wasserbehandlung, Wassernutzung, Wassermanagement und -infrastruktursysteme in praxisorientierte Anwendungen auf nationaler und internationaler Ebene überführen. Dazu stellen die Mitgliedsinstitute eine Reihe verschiedener Technologien zur Verfügung, die von der Allianz als Technologiemodule für die Erarbeitung optimierter Systemlösungen oder Einzellösungen genutzt werden. Mit dem in der Allianz vorhandenen Know-how über Wasserinfrastrukturen, Systemsteuerung und Messtechniken, Automatisierung und Ressourcenmanagement lassen sich die technologischen Lösungen zur Entwicklung und Realisierung von Gesamtkonzepten nutzen. Sprecher der Fraunhofer-Allianz SysWasser ist Prof. Dr. Walter Trösch, der die Gründung der Allianz maßgeblich vorangetrieben hat. Sein Ziel ist auch eine systemische Vernetzung der Allianz zum Energie-, Abfall- und Landwirtschaftssektor. Geschäftsführer ist Prof. Dr. Dieter Bryniok.

HIGHLIGHTS 2011

PERSONALIA UND PREISE

Wechsel der Abteilungsleitung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik

Nach 35 Jahren Forschung für Fraunhofer haben Kollegen und Wegbegleiter aus Politik, Wissenschaft und Industrie Professor Dr. Walter Trösch am 20. Mai 2011 mit einem Festkolloquium in den Ruhestand verabschiedet. Seit 1976 war Walter Trösch für das Fraunhofer IGB tätig. Zunächst als Wissenschaftler, später als Abteilungsleiter und stellvertretender Institutsleiter hat er entscheidend zur wissenschaftlichen Entwicklung und zum wirtschaftlichen Erfolg des Instituts beigetragen. Durch seine Forschungsarbeiten in der Umweltbioverfahrenstechnik und Algenbiotechnologie hat er wesentliche Akzente gesetzt und vielfältige Entwicklungen initiiert, beispielsweise das auf mehreren Kläranlagen realisierte zweistufige Verfahren für die Hochlastfaulung von Klärschlamm. Mit DEUS 21 und dem Wasserhaus in Knittlingen hat er ein neuartiges Wasserinfrastrukturkonzept geschaffen, das große internationale Anerkennung erhalten hat und 2007 mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet wurde. Seine herausragenden Leistungen wurden vom Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft mit der Fraunhofer-Medaille gewürdigt.

Im Juni 2011 übernahm Frau Dr.-Ing. Ursula Schließmann die Leitung der Abteilung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik. Die Verfahrenstechnikerin stand Trösch bereits vier Jahre als stellvertretende Abteilungsleiterin

zur Seite und ist so bestens auf die Herausforderungen der neuen Tätigkeit vorbereitet. Seit 1995 ist sie am Fraunhofer IGB. Zunächst widmete sie sich in der damaligen Abteilung Membran- und Prozesstechnik der Anwendung von Membranen, unter anderem zur Produktaufarbeitung. In ihrer Doktorarbeit vertiefte sie diese Kenntnisse und entwickelte für die Aufarbeitung eines fermentativ hergestellten Nahrungsergänzungsmittels ein Verfahren, welches die Elektrodialyse mit verschiedenen Filtrationsverfahren kombiniert. Danach wechselte Schließmann in die Abteilung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik, wo sie ihren Schwerpunkt beim Thema Bioenergie setzte. Als Abteilungsleiterin will sie die bestehenden Arbeitsfelder weiterführen und insbesondere den Themenkomplex stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse ausbauen. Als Verfahreningenieurin ist es ihr ein Anliegen, die biologischen Verfahren in industriell verwertbare Prozesse zu überführen.

Katja Schenke-Layland nimmt Ruf an Universitätsklinikum Tübingen an

Prof. Dr. Katja Schenke-Layland, die Leiterin der Attract-Arbeitsgruppe Kardiovaskuläre Systeme in der Abteilung Zellsysteme am Fraunhofer IGB, hat zum 1. Oktober 2011 einen Ruf auf eine W3-Professur an das Universitätsklinikum der Eberhard-Karls-Universität Tübingen angenommen.



1



2



3

Die IGB-Mitarbeiterin leitet somit nun zusätzlich die Arbeitsgruppe »Biomaterialien in der kardiovaskulären regenerativen Medizin« an der Universitätsklinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie. Ihren Lehrauftrag wird Schenke-Layland im Interuniversitären Zentrum für medizinische Technologien Stuttgart – Tübingen (IZST) erfüllen, einem Zusammenschluss verschiedener Institute der Universitäten Stuttgart und Tübingen, die im Forschungsgebiet der Medizintechnik aktiv sind.

Haut aus der Fabrik ist ausgewählter Ort

Die »Produktionsanlage für menschliche Haut«, die unter der Leitung von Prof. Dr. Heike Walles am Fraunhofer IGB gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Produktionstechnologie IPT sowie Zelltherapie und Immunologie IZI entwickelt wurde, war 2011 einer der Preisträger im bundesweiten Innovationswettbewerb »365 Orte im Land der Ideen«. Am 26. Oktober 2011 wurde die Hautfabrik, die aus 2600 eingereichten Bewerbungen die unabhängige Jury überzeugte, in Stuttgart als ausgewählter Ort ausgezeichnet. Mit dieser ersten vollautomatisierten Produktionsanlage können monatlich etwa fünftausend briefmarkengroße Hautmodelle hergestellt werden, mit denen die Verträglichkeit von Kosmetika und die Toxizität von Chemikalien realitätsnah getestet werden können. Tierversuche könnten so reduziert werden.

1. Platz für Christian Schuh bei Elevator Pitches

Dr. Christian Schuh vom Fraunhofer IGB ging am zweiten Tag des Ideenwettbewerbs Elevator Pitches beim Fraunhofer-Symposium »Netzwerk 2011« mit 33,6 Prozent der Teilnehmerstimmen als Sieger hervor. In 90 Sekunden skizzierte er seine Idee, das Phosphat wiederzugewinnen, welches als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt und ins Wasser ausgewaschen wird. Dafür will er phosphatanreichernde Bakterienstämme in einem Trägermaterial einschließen, durch welches das Wasser strömt. Ist dieses Material biologisch abbaubar, kann es anschließend wieder auf die Felder ausgebracht werden.

Nach dem Erfolg im Jahr 2010 fand das zweite Fraunhofer-Netzwerk-Symposium Ende November 2011 mit rund 350 Teilnehmern aus Fraunhofer-Gesellschaft, Industrie und Politik statt. In der zweitägigen Kommunikationsplattform wurde das aktuelle Fraunhofer-Portfolio anhand aktueller Fraunhofer-Projekte vorgestellt und das Networking gefördert.

- 1 *Fraunhofer-Vorstand Professor Ulrich Buller überreicht die Fraunhofer-Medaille an Professor Walter Trösch.*
- 2 *Professor Katja Schenke-Layland.*
- 3 *Dr. Christian Schuh.*



PROJEKTGRUPPEN | VERBUNDPROJEKTE | PROJEKTE

Cluster BioEconomy gewinnt im Spitzencluster-Wettbewerb

Gemeinsam mit Unternehmen aus Bereichen der Chemieproduktion, Mineralölindustrie, Energieerzeugung, Holzindustrie und Anlagenbau sowie einer Reihe von Forschungseinrichtungen hatte sich das Fraunhofer CBP in Leuna 2011 in der dritten Runde des Spitzencluster-Wettbewerbs des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) beworben. Im Januar 2012 wurde der Cluster »BioEconomy«, den Professor Thomas Hirth wissenschaftlich koordiniert, als einer von fünf Siegern ausgezeichnet.

Ziel des Clusters ist es, die Wertschöpfung aus heimischem Buchenholz nachhaltig zu erhöhen, indem durch Koppelproduktion und Kaskadennutzung Chemikalien, Werkstoffe und Energie hergestellt werden. Bei der Entwicklung, Skalierung und industriellen Umsetzung von Produktionsverfahren wird das Fraunhofer CBP eine zentrale Rolle einnehmen.

Die bereits in der Region um den Chemiestandort Leuna bestehenden industriellen Strukturen werden mit dem Netzwerk um das Fraunhofer CBP verbunden, so der Cluster Chemie-Kunststoffe Mitteldeutschland (2003), der Holzcluster Rottleberode (2007) und der Energie- und Umweltcluster Leipzig mit seinem Arbeitsnetzwerk Bioenergie (2010). Auf der Forschungsseite sind auch das Fraunhofer IWM, Halle,

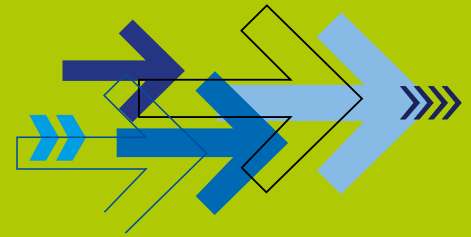
das Fraunhofer PAZ, Schkopau, sowie die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, das Deutsche Biomasseforschungszentrum, das Helmholtz Umweltforschungszentrum und die Handelshochschule in Leipzig eingebunden.

So kann der Cluster für die unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen einer biobasierten Wirtschaft branchenübergreifend auf zahlreiche Spezialisten zurückgreifen, die zusammen mit ihrem jeweiligen Know-how die komplexen Wertschöpfungsketten der Bioökonomie abdecken und einen national wie international sichtbaren Leuchtturm Bioökonomie entstehen lassen.

www.bioeconomy.de

Richtfest am Fraunhofer CBP

Mit der Feier des Richtfestes am 6. Oktober 2011 und dem damit verbundenen Abschluss der Rohbauarbeiten nimmt der Neubau des Fraunhofer CBP mit einer Fläche von mehr als 2000 Quadratmetern Gestalt an. Das Richtfest war zugleich Startschuss für den Innenausbau des Büro- und Labortraktes und den Aufbau der verfahrenstechnischen Anlagen. Die Fertigstellung, Inbetriebnahme und der anschließende Probetrieb sind für Sommer 2012 geplant.



Fraunhofer-Systemforschung Zellfreie Bioproduktion

Um Proteine industriell herzustellen, lassen Biotechnologen bislang lebende Zellen oder Mikroorganismen in Bioreaktoren für sich arbeiten. Mithilfe gentechnischer Methoden werden diese darauf getrimmt, die großen Biomoleküle in ihrer dreidimensionalen Form zu produzieren, denn ein chemischer Nachbau ist nicht möglich. Die Vorgehensweise hat allerdings auch Nachteile: Toxische Proteine töten die Zellen ab, für die Pharmaindustrie interessante Membranproteine lassen sich nur schwer herstellen und die Aufreinigung der Proteine ist aufwendig.

Ziel von Biologen, Physikern, Maschinenbauern und Elektronikern aus acht Fraunhofer-Instituten im Verbund »Biomoleküle vom Band« ist es, Proteine im industriellen Maßstab ohne lebende Zellen und Mikroorganismen herzustellen – mit zellfreien Produktionsmethoden. Dafür stellt die Fraunhofer-Gesellschaft 6 Millionen Euro im Rahmen ihrer Systemforschung zur Verfügung. Diese Investitionen werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit 15 Millionen Euro für die nächsten drei Jahre ergänzt. Die Proteinproduktion soll hierzu modularartig in Kompartimente aufgeteilt werden: die eigentliche Proteinsynthese, die anschließende Weiterverarbeitung und die Energiebereitstellung.

Das Fraunhofer IGB ist an diesem Verbundprojekt mit der zentralen Aufgabenstellung beteiligt, die Energieversorgung der zellfreien Kompartimente sicherzustellen. Das Enzym

ATP-Synthase, welches den zellulären Energieträger Adenosin-triphosphat (ATP) bereitstellt, ist ein membranständiges Protein. Die Integration in technische Systeme stellt daher eine besondere Herausforderung dar und umfasst die Isolierung der ATP-Synthase, die Bereitstellung von Membranelementen für eine Reaktorstruktur und die Modellierung des Systems. Hierzu arbeiten am Fraunhofer IGB die Abteilungen Molekulare Biotechnologie, Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft und Zellsysteme zusammen. Die ATP-Synthase und erste Membranvesikel wurden bereits erfolgreich isoliert und synthetisiert (siehe Projektbericht Seite 72).

Märkte von übermorgen

Angewandte Forschung orientiert sich stets am Bedarf – auch bezogen auf die zukünftigen Märkte. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat daher in einem Strategieprozess definiert, welche Forschungsprojekte wichtige Ergebnisse für morgen oder übermorgen liefern werden. Im Forschungsprogramm »Märkte von übermorgen« werden fünf Projekte mit bis zu jeweils fünf Millionen Euro gefördert. An zwei der fünf Projekte ist das Fraunhofer IGB beteiligt.

- 1 *Deutschlands Spitzencluster.*
- 2 *Richtfest am Fraunhofer CBP. © Scherr + Klimke*
- 3 *Membranen können Metalle aus Stoffströmen selektiv anreichern.*



Mit dem Projekt »Molecular Sorting for Ressource Efficiency« wollen Fraunhofer-Forscher konsequentes Wiederverwerten und Produzieren in Kreisläufen vorantreiben. Dabei verfolgen sie den Ansatz, ohne den Einsatz neuer Rohstoffe zu produzieren. Möglich wird dies durch die Entwicklung neuer Verfahren für die Stofftrennung bis in die molekulare Ebene, so dass Reststoffe als Sekundärrohstoffe in den Produktionsprozess zurückgeführt werden können. Im Rahmen des Projektes werden zunächst beispielhafte Demonstratoren zu verschiedenen Stoffströmen entwickelt und dann auf andere Technologien übertragen.

Im Übermorgen-Projekt »SkinHeal« wollen Forscher die Behandlung chronischer Wunden effektiver machen. Hierzu soll dem Patienten ermöglicht werden, selbst zu überprüfen, ob die offene Wunde abheilt oder ob Bakterien hinein gelangt sind.

RIBOLUTION – Plattform zur Identifizierung RNA-basierter Diagnostika für die personalisierte Medizin

In dem durch die Fraunhofer-Zukunftsstiftung geförderten und im Januar 2011 gestarteten Projekt RIBOLUTION wollen Fraunhofer-Forscher der Institute IZI (Koordination), IGB, IPA, ITEM und FIT mit Partnern aus Klinik und Pharmazie neue diagnostische Indikatoren für Erkrankungen wie das Prostatakarzinom entwickeln. Die Suche nach Biomarkern fokussiert sich dabei auf die noch wenig untersuchten nicht-Protein-kodierenden Ribonukleinsäuren (ncRNAs). Als vor 10 Jahren die Genomsequenz des Menschen entschlüsselt wurde, wurden die

großen Bereiche unserer DNA, die nicht in Proteine übersetzt – also scheinbar nicht genutzt – werden, als »junk DNA« oder genetischer Müll abgetan. Doch neuere Studien zeigen, dass deren Transkripte, die ncRNAs, die zentrale Ebene der zellbiologischen Steuerung darstellen und die Transkription und Translation der Protein-kodierenden Gene regulieren. Bei der Entstehung von Krankheiten könnten sie daher eine entscheidende Rolle spielen – und als diagnostische Biomarker in Frage kommen. Durch den Vergleich der ncRNA von kranken mit der von gesunden Menschen rastern die Forscher am Fraunhofer IGB derzeit das gesamte Genom mit der Hochdurchsatz-Sequenzieretechnologie (Next-Generation Sequencing), mit der bis zu 10^9 DNA-Sequenzfragmente parallel detektiert werden können (siehe Projektbericht Seite 62).

OB Schuster besucht EtaMax-Anlage

»Zero Emission« war das Thema, zu dem Stuttgarts Oberbürgermeister Dr. Wolfgang Schuster und die Leiterin der städtischen Wirtschaftsförderung, Ines Aufrecht, am 13. Oktober 2011 innovative Unternehmen besuchte. Eine Station war eine Demonstrationsanlage, die das Fraunhofer IGB im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts EtaMax auf dem Gelände des EnBW-Heizkraftwerks in Stuttgart-Gaisburg betreibt. Bioabfälle des Stuttgarter Großmarkts werden hier zu Biogas vergoren. Durch Abtrennung von Kohlenstoffdioxid soll dieses dann veredelt und Biomethan als Fahrzeugkraftstoff für den Antrieb von Erdgasfahrzeugen genutzt werden.

1 *Hauttestsystem.*

2 *OB Schuster besucht EtaMax-Anlage.*



© T. Gabriel/Triad



© C. Flemming/Entdeckungen

AUSSTELLUNGEN

MS Wissenschaft 2011 – Neue Wege in der Medizin **19. Mai bis 29. September 2011**

Im Zeichen der Gesundheitsforschung stand 2011 die Ausstellung an Bord der MS Wissenschaft »Neue Wege in der Medizin«. Vom 19. Mai bis zum 29. September war das umgebaute Binnenfrachtschiff unterwegs. Los ging es in Stuttgart, Ende September erreichte die Ausstellung in Berlin-Mitte ihre letzte Station. Rund 3640 Kilometer hatte das Schiff in Deutschland und Österreich zurückgelegt, 35 Städte zwischen Hannover im Norden und Wien, dem südlichsten Punkt der Reise, besucht. Rund 72 000 Besucher – darunter 420 Schulklassen – waren gekommen, um auf 600 Quadratmetern Ausstellungsfläche an Bord mehr als 30 Exponate, die über die Prozesse in unserem Körper informierten und neue Entwicklungen bei der Untersuchung, Diagnose und Behandlung von Krankheiten und Gebrechen verdeutlichten, zu besuchen. Nicht nur die medizinischen Aspekte, auch gesellschaftliche Fragestellungen wurden angesprochen.

Das Exponat des Fraunhofer IGB zeigte künstliche Gewebemodelle aus menschlichen Zellen der Leber und der Haut. Mit diesen Modellen, die ähnliche Eigenschaften aufweisen wie die Organe im Körper, lassen sich Substanzen aus Medizintechnik, Kosmetik, Pharma- und Chemieindustrie ohne Tierversuche testen. Die Besucher konnten unter einem Mikroskop histologische Schnitte der Modelle mit denen der natürlichen Organe vergleichen und in einer kurzen Filmsequenz lernen, wie Forscher die Testsysteme aufbauen.

»ENTDECKUNGEN 2011: Gesundheit« **20. Mai bis 4. September 2011, Insel Mainau**

18 Pavillons, eine Info-Tour und eine Kunstinstitution weckten vom 20. Mai bis 4. September 2011 auf der Insel Mainau den Wissensdrang von Besuchern aller Altersgruppen in der Ausstellung »Entdeckungen: Gesundheit« mit Exponaten zum Ausprobieren und Aktionen zum Mitmachen. Auf verständliche Weise vermittelten die Beiträge einen Eindruck von der Innovationskraft der Gesundheitsforschung. So zeigte die Ausstellung, welche Erfolge es bei der Behandlung der Volkskrankheit Diabetes gibt, wie vielseitig die moderne Biotechnologie eingesetzt werden kann und weshalb Sport und gesunde Ernährung noch immer die effektivsten Präventionsmaßnahmen sind. Darüber hinaus wurden die Themen Infektionskrankheiten, Krebs und seltene Erkrankungen aufgegriffen und Basiswissen über die Funktionsweise des Gehirns vermittelt.

Sehen, Hören, Tasten, Schmecken, Riechen – Gesundheitsforschung rund um unsere Sinne war das Leitthema im Fraunhofer-Pavillon, in dem Fraunhofer-Experten ausgewählte Forschungsprojekte vorstellten. Das Fraunhofer IGB erklärte im Bereich Tasten, wie Forscher Haut natürlich wachsen lassen und aus humanen Hautzellen Modelle aufbauen, die der natürlichen Haut sehr ähnlich sind. Im Projekt »Tissue Engineering on Demand« züchten Forscher Haut in einer kleinen »Fabrik«. Die künstliche Haut hilft, Tierversuche zu reduzieren. In Zukunft soll sie auch eingesetzt werden, um Menschen mit großflächigen Hautverletzungen zu heilen.



NACHHALTIGE FORSCHUNG – FORSCHUNG FÜR NACHHALTIGKEIT

Endliche Ressourcen, soziale Ungleichheiten und instabile Finanzmärkte sind komplexe Herausforderungen unserer Zeit, denen wir nur durch nachhaltiges Denken und Handeln begegnen können. Unsere Aufgabe in der Forschung ist es, mit innovativen und unkonventionellen Entwicklungen zur Lösung dieser Probleme beizutragen.

Fraunhofer-Projekt »Strategie Nachhaltigkeit«

In dem Ende 2011 abgeschlossenen Projekt »Strategie Nachhaltigkeit« erarbeiteten die 20 im Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit zusammengeschlossenen Institute einen Leitfaden für die konkrete Umsetzung des Prinzips Nachhaltigkeit in der Fraunhofer-Gesellschaft. Ziel ist es, Fraunhofer zum Vorreiter zu machen – bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitsthemen in der angewandten Forschung ebenso wie bei der Verbindung von Exzellenz in der Forschung mit nachhaltigem Handeln im Innern. Professor Thomas Hirth ist als Sprecher des Netzwerks Koordinator des Projekts, das die drei Teilprojekte »Leitbild, Strategie und Kommunikation«, »Nachhaltige Forschung und Geschäftsprozesse« und »Forschung für die Nachhaltigkeit« umfasst. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus dem Fraunhofer IGB haben in allen drei Teilprojekten mitgewirkt.

Leitbild, Strategie und Kommunikation

Im ersten, strategisch ausgerichteten Teilprojekt wurde unter der Leitung von Professor Thomas Hirth eine Nachhaltigkeitskonzeption für die Fraunhofer-Gesellschaft erarbeitet.

Diese umfasst einen Vorschlag für ein Leitbild, Handlungsfelder von interner und externer Dimension sowie einen Maßnahmenkatalog. Dabei wurden alle Fraunhofer-Mitarbeiter durch eine Online-Befragung eingebunden. Zudem fand ein interdisziplinärer Diskurs sowohl auf der Ebene des Netzwerks und der Fraunhofer-Zentrale als auch mit externen Experten statt.

Nachhaltige Forschung und Geschäftsprozesse

In die Nachhaltigkeitskonzeption flossen auch die Ergebnisse aus den beiden anderen Teilprojekten ein. Die Handlungsfelder im zweiten Teilprojekt sind eher von interner Bedeutung. Zum einen hat das Projektteam die Grundlagen für eine Toolbox zur Bewertung von Innovationsprozessen entwickelt, die zu einer Erhöhung des Anteils echter Nachhaltigkeitsinnovationen an den Forschungsergebnissen führen soll. Zum anderen sollen die Entscheidungs- und Arbeitsprozesse des täglichen Betriebs nachhaltig gestaltet werden. Hier wurden insbesondere die Bereiche Personal, Infrastruktur, Dienstreisen sowie Veranstaltungen untersucht und Verbesserungen vorgeschlagen. Die Kommunikation des bisher Erreichten und der geplanten Maßnahmen gegenüber Beschäftigten sowie Kunden und Partnern spielt dabei eine wichtige Rolle.



Pilotstandort Stuttgart – Nachhaltigkeitsbericht

Das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS mit dem Fraunhofer IGB und vier weiteren Instituten diente als Pilotstandort für den ersten campusweiten Nachhaltigkeitsbericht bei Fraunhofer. In institutsübergreifenden Workshops wurden die Dimensionen der Nachhaltigkeit in vier Perspektiven übersetzt und hierfür Leitsätze erarbeitet, die allen Beschäftigten als Orientierung dienen sollen. Die Perspektiven lauten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Prozesse, Markt und Innovation sowie Gesellschaft. Für jedes dieser Handlungsfelder wurden ausgewählte Indikatoren bewertet und Best-Practice-Beispiele vorgestellt, um Veränderungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sichtbar zu machen. Standortbezogene Maßnahmen zur Verbesserung wurden vorgeschlagen und werden nun kurz- oder mittelfristig am Campus umgesetzt. Der Bericht zielt darüber hinaus auf die Darstellung herausragender Forschungsprojekte zu Themen der Nachhaltigkeit einzelner oder kooperierender Institute am Fraunhofer IZS. Alle zwei Jahre soll ein Folgebericht erscheinen. Diese Form der Nachhaltigkeitsberichterstattung, die zuvor von zwei Fraunhofer-Instituten (UMSICHT, ICT) eingeführt wurde, dient dazu, Wege zu einem Fraunhofer-weiten Nachhaltigkeitsbericht aufzuzeigen.

Forschung für die Nachhaltigkeit

Im dritten Teilprojekt, das eher die externe Dimension zeigt, wurden zukunftssträchtige Forschungsfelder identifiziert. Ziel war es, im Hinblick auf eine strategische Weiterentwicklung das Portfolio der Fraunhofer-Gesellschaft im Themenfeld Nachhaltigkeit abzurunden. Die Forschungsfelder umfassen unter anderem die Bereiche erneuerbare Energien, Ressourcen, Wasser sowie Ernährung und Landwirtschaft. Das Fraunhofer IGB ist mit seinen Forschungsaktivitäten in all diesen Bereichen vertreten, darüber hinaus steht die Gesundheitsforschung im Fokus, so dass das Institut in nachhaltigkeitsrelevanten Themen bereits sehr gut positioniert ist. Die strategischen Überlegungen in diesem Teilprojekt waren außerdem auf eine stärkere Übernahme internationaler Verantwortung durch Kooperationen in Schwellen- und Entwicklungsländern ausgerichtet. Durch die bereits heute sehr vielfältigen Kompetenzen und den hohen Vernetzungsgrad in der Forschungslandschaft wird das Fraunhofer IGB auch dem Anspruch gerecht, zur angestrebten Führungsrolle der Fraunhofer-Gesellschaft für die Nachhaltigkeitsforschung im Sinne eines Systemanbieters beizutragen.

www.nachhaltigkeit.fraunhofer.de

www.izs.fraunhofer.de



NACHWUCHSFÖRDERUNG

Die Fraunhofer-Gesellschaft möchte frühzeitig mit den Forschern von morgen in Kontakt kommen und Einblick in spannende eigene Forschung gewähren. Daher engagiert sich das Fraunhofer IGB in der Förderung junger Talente ebenso wie darin, junge Menschen für Forschung und Technologie zu begeistern. Dies geschieht mit eigenen Veranstaltungen am Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart, aber auch mit Exponaten in verschiedenen Ausstellungen.

Fraunhofer Talent School

Bei der Fraunhofer Talent School 2011, die seit 2009 am Standort Stuttgart stattfindet, leitete Dr. Kai Sohn, Stv. Abteilungsleiter Molekulare Biotechnologie, bereits zum dritten Mal einen Workshop zum Thema Genomanalyse. »CSI Stuttgart – Vom genetischen Fingerabdruck zur Täteridentifizierung« war das Motto des Workshops, der auf anschauliche Weise die Grundlagen des genetischen Codes vermittelte. Dazu wurde DNA aus Speichelproben der Teilnehmer isoliert und molekular charakterisiert. Jeder Teilnehmer konnte so sein persönliches »DNA-Portrait« mit nach Hause nehmen. Die Schüler waren von den Möglichkeiten, Einblicke in die Arbeitsweise eines Wissenschaftlers und in spannende Forschungsthemen zu erhalten, begeistert. Auch 2012 wird Kai Sohn mit einem Workshop wieder einen Beitrag zum Gelingen der Fraunhofer Talent School Stuttgart leisten.

www.izs.fraunhofer.de/schueler-izs/fraunhofer-talent-school

Girls' Day bei Fraunhofer in Stuttgart

Derzeit haben wir in Deutschland die bestausgebildete junge Frauengruppe der Geschichte. Allein unter den Abiturienten sind 55,7 Prozent weiblich. Trotzdem entscheiden sich Mädchen im Rahmen ihrer Ausbildungs- und Studienwahl überproportional für »typisch weibliche« Berufsfelder oder Studienfächer. Der bundesweite, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ins Leben gerufene Girls' Day gibt bei Fraunhofer in Stuttgart einen Einblick in die Institute und die Berufsfelder Ingenieurwesen, Informatik und Naturwissenschaften. Die Forscher öffnen Labors und Versuchsfelder, Büros und Werkstätten, um an praktischen Beispielen zu demonstrieren, wie interessant ihre Arbeit ist. Für die Mädchen ist es eine gute Gelegenheit, mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in einem persönlichen Gespräch mehr über deren Arbeit zu erfahren. Auch 2011 waren wieder über 100 interessierte Mädchen in Stuttgart. Die beiden Workshops am Fraunhofer IGB »Magische Flüssigkeiten und Spannendes an Oberflächen« und »Erbgut sichtbar machen« fanden bei den Mädchen sehr großen Anklang. Der nächste Girls' Day findet am 26. April 2012 statt.

www.izs.fraunhofer.de/schueler-izs/girls-day



BOGY – Berufs- und Studienorientierung an Gymnasien

19 Schülerinnen und Schüler haben 2011 ihr BOGY-Praktikum am Fraunhofer IGB absolviert. Sie erhielten Einblicke in die Arbeitsbereiche von Wissenschaftlern und Doktoranden verschiedener Fachrichtungen (Ingenieure, Biologen, Chemiker und Physiker) und in typische Ausbildungsberufe (Technische Assistenten, Laboranten) eines Forschungsinstituts. So konnten die Schüler verschiedene Arbeitsgruppen der jeweiligen Abteilungen und deren Labore kennenlernen, an konkreten Projekten mitarbeiten, Methoden zum Nachweis bestimmter Stoffe erlernen und bei der Versuchsplanung sowie der Durchführung und Dokumentation der Versuchsergebnisse mithelfen. Dieses Praktikum ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, sich ein detailliertes Bild der Arbeit in einem Forschungsinstitut zu verschaffen und dadurch ihre Berufswahl zu schärfen.
www.izs.fraunhofer.de/schueler-izs/schuelerpraktika

Tag für Studierende

Am 16. Januar 2012 öffnete der Campus der Fraunhofer-Gesellschaft in Stuttgart wieder seine Türen für Studierende aus technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen verschiedener Universitäten und Hochschulen. Im Rahmen von Vorträgen, Interviews und Führungen hatten die Studierenden Gelegenheit, sich einerseits über die verschiedensten Arbeits-

gebiete der Institute zu informieren sowie Möglichkeiten eines Berufseinstiegs bei der Fraunhofer-Gesellschaft und speziell den Stuttgarter Instituten kennenzulernen. Mit der Frage »Warum nicht gleich in die Industrie?« wurden den Teilnehmern die verschiedenen Karrierewege bei Fraunhofer aufgezeigt. Äußerst positive Resonanz und steigende Teilnehmerzahlen, vor allem bei den weiblichen Teilnehmern, spiegeln den Erfolg der Veranstaltung wider, die seit 2007 einmal jährlich stattfindet.
www.izs.fraunhofer.de/studierende

Ausbildung am Fraunhofer IGB

Das Institut engagiert sich nicht nur intensiv bei der Ausbildung im Bereich der Studierenden. Es ist uns auch ein besonderes Anliegen, jungen Menschen eine Ausbildung bei Fraunhofer zu ermöglichen. Bereits seit mehr als 10 Jahren bildet das Institut daher in den Ausbildungsberufen Bürokaufleute, Chemielaboranten und Biologielaboranten aus. Die Auszubildenden haben dabei die Möglichkeit, neben der Berufsschule in den vielfältigen Arbeitsbereichen eines Forschungsinstituts mitzuarbeiten und sich so das Rüstzeug für eine spätere Tätigkeit im Forschungsbereich oder der Industrie zu sichern. Viele unserer Auszubildenden wählen im Anschluss daran die Möglichkeit eines Studiums oder einer berufsbegleitenden Weiterbildung, die vom Institut unterstützt wird.
www.igb.fraunhofer.de/de/jobs-karriere/ausbildung.html



© Biotec Sumdo

FRAUNHOFER IGB INTERNATIONAL

Neue EU-Projekte

Das 7. Forschungsrahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung ist das Hauptinstrument der Europäischen Forschungsförderung und unterstützt die Europäische Union bei ihrem Ziel, die »dynamischste und wettbewerbsfähigste Wirtschaftsregion der Welt« zu werden. Nicht nur die Ausschreibungen in den Bereichen Gesundheit, Umwelt, Energie, Nanomaterialien, Werkstoffe und Produktion sowie wissenschaftliche Bioökonomie sind von Interesse für das Fraunhofer IGB, sondern auch Ausschreibungen, die sich speziell an kleine und mittlere Unternehmen werden.

ChiBio

In dem EU-Projekt ChiBio wird die Straubinger Projektgruppe BioCat unter Leitung von Prof. Dr. Volker Sieber zusammen mit internationalen Partnern neue Verfahren entwickeln, um aus chitinhaltigen Fischereiabfällen Spezial- und Feinchemikalien herzustellen. Nach Art einer Bioraffinerie für landwirtschaftliche Produkte soll der Krabbenschalenabfall vollständig verwertet werden und verschiedene stoffliche (Monomere für biobasierte Polymere) und energetische Nutzungswege (Biogasgewinnung) entwickelt oder bestehende Prozesse verbessert werden. Das ChiBio-Konsortium setzt sich aus Forschungs- und Industriepartnern aus Norwegen, Österreich, Tschechien, Irland sowie Tunesien und Indonesien zusammen, um neben europäischen auch afrikanische und asiatische Fischereiabfälle als Rohstoffquelle nutzen zu können.

www.chibiofp7.eu

BioConSepT

BioConSepT fokussiert sich auf die stoffliche Nutzung von Rohstoffen der sogenannten zweiten Generation wie Lignocellulose oder Öle und Fette, die nicht zur Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden können. Hierzu haben die Partner sieben Verfahren zur Herstellung von Chemikalien ausgewählt. Enzymatische, mikrobielle wie auch chemische Reaktionen werden eingesetzt und in den Produktionsketten miteinander kombiniert. Die Einführung kontinuierlicher Prozesse, neuer Reaktoren und selektiver Auftrennungstechnologien soll Durchbrüche bei der Kostenreduktion und Nachhaltigkeit dieser Prozesse erzielen. Ziel ist es, Mustermengen für die Markterprobung biobasierter Polymere, Harze, Weichmacher, Biotenside und Lösungsmittel bereitzustellen. Innerhalb von zwei Jahren wird BioConSepT die zwei erfolgversprechendsten Herstellungsprozesse auswählen, um Produktmengen in der Größenordnung von 100–1000 kg bereitzustellen. Das BioConSepT-Konsortium wird durch TNO koordiniert und besteht aus 31 Partnern aus Forschungs- und Technologie-Zentren, industriellen Konzernen sowie kleinen und mittelständischen Unternehmen rekrutieren.

www.bioconcept.eu

H2Ocean

Ziel des H2Ocean-Projekts ist die Entwicklung einer Offshore-Plattform, die die Gewinnung von Wind- und Wellenenergie erlaubt und diese Energie vor Ort für verschiedene Anwendungen nutzt. Dazu gehört neben einer Fischfarm insbesondere die Umwandlung der Energie in Wasserstoff, der als Energieträger gespeichert und transportiert werden kann. Im Teilprojekt Meerwasserentsalzung wird das Fraunhofer IGB Umkehrosmose-Membranen mit verbessertem Foulingverhalten bereitstellen.

www.h2ocean-project.eu



ArtiVasc 3D

Die Bereitstellung mehrlageriger Zellschichten, die über ein Versorgungssystem ähnlich dem natürlichen Gewebe mit Nährstoffen versorgt werden können, ist eine bislang ungelöste Herausforderung in der regenerativen Medizin. Ein Konsortium von 16 europäischen Partnern aus Industrie und Forschung unter der Federführung des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT will in den kommenden vier Jahren verschiedene Technologien aus dem Rapid Prototyping und der Biofunktionalisierung zu einem Prozess integrieren, der den Aufbau vaskulärer Gefäße in Kombination mit einem Trägersystem ermöglicht. Die Gefäße und das Trägersystem sollen mit körpereigenen Zellen besiedelt werden, um so den Aufbau von Fettgewebe und schließlich künstlicher Haut zu ermöglichen. Diese künstliche Haut soll zum einen als In-vitro-Testsystem dienen, um beispielsweise Tierversuche zu reduzieren, zum anderen direkt als Hautimplantat eingesetzt werden können.

www.artivasc.eu

ConductMem

Das EU-Projekt ConductMem befasst sich mit einem zentralen Problem von Wasserfilteranlagen und insbesondere von Membranfiltrationsanlagen: Biofilme und die biologische Verblockung von Filtern. Ziel ist die Entwicklung eines Systems, in dem die Ausbildung eines Biofilms durch keimtötende oxidative Substanzen dauerhaft vermieden wird. Die oxidativen Substanzen sollen dabei von der Filtermembran selbst elektrolytisch erzeugt werden. Das transeuropäische Konsortium aus überwiegend mittelständischen Firmen wird die Technologie an Membranbioreaktoren zur Abwasseraufbereitung demonstrieren.

www.conductmem.eu

SolChemStore

Ziel ist die Entwicklung einer thermo-chemischen Wärmespeichertechnologie, die geeignet ist Temperaturen von 100–200 °C zu speichern, um so die Energieeffizienz in Industrieprozessen, vor allem der Lebensmittelindustrie, zu steigern. Auch der

Einsatz thermischer Solarkollektoren (Fresnel Kollektoren u. a.) in der Industrie würde dadurch erleichtert werden. Das Prinzip der Wärmespeicherung beruht dabei auf einer reversiblen, exothermen Reaktion von zwei Fluiden. Dazu sollen verschiedene Stoffpaare und Systemkonfigurationen untersucht und bewertet werden.

www.solchemstore.eu

EcoArtiSnow

Aufgrund der häufiger gewordenen warmen Winter setzen die Skigebiete der Alpen wie auch anderer Gebirgszüge vermehrt auf Kunstschnee, um die wirtschaftliche Situation vieler mittelständisch geprägter Bergregionen zu sichern. Im Rahmen des EcoArtiSnow-Projekts arbeitet das Fraunhofer IGB gemeinsam mit einem europäischen Konsortium von Industrie- und Forschungsunternehmen daran, Beschneiungsanlagen durch einen ganzheitlichen Entwicklungsansatz signifikant zu verbessern. Ziele sind die Minderung des Energieverbrauchs, eine verbesserte Schneequalität, erhöhte Produktionsraten und geringere Geräuschemissionen.

www.ecoartisnow.eu

O4S

Im Rahmen des EU-Projekts O4S (Organic for Surfactants) wird in Kooperation mit erfahrenen Naturkosmetikherstellern und Experten der Biotechnologie daran geforscht, Biotenside aus nachwachsenden Reststoffen der biologisch-ökologischen Landwirtschaft, beispielsweise Spelzen oder Halme, für den Einsatz in der Naturkosmetik zu gewinnen. Um einen nachhaltigen und ökologischen Herstellungsprozess zu garantieren, kommen hier lediglich schonende Umwandlungs- und Aufbereitungsverfahren zur Anwendung. Das zukunftsorientierte Projekt soll nicht nur die stetig steigenden Ansprüche der Verbraucher erfüllen, welche chemische Zusätze meiden, sondern auch die Wirtschaftlichkeit gewährleisten – unter Einhaltung der strengen, kontrollierten biologischen und ökologischen Grundsätze.

www.organic4surfactants.eu



BRASILIEN

Besuch des Präsidenten der UNIMEP

Zur Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) bestehen langjährige Kontakte, die 2011 erneut vertieft wurden. Clovis Pinto de Castro, derzeitiger Präsident der UNIMEP, der in Personalunion das Amt des Generaldirektors des renommierten Instituto Educacional Piracicabano (IEP) bekleidet, besuchte das Fraunhofer IGB zu einem offiziellen Gespräch mit Institutsleiter Professor Thomas Hirth im Oktober. Er nutzte diese Gelegenheit, die im IGB-Projekt DEUS 21 entstandene Membrankläranlage in Heidelberg-Neurott vor Ort zu besichtigen und verfolgte mit Interesse den Erfahrungsbericht des Betreibers. Während des Treffens wurde vereinbart, die Kooperation durch personellen Austausch und die gemeinsame Akquisition von Projektmitteln auch zukünftig voranzubringen.

1. Deutsch-Brasilianischer Workshop

»Innovation für die Wertschöpfung aus Bioressourcen«, 16.–18. März 2011, São Paulo

Ziel des Workshops war es, wichtige Akteure aus Industrie und Forschung beider Länder zusammenzubringen, um den zukünftigen Bedarf und die Chancen von Bioressourcen zu identifizieren. Forscher des Fraunhofer IGB beteiligten sich mit Vorträgen, Postern und Diskussionsbeiträgen zu biobasierter Wirtschaft, Abwasserbehandlung, Nährstoffrückgewinnung und der Nutzung von Reststoffen aus der Ethanolproduktion. Beide Seiten beurteilten den Workshop äußerst positiv und nutzen ihn als Ausgangspunkt für zukünftige strategische Kooperationen.

5. Deutsch-Brasilianisches »Symposium Nachhaltige Entwicklung«, 18.–22. Juli 2011, Stuttgart

Das Fraunhofer IGB beteiligte sich mit wissenschaftlichen Beiträgen zur Biogasproduktion aus Klärresten sowie zur Wertschöpfung aus Mikroalgen. Weiterhin wurden den

internationalen Teilnehmern Einblicke in Projektergebnisse des Fraunhofer IGB über die Besichtigung verschiedener technischer Anlagen ermöglicht, die zur Hochlastfaulung im Klärwerk Süd des AZV Heidelberg, zur Membrankläranlage in Heidelberg-Neurott und der neuen Anlage für Mikroalgentechnologie auf dem Gelände des Projektpartners Fair Energy in Reutlingen führten.

29. Deutsch-Brasilianische Wirtschaftstage, 18.–20. September 2011, Rio de Janeiro

Die Konferenz wird jährlich vom Bundesverband der deutschen Industrie e.V. (BDI) und dessen brasilianischem Partnerverband Confederação Nacional da Indústria (CNI) organisiert. Mehrere Fraunhofer-Institute hatten zusammen mit der brasilianischen SENAI/FIRJAN in einem eigens für sie geschaffenen Bereich, welcher der »Forschung für die Zukunft« gewidmet war, die Gelegenheit ihre Arbeiten zu präsentieren. Das Fraunhofer IGB zeigte Exponate zu den Themengebieten nachhaltige Energien und Gesundheit und stieß damit auf große Resonanz bei den Konferenzteilnehmern.

Kooperationspartner SABESP

Ein besonderes Highlight im Jahr 2011 war, den bedeutenden Wasserver- und Abwasserentsorger SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) als Partner für zukünftige Kooperationen in Brasilien zu gewinnen. In dem Projekt »Nutzung der Faulgase einer kommunalen Kläranlage für Transportzwecke« wird im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative des BMU auf der Kläranlage der Stadt Franca im Staat São Paulo eine Aufbereitung der Faulgase zu Biomethan mit Nutzung als Kraftstoff für eine Fahrzeugflotte von mindestens 49 Fahrzeugen realisiert. Ergebnisse dieses Projekts werden in beiden Ländern mit Spannung erwartet (siehe Projektbericht Seite 104).



FRANKREICH

Kooperation Fraunhofer – Carnot

Seit 2009 arbeiten Wissenschaftler des Fraunhofer IGB mit Kollegen des Carnot-Instituts CIRIMAT (Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux) in Toulouse zusammen. In dem von BMBF und ANR bilateral geförderten Projekt BioCapabili, bei dem es um biomimetische Calciumphosphate mit antimikrobieller Wirksamkeit geht, sind Wissenschaftler und Techniker aus drei Abteilungen des Fraunhofer IGB beteiligt und arbeiten mit der Arbeitsgruppe Phosphates, Pharmacotechnics, Biomaterials (PPB) von Prof. Dr. Christophe Drouet zusammen. Das Midterm-Meeting im Februar 2011 in Paris verlief erfolgreich. Die Gespräche mit Industriepartnern wurden aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse intensiviert. Angestrebt ist, die Zusammenarbeit langfristig zu erweitern und die synergistischen Kompetenzen der beiden Forschungsinstitute in international ausgerichteten Projekten einzubringen.

4. Forum zur Deutsch-Französischen Forschungskooperation, 12.–13. Oktober 2011, Berlin

Bei diesem Treffen hochrangiger Vertreter beider Länder wurde eine Roadmap mit fünf Schwerpunkten erarbeitet. Den Bereich Grüne und Weiße Biotechnologie koordiniert Institutsleiter Professor Thomas Hirth gemeinsam mit Professor Ulrich Schurr, Forschungszentrum Jülich, auf deutscher Seite. Ziel der Initiative ist, die Forschungskapazitäten beider Länder im Kontext Bioökonomie zu stärken.

INDIEN

Indisch-Deutsche Konferenz Pathogene Pilze, 1.–3. August 2011, Bangalore

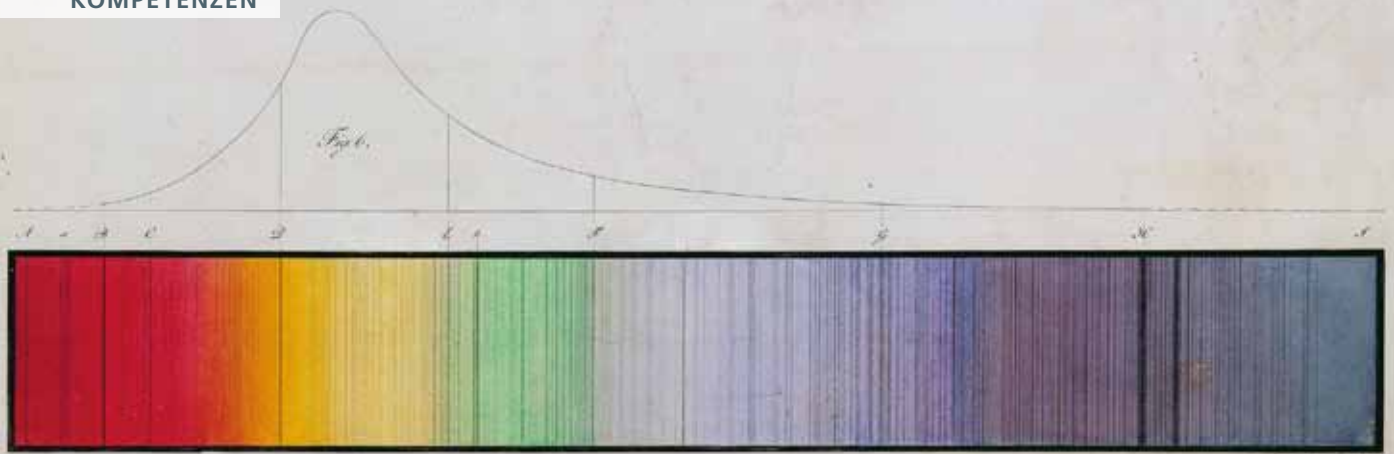
Um Kräfte in der Erforschung pathogener Pilze durch Zusammenarbeit und den Austausch von Studenten und Wissenschaftlern zu bündeln, trafen sich indische und deutsche Forscher in einem bilateralen Workshop am Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research (JNCASR) in Bangalore, Indien. Dreizehn deutsche Wissenschaftler, darunter Dr. Steffen Rupp vom Fraunhofer IGB, und 15 indische Wissenschaftler präsentierten ihre aktuellen Arbeiten und entwickelten Strategien für Verbundprojekte. Dr. Thorsten Fischer vom indischen Büro der DFG und Dr. Hans-Günter Loeffler, Vize-Generalkonsul der deutschen Botschaft in Bangalore, unterstützten und berieten die Teilnehmer der Konferenz bei ihrem Vorhaben. Erfolgreicher Abschluss der Konferenz war ein Pre-Proposal, das auf dem 2010 ausgelaufenen DFG-Programm SPP1160 (Kolonisation und Infektion durch humanpathogene Pilze) aufbaut.



Ina Andrees-Ostovan. M. A.
European Business Development
Telefon +49 711 970-3621
ina.andrees@igb.fraunhofer.de



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



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 mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 20 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,8 Milliarden Euro. Davon fallen 1,5 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt 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 an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung 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.





GRENZFLÄCHENTECHNOLOGIE UND MATERIALWISSENSCHAFT

Grenzflächen spielen eine tragende Rolle in vielen technischen Bereichen wie beispielsweise im Automobilbau, bei technischen Textilien oder in der Medizintechnik. Für viele Werkstoffoberflächen sind ganz andere Eigenschaften gefordert als sie das Material im Volumen besitzt. Neben diesen Werkstoffoberflächen gewinnen zunehmend innere Grenzflächen in Verbundmaterialien an Bedeutung. Dies betrifft sowohl Membranen für die Trenntechnik als auch Materialien für die Energietechnik, beispielsweise Separatoren in Brennstoffzellen oder dünne Schichten in der Photovoltaik, aber auch Barrieren für Verpackungsmaterialien. Schließlich werden durch die wachsende Komplexität der Anforderungen verschiedene technische Verfahren unter Aspekten der Material- und Energieeffizienz kombiniert. Für die technologische Umsetzung haben wir verschiedenste Verfahren etabliert, mit denen entweder aus der Gasphase heraus Schichten abgeschieden, oder aus der flüssigen Phase dünne Schichten oder Partikel erzeugt werden.

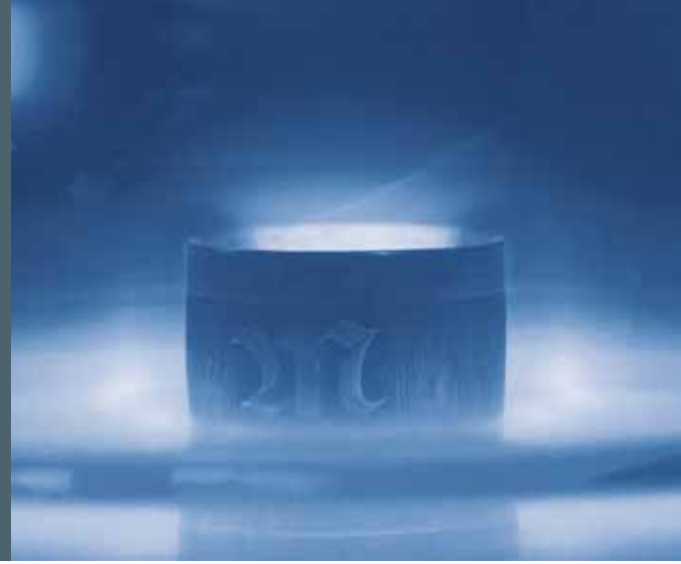
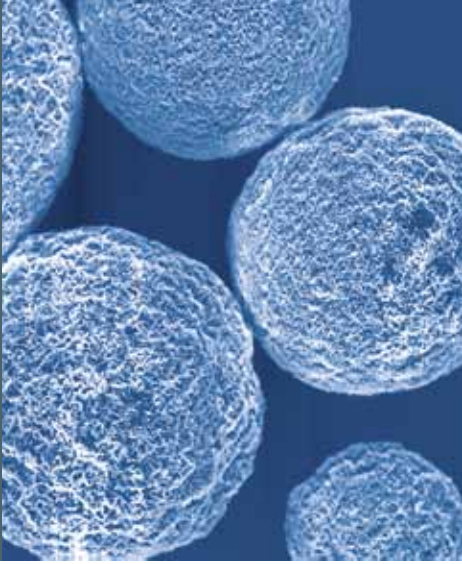
Etablierte Herstellungsverfahren

- Abscheidung dünner Schichten mit chemischen und physikalischen Methoden aus der Gasphase
- Abscheidung von Nanopartikeln mit verschiedenen Polymerisationstechniken
- Erzeugung von Membranen mit Sol-Gel-Prozessen und Sinterung
- Abscheidung dünner Schichten durch *Layer-by-Layer*-Methoden oder mittels selbstorganisierender Monoschichten.
- Auftrag dünner polymerer Filme durch *Spin Coating*
- Abscheidung von Nanofasern mittels Elektrosponnen

Für eine adäquate Verfahrens- und Produktentwicklung müssen die einzelnen Schritte kontrolliert und die Produkte charakterisiert werden. Hierzu steht uns eine Vielzahl analytischer Methoden zur Verfügung, mit denen wir die Prozesse teilweise auch in situ untersuchen und kontrollieren können (Prozessdiagnostik). Da ein Großteil unserer Produkte durch nanometerdünne Schichten oder Nanopartikel bestimmt ist, nutzen wir vor allem Methoden, die orts aufgelöste Informationen bis in den Nanometerbereich ermöglichen. Anwendungsrelevante Eigenschaften wie Separations- und Permeationseigenschaften dünner Schichten (Membranen, Barrieren, Korrosionsschutz), die Stofftrennung mit molekular geprägten Nanopartikeln und die Dispergierfähigkeit von modifizierten Kohlenstoffnanoröhrchen werden in speziellen Versuchsanordnungen bestimmt.

Etablierte Charakterisierungs- und Diagnostikverfahren

- Bestimmung der Grenzflächenspannung mit diversen Tensiometern
- Erfassung der Topographie und geometrischen Struktur von Oberflächen bis in Nanometerdimensionen mit verschiedenen AFM-Varianten, Elektronenmikroskopie und digitaler Lichtmikroskopie
- Bestimmung der Adsorptionseigenschaften entweder mikrokalorimetrisch oder durch Gasadsorption bei gleichzeitiger Bestimmung der spezifischen Oberfläche (BET)
- Bestimmung der Schichtdicke entweder ellipsometrisch oder mit mikroskopischen Techniken
- Bestimmung der chemischen Funktionen an Oberflächen und in dünnen Filmen mit IR-Spektroskopie im ATR-Modus,



IR-Mikroskopie, konfokaler Raman- und Fluoreszenzspektroskopie sowie mit MALDI-TOF-MS (matrix-assisted laser desorption-ionisation time-of-flight mass spectroscopy)

- Erfassung der Elementzusammensetzung mit Elektronenspektroskopie für die chemische Analyse (ESCA) und energiedispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX)
- Prozessdiagnostik für Plasmen mit Sondenmessungen, optischen und massenspektrometrischen Methoden

Neben der Qualität der Produkte steht vor allem die Material- und Energieeffizienz der entwickelten Verfahren im Vordergrund. Eine Möglichkeit ist es, ganze Funktionseinheiten zu miniaturisieren und durch Kombination verschiedener dünner Schichten zu realisieren. Bei diesen dünnen Schichten ist dann auch die innere Struktur und chemische Zusammensetzung von Bedeutung, die den Transport von Stoffen (Membranen), von Elektronen (Leiter, Halbleiter) oder von Photonen (Lichtleiter) modulieren und Dünnschicht-Komponenten für die Photovoltaik, für Batterien und für die organische Elektronik zugänglich machen. Herausforderung und Gegenstand unserer verfahrenstechnischen Entwicklungen ist es, die mit verschiedenen Dünnschichttechniken zugänglichen dünnen Schichten geeignet zu kombinieren.

Durch den kombinierten Einsatz von Präparationsverfahren und analytischen Methoden sind wir in der Lage, Entwicklungsaufgaben für unsere Kunden in allen Geschäftsfeldern des Fraunhofer IGB – Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie – erfolgreich zu bearbeiten.

Leistungsangebot

- Prozessentwicklung zur Plasmamodifizierung von Oberflächen
- Schichtentwicklung für Schutzschichten (Kratz-, Korrosionsschutz), Barrieren gegen Permeation, Schichten als Reservoir für die Freisetzung von Stoffen (Formulierungen)

- Funktionalisierung von Oberflächen (chemisch und biochemisch)
- Entwicklung von Plasma-Reinigungsprozessen und Plasma-Sterilisationsprozessen
- Synthese und Präparation nanostrukturierter Materialien mit maßgeschneiderter Oberfläche
- Entwicklung von neuartigen Formulierungen mittels Kern-Schale-Partikeln
- Charakterisierung von Nanopartikeln, Messung der Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung mit optischen Methoden oder im elektrischen Feld
- Entwicklung von Membranen und Membranmodulen
- Herstellung und Testung von Membranen im Pilotmaßstab
- Oberflächen- und Schichtcharakterisierung
- Verfahrens- und Anlagenentwicklung
- Up-Scaling von Laborprozessen zur Herstellung dünner Schichten auf großflächige Formate und Skalierung der Nanopartikelherstellung zu größeren Volumina

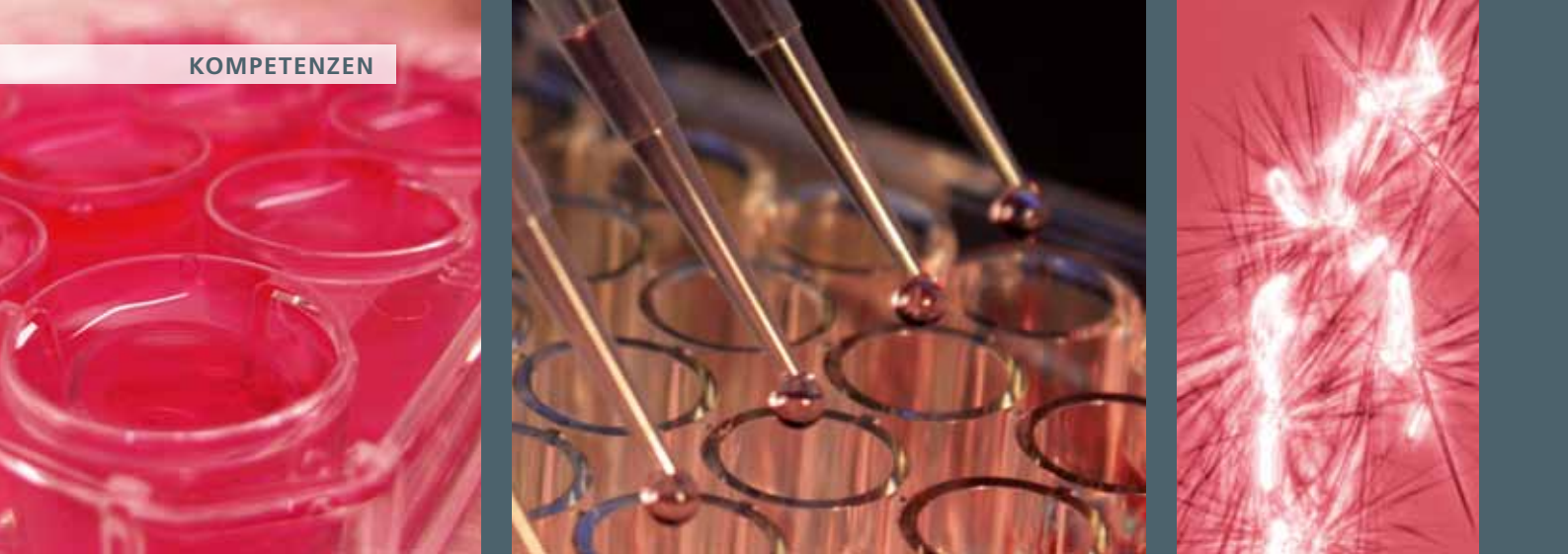
Infrastruktur und Geräteausstattung

- Anlagen zur Plasmabehandlung (Reinigung, Sterilisation, Beschichtung, Funktionalisierung)
- Anlagen zum Sputtern und zur Parylenbeschichtung
- Elektronenmikroskope und Rasterkraftmikroskope
- Geräte zur Oberflächen- und Dünnschichtanalytik
- Chemisch-nanotechnologische Laboratorien zur Herstellung nanostrukturierter (Bio-) Materialien und Oberflächen
- Pilotanlagen zur Herstellung und Testung von Membranen



Dr. Christian Oehr

Abteilungsleiter Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
Telefon +49 711 970-4137
christian.oehr@igb.fraunhofer.de



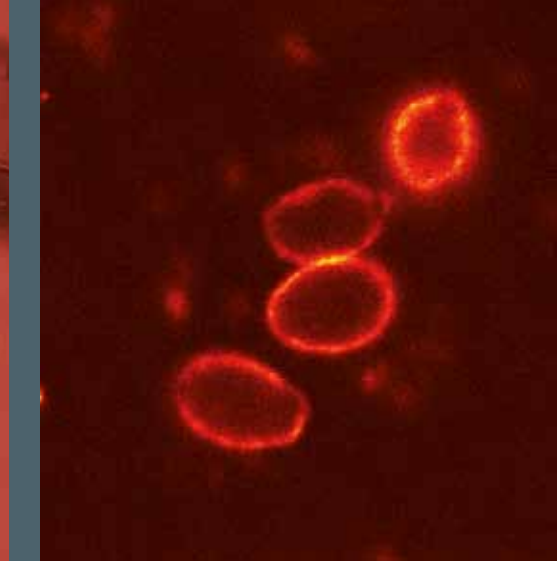
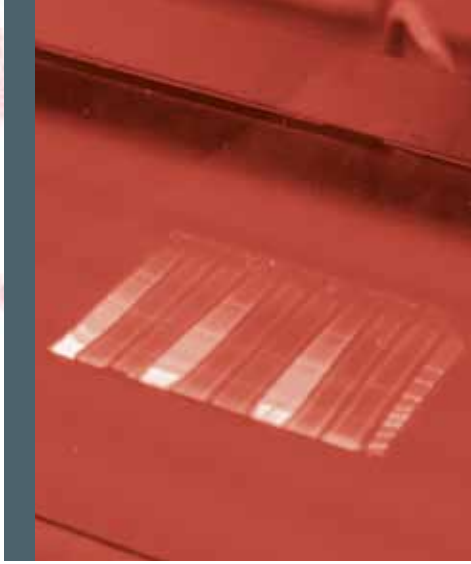
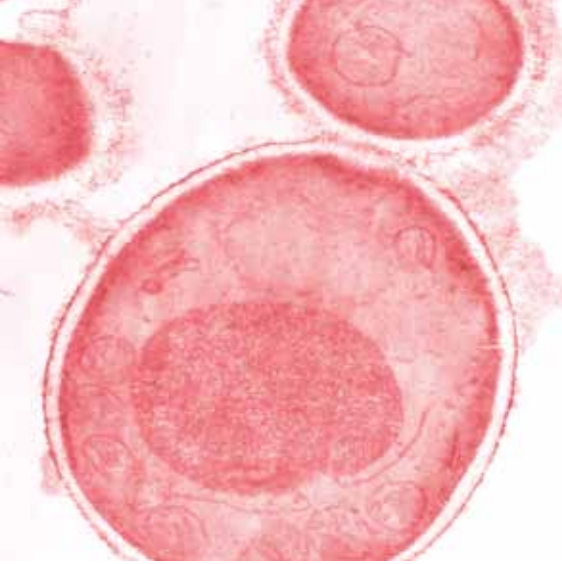
MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE

Die Schwerpunkte der Abteilung Molekulare Biotechnologie liegen in den Bereichen Pharmazie, Diagnostik und Chemie. Dabei setzen wir unser Know-how für die funktionelle Genomanalyse von Pathogenen (Infektionsbiologie) ein, um so neue Ansätze für das Wirkstoff-Screening abzuleiten. Neue diagnostische Verfahren entwickeln wir auf Nukleinsäurebasis (diagnostische Microarrays) oder mittels zellulärer Reportersysteme wie beispielsweise für einen zellbasierten Pyrogen-Assay. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Entwicklung von Produktionsstämmen oder Zelllinien für die industrielle und pharmazeutische Biotechnologie. Produktionsverfahren wurden bereits für Pharmaproteine wie Interferone (z. B. Cinnovex, Soluferon) als auch für chemische Produkte wie Biotenside und Dicarbonsäuren entwickelt. Die Arbeiten reichen dabei von der molekularbiologischen Optimierung der Produktionsstämme bis zu einer auf eine effektive Produktaufarbeitung ausgerichteten integrierten Bioprozessentwicklung. Neben Mikroorganismen setzen wir auch auf Enzyme, um nachwachsende Rohstoffe für biotechnologische Verfahren oder für die enzymatische Synthese von Chemikalien (z. B. Epoxide aus Fettsäuren) zugänglich zu machen.

Die Kernkompetenzen der Abteilung liegen in der Anwendung molekularbiologischer und biotechnologischer Methoden für Genom-, Transkriptom- und Proteomanalysen sowie einer akkreditierten Analytik, die auch für Metabolomanalysen eingesetzt werden kann. Eine molekularbiologische Stammentwicklung, integriert in einen Bioprozess mit Fokus auf einer

vereinfachten Produktaufreinigung, ist zentrale Kompetenz sowohl für mikrobielle Produktionsverfahren wie auch für die Produktion von Pharmaproteinen aus humanen Zelllinien. In der Infektionsbiologie führt die Kombination von Methoden der funktionellen Genomanalyse mit unserer Expertise in der Zellkulturtechnik zu einem Alleinstellungsmerkmal in der Entwicklung von Infektionsmodellen und Diagnostika im Verbund mit Industrieunternehmen.

Ziel ist es, die in der Natur vorkommenden Prozesse zu erkennen und deren Vielfalt in biotechnologischen Wertschöpfungsprozessen oder für die Entwicklung neuer Diagnostika und Therapeutika einzusetzen. Die neuen Technologien in der Genom- und Proteomanalytik beispielsweise ermöglichen, ganze mikrobielle Gemeinschaften oder die Interaktion zwischen Mikroorganismen und menschlichem Individuum in kürzester Zeit umfassend zu analysieren. Dadurch kann der Einfluss der Mikrobiota des Menschen auf seine Gesundheit – sowohl über Wirt-Pathogen-Interaktionen wie auch in synergistischer Form (Probiotika), aber auch die maligne Entartung körpereigener Zellen beschrieben werden. Mithilfe dieser Informationen können dann Maßnahmen für eine spezifische Behandlung eingeleitet oder personalisierte Medikamente für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen entwickelt werden. Auch in der industriellen Biotechnologie ermöglicht die schnelle Verfügbarkeit von Genomen und die Analyse zellulärer Regelkreise die Möglichkeit, neue Stoffwechselwege zu erkennen, zu optimieren und in idealer Weise für die Produktion von Chemikalien oder Proteinen einzusetzen.



Mit ihren Kompetenzen bedient die Abteilung Molekulare Biotechnologie, auch in Zusammenarbeit mit den anderen Abteilungen des Fraunhofer IGB, verschiedene Bereiche der Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie und Umwelt. Im Bereich der Biokatalyse arbeiten wir eng mit der Projektgruppe BioCat, Straubing, zusammen. Die im Labormaßstab etablierten Bioprozesse werden mit der Projektgruppe am Fraunhofer CBP, Leuna, bis in den 10-m³-Maßstab entwickelt. Zudem besteht eine Kooperation mit dem Fraunhofer ITEM für die Prozessentwicklung von pharmazeutischen Proteinen bis hin zur GMP-Produktion von klinischen Prüfmustern.

Leistungsangebot

- Target- und Wirkstoff-Screening für Antiinfektiva (2D- und LC-Proteomics, DNA-Microarrays, Parallelsequenzierung, Infektionsmodelle, Screening-Assays)
- Genexpressionsanalysen und Genomsequenzierung im Kundenauftrag
- Entwicklung von DNA-Microarrays: Sondendesign, Herstellung von PCR-Fragmenten, Kontaktprinting und Hybridisierung
- Zellbasierte Assays (GLP): Antivirale Assays, Pyrogen-detektion, Mutagenität, Toxizität
- Herstellung von Produktionszelllinien und Verfahren zur rekombinanten Produktion von Proteinen (Biosimilars), Proteinreinigung und Proteincharakterisierung
- Entwicklung neuer hochdurchsatztauglicher Enzymassays und Screening
- Stamm- und Parameter-Screening in Multifermentersystemen
- Entwicklung von integrierten Fermentationsverfahren für die industrielle Biotechnologie mit Fokus auf Rohstoffaufbereitung und Produktaufarbeitung
- Chemisch-physikalische und biochemische Analytik

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Molekularbiologische Laboratorien für Arbeiten nach Sicherheitsstufen L2, S1 und S2 GenTSV
- Microarray-Facility, universelle Microarray-Plattform
- Quantitative Echtzeit-PCR (qRT-PCR LightCycler 480)
- Parallelsequenzierung zur Nukleinsäureanalytik (Illumina HiSeq GAllx)
- Proteomics-Facility mit hochauflösenden MS-Technologien (2D-Gelelektrophorese, nano-LC-MALDI-TOF/TOF, HPLC-ESI-MS/MS)
- Fermentationsanlagen für Suspensions- und adhärenz Zellkulturen bis 10 L non-GMP
- Anlagen zur Proteinaufreinigung
- Aufschlussgeräte (Kugelmöhlen etc.), Multifermentationsanlagen für die Bioprozessentwicklung und Kleinfementer (bis 30 L) S2
- Pickroboter für die geordnete Ablage von Gen- und Mikroorganismen-Bibliotheken
- Akkreditierte Analytik: GC-MS/MS, LC-MS/MS, GPC, IC, ICP-AES und ICP-MS



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp
Abteilungsleiter
Molekulare Biotechnologie
Telefon +49 711 970-4045
steffen.rupp@igb.fraunhofer.de



PHYSIKALISCHE PROZESSTECHNIK

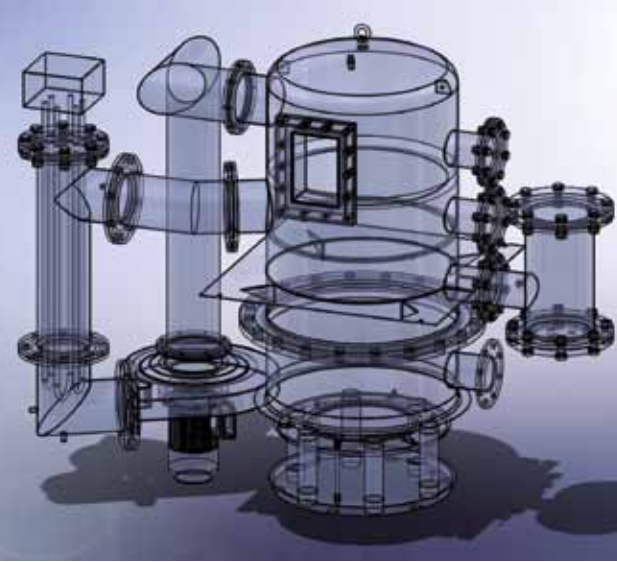
Die Abteilung Physikalische Prozesstechnik entwickelt verfahrenstechnische Prozesse und Prozesskomponenten, die auf physikalischen und physikalisch-chemischen Prinzipien beruhen. Aufgabenstellungen unserer Kunden, beispielsweise aus der Papierindustrie, Metallverarbeitung oder Baumaterialherstellung, erstrecken sich unter anderem auf die Versorgung mit Trinkwasser oder Energie sowie auf integrierte Aufbereitungs-, Herstellungs- und Recyclingprozesse in der industriellen Produktion.

Aktuelle thematische Schwerpunkte sind:

- Wärmespeicherung mit thermo-chemischen Prozessen
- Abtrennung von Feuchte aus Gasen mit Sorptionssystemen
- Trocknung mit integrierter Rückgewinnung flüchtiger Stoffe
- Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe
- Elektrophysikalische und oxidative Wasseraufbereitung
- Konstruktion kombiniert mit numerischer Simulation
- Systemintegration von aseptischen Prozessen in der Lebensmittelindustrie und Biotechnologie
- Anwendung der Hochfrequenztechnik in verfahrenstechnischen Prozessen

Zentrales Qualitätskriterium für unsere Entwicklungen ist deren Nachhaltigkeit. Diese definieren wir dabei insbesondere über die Minimierung oder Substitution von Stoffströmen vor allem aus nicht erneuerbaren Ressourcen, die Energieeffizienz der Prozesse, aber auch über die effiziente Nutzung regenerativer Energie und die Bereitstellung von Stoffen aus Recyclingprozessen. Durch die Rückgewinnung von Wertstoffen und die Einsparung von Energie ergibt sich direkt auch eine verbesserte Wirtschaftlichkeit der Prozesse, so dass mit unserem Ansatz ökologische und ökonomische Anforderungen gleichermaßen erfüllt werden. Ein Beispiel ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Speicherung von Wärmeenergie, die aus Abwärme oder Solarthermie bereitgestellt wird. Diese Wärme soll zeitlich und räumlich entkoppelt industriell genutzt werden können, beispielsweise zur Trocknung in der Produktion, zur Versorgung von Gebäuden oder zur Entsorgung von hochbelasteten Prozessabwässern mittels Vakuumverdampfung.

Unsere Leistungen für die Prozess- und Komponententwicklung beginnen mit Untersuchungen und Analysen im Labormaßstab und reichen über die Simulation und Modellierung bis hin zur Konstruktion und Systemintegration in industrielle Applikationen. Für die konstruktive Ausarbeitung technischer Lösungen steht uns aktuelle 3D-CAD-Konstruktionssoftware zur Verfügung. Diese ist über eine



Datenschnittstelle direkt mit verschiedenen numerischen Simulationsprogrammen verknüpft. Hier verwenden wir vor allem COMSOL-MultiPhysics (FemLab) für die theoretische Voruntersuchung mehrphasiger Prozesse wie dem Verhalten von Feststoffpartikeln in einer Fluidströmung sowie CST Microwave Studio für die Berechnung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in Räumen und die Auslegung von Antennen zu deren Erzeugung. Zur Umsetzung der so gewonnenen Erkenntnisse und Konzepte in Demonstratoren stehen uns Werkstätten, Labore und Technika sowie ein Netzwerk von Industriepartnern zur Verfügung.

In der Abteilung arbeiten Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen wie Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen, Lebensmittelchemie, Konstruktion oder Elektrotechnik zusammen und bilden interdisziplinäre Projektteams. Diese werden, je nach Aufgabenstellung im Projekt, um synergetische Kompetenzen aus anderen Abteilungen des Fraunhofer IGB, beispielsweise aus der Mikrobiologie und Bioverfahrenstechnik, oder aber auch anderer Institute der Fraunhofer-Gesellschaft ergänzt.

Leistungsangebot

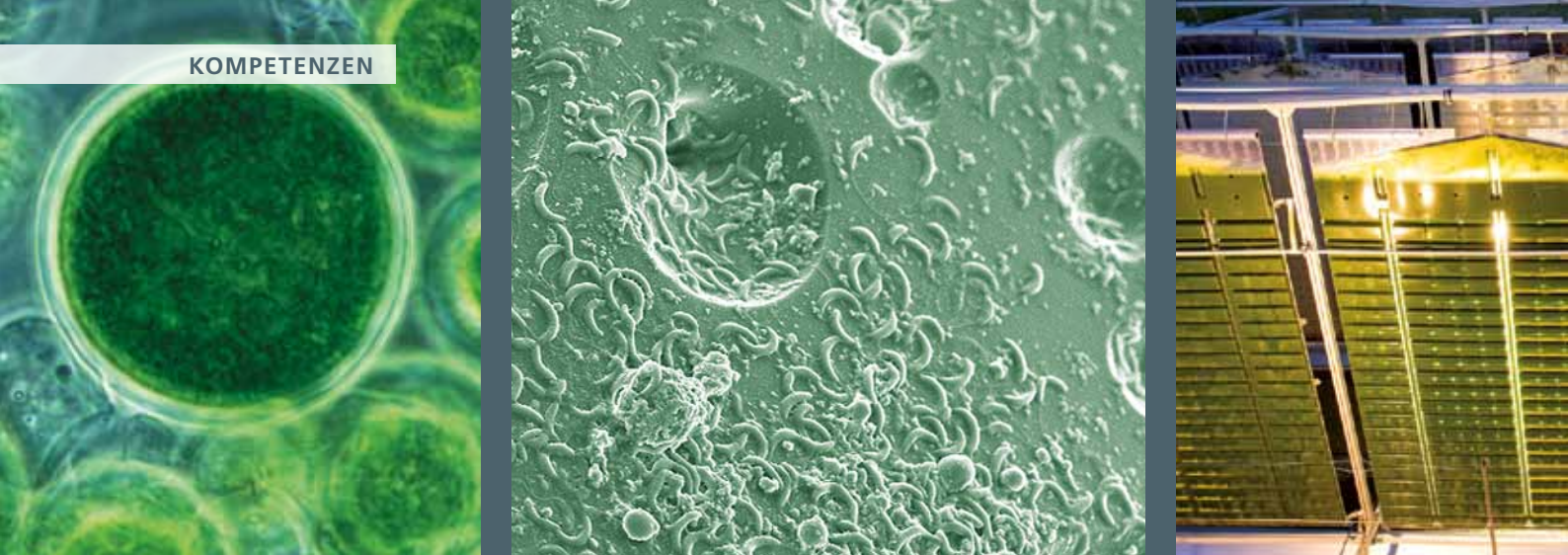
- Prozessentwicklung durch ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Verfahrenstechnik, Maschinenbau, Chemie, Mikrobiologie und Elektrotechnik
- Spezifizierung der Anlagentechnik inklusive der Automatisierung bis hin zum industriellen Prototypen
- Machbarkeitsstudien und Voruntersuchungen im Labor- und Technikumsmaßstab

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Laboranlagen für die Untersuchung der Flockungs- und Oxidationseigenschaften von industriellen Prozesswässern
- Technikumsanlagen für erweiterte Oxidationsverfahren (AOP, advanced oxidation processes) wie elektrophysikalische Fällung, Ozon, Wasserstoffperoxid, UV-Strahlung, Ultraschall, anodische Oxidation (direkt/indirekt), Kathodenreaktionen
- Mobile Technikumsanlagen für Untersuchungen und Demonstration zur Machbarkeit vor Ort beispielsweise für die Trocknung mit überhitztem Dampf oder die Wasseraufbereitung
- Konstruktions- und Simulationssoftware (u. a. SolidWorks, CST Microwave Studio, COMSOL MultiPhysics®, Design-Expert Workstation)



Dipl.-Ing. Siegfried Eger
Abteilungsleiter
Physikalische Prozesstechnik
Telefon +49 711 970-3643
siegfried.egner@igb.fraunhofer.de



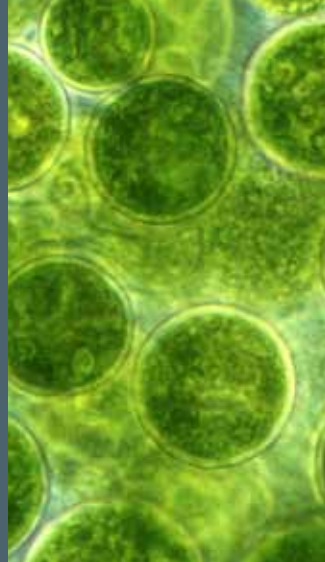
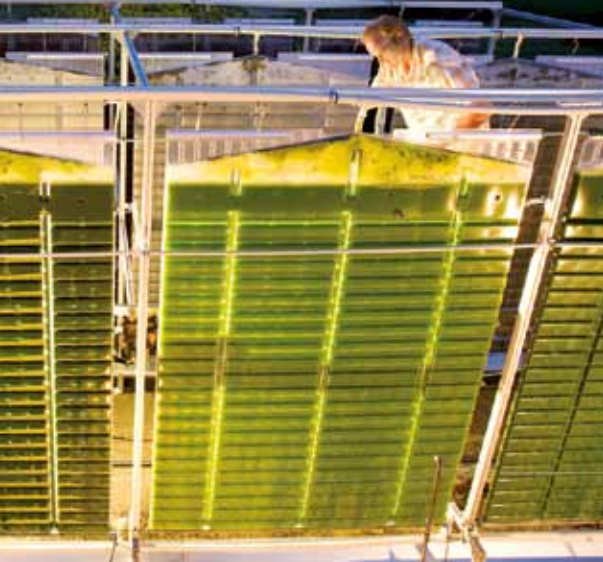
UMWELTBIOTECHNOLOGIE UND BIOVERFAHRENSTECHNIK

Die Schwerpunkte der Abteilung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik liegen in der Entwicklung von Prozessen zur Herstellung von Basischemikalien, Wertstoffen und Energieträgern aus organischen Roh-, Rest- und Abfallstoffen. Im Zusammenhang mit diesen Prozessen ist es in der Regel erforderlich, Wasser zu reinigen, das bei biotechnischen Stoffumwandlungen als Lösungsmittel dient. Dabei können oft anorganische Begleitstoffe zur Wiederverwendung als Dünger gewonnen werden. Organische Reststoffe wie Biomüll oder Klärschlamm lassen sich bevorzugt anaerob behandeln, da sich dabei Biogas als regenerativer Energieträger wirtschaftlich gewinnen lässt. Auch neue Ansätze in der kommunalen wie industriellen Abwasserreinigung einschließlich Planung, Konstruktion und Bau von Prototypen innovativer semi-dezentraler Abwasserreinigungsanlagen können durch den Einsatz anaerober Mikroorganismen realisiert werden. Dabei spielt die Rückhaltung oder Immobilisierung von Biokatalysatoren eine bedeutende Rolle. Das damit verbundene Know-how nutzen wir vielfältig zur Untersuchung oberflächenassoziierter biologischer Reaktionen wie Biokorrosion, Biofilmbildung, Biominalisierung, Biofouling, Biosensorik und Bioleaching sowie zur Testung antimikrobieller Ausrüstungen. Ergänzend greifen wir auf Mikroalgen als natürliche aquatische Rohstoffquelle zurück, die eine Vielzahl chemischer Grundstoffe und leicht vergärbare Biomasse liefert.

Kernkompetenz der Abteilung ist die Entwicklung robuster bioverfahrenstechnischer Prozesse zur Herstellung von Basischemikalien, die entweder energetisch, im Sinne gewünschter

Nutzenergieformen (Methan, Ethanol, Methanol), oder stofflich genutzt werden können. Robust bedeutet hier, dass die Verfahren kontaminationsresistent, kontinuierlich und aseptisch (nicht steril) betrieben werden können. Die Prozessierung erfolgt immer auf Basis mikrobiologischer Kenngrößen, das heißt auf der Grundlage der jeweiligen Wachstums- und Abbaukinetiken, und reicht von der Planung, Inbetriebnahme und Optimierung von Labor- und Technikumsanlagen bis hin zu Planung, Bau, Inbetriebnahme und Optimierung innovativer Demonstrationsanlagen mit unseren Industriepartnern. Die intelligente Verknüpfung von Unit Operations der mechanischen und chemischen Verfahrenstechnik (inklusive der Aufarbeitungstechnik) mit Bioprozessen unter Verwendung von Modellierungs- und Simulationsmethoden führt hier ebenso zu Alleinstellungsmerkmalen wie der Umgang mit Mikroorganismen auf Oberflächen für die gezielte Ansiedlung oder Abreicherung.

- Methoden des klassischen und des »kontinuierlichen« Hochdurchsatzscreenings nach autochthonen Produktionsstämmen, die für robuste Prozesse geeignet sind oder neue Produktlinien eröffnen
- Batch-, Fed-Batch- und kontinuierliche Bioproduktionsverfahren, auch mit partieller oder vollständiger Zellrückhaltung
- Kultivierung von Mikroalgen in Flat-Panel-Airlift-Photobioreaktoren
- Mikrobiologische Charakterisierung von Oberflächen mit Standardverfahren und anwendungsbezogenen Verfahren einschließlich Testentwicklung



- Psychrophile, mesophile und thermophile Bioprozesse
- Entwicklung von Echtzeit-Verfahren zur Überwachung von Wassersystemen hinsichtlich Verunreinigungen
- Modellierung von Prozessen und Simulation von Prozesslinien
- Scale-up-Prozesse und scale-down instabiler Prozesszustände technischer Anlagen zu deren Stabilisierung
- Aufarbeitung mit Membranverfahren, Flüssig-Flüssig-Extraktion und Extraktion mit überkritischen Medien,
- Ganzheitliche Modelle für das Energie-, Abfall- und Wassermanagement

Die Nutzung anaerober Biokatalysatoren für Produktionsprozesse von Basischemikalien oder Energieträgern birgt den Vorteil, dass das Verhältnis von Biomasseausbeute und Produktausbeute bei ca. 90 Prozent auf Seite des Produktes liegt. Den damit verbundenen Nachteil geringerer Wachstumsraten gegenüber Aerobiern gleichen wir prozesstechnisch aus. Auch die Nutzung schnell wachsender photoautotropher Zellen (Mikroalgen) führt zu vergleichbar höheren Produktivitäten als bei Landpflanzen. Gleichzeitig ist der Wasserbedarf geringer und die Algenproduktion kann auch wassergestützt betrieben werden.

Die Abteilung ist damit in der Lage, den gesellschaftlichen Herausforderungen wie Treibhauseffekt, Energiebereitstellung und Wasserknappheit mit nachhaltigen Technikoptionen zu begegnen und so der Industrie, den Kommunen und der Politik zu helfen, die Zukunft zu gestalten. Mit unseren Kompetenzen bedienen wir gemeinsam mit anderen Abteilungen des Fraunhofer IGB die Geschäftsfelder Chemie, Umwelt und Energie.

Leistungsangebot

- Neue Methoden der Abwasserreinigung
- Bioverfahrenstechnische Reinigungsprozesse für industrielle Abwässer

- Entwicklung von Verwertungskonzepten für anorganische und organische Reststoffe
- Entwicklung von regionalen Systemkonzepten für das Bioenergie-Management
- Verfahren zur Vergärung unterschiedlicher organischer Substrate zu Biogas
- Entwicklung photoautotropher Prozesse für Mikroalgen und Cyanobakterien in Flachplatten-Airliftreaktoren
- Biotransformation von nachwachsenden Rohstoffen und industriellen Reststoffen in Basischemikalien
- Entwicklung von Verfahren für die Isolierung, Trennung und Aufreinigung biotechnisch hergestellter Produkte
- Bewertung mikrobieller Belastungen auf Oberflächen und in prozessberührten Medien

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

- Bioreaktoren unterschiedlicher Art und Größe (Labor-, Pilot- und technischer Maßstab)
- Mobile Membranbioreaktoren für die Abwasserreinigung
- Technikum für Umwelt- und Bioverfahrenstechnik
- Testanlagen für verschiedene Membranverfahren
- Mobile Pilotanlagen im m³-Maßstab zur Generierung von Auslegungsdaten vor Ort für die Planung und den Bau innovativer Demonstrationsanlagen
- Ausstattung und behördliche Zulassungen für den Umgang mit pathogenen Organismen



Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Abteilungsleiterin Umweltbiotechnologie
und Bioverfahrenstechnik
Telefon +49 711 970-4222
ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de



ZELLSYSTEME

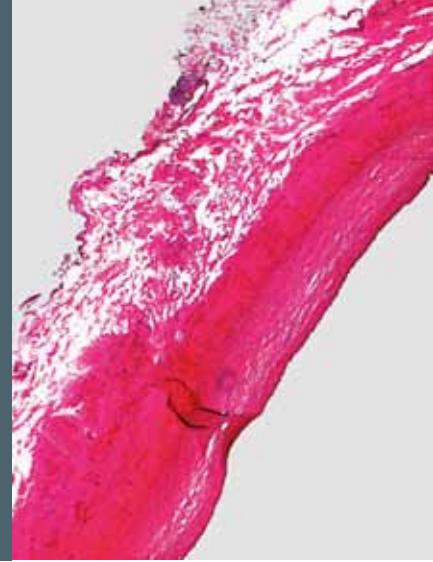
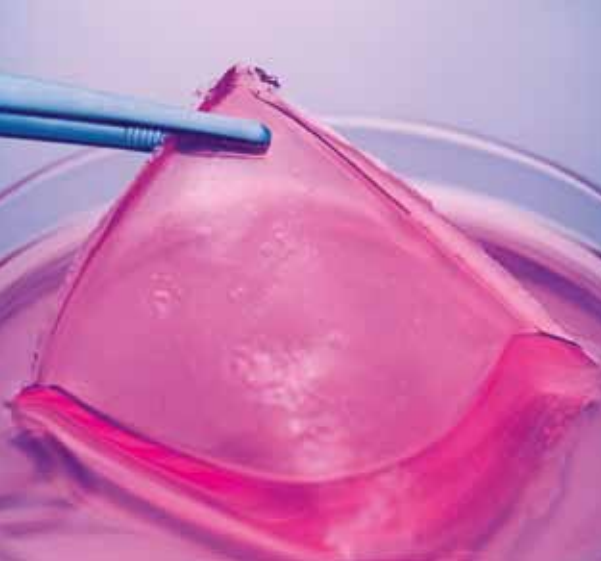
Schwerpunkt der Abteilung Zellsysteme ist die Entwicklung von funktionellen 3D-Gewebemodellen in vitro aus isolierten primären humanen Zellen, mit denen wir Fragestellungen in der regenerativen Medizin, im Tissue Engineering und bei der Entwicklung von zellbasierten Assays für die Toxikologie adressieren. Für eine effektive Isolierung von Reinkulturen aus Geweben und zelltypspezifische Kultivierung, insbesondere von adulten Stammzellen, entwickeln wir biokompatible, mikro- oder nanostrukturierte Materialoberflächen. Die physiologische Kultivierung der 3D-Gewebemodelle gelingt mit eigens für den jeweiligen Zelltyp entwickelten, PC-gesteuerten Bioreaktorsystemen. Die Sterilitätsprüfung und Qualitätskontrolle zellbasierter Transplantate ist ein aufwendiger Prozess, der stets zwei Exemplare – eines zur Prüfung und eines zur Transplantation – erfordert. Basierend auf der Raman-Spektroskopie etablieren wir daher eine nicht-invasive Nachweismethode.

Ein zweischichtiges humanes 3D-Hautäquivalent wurde patentiert (EP 1 290 145B1) und für die Prüfung der Biokompatibilität von Medizinprodukten zertifiziert (DIN ISO 10993-5). Das Hautmodell kann um weitere Zelltypen, beispielsweise Melanozyten oder Tumorzellen, erweitert werden. Es eignet sich auch – als Vorstufe zum Tierversuch – für Untersuchungen der Penetration und der Verteilung von Testsubstanzen, welche im Rahmen der EU-Chemikalienverordnung REACH gefordert werden. Weiterhin können Fragestellungen zu Differenzierung, Zelltod, aber auch zu Tumorentstehung und -promotion untersucht werden. Jüngst ist es gelungen, vaskuläre Strukturen (Blutgefäßäquivalente) in das Hautmodell zu integrieren.

Darüber hinaus konnten wir 2010 den kompletten Herstellungsprozess des avaskulären Hautmodells automatisieren.

Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Miniaturisierung und Charakterisierung unseres 3D-Darmtestsystems dar. Das akkreditierte 2D-Darmtestsystem aus Dickdarmkarzinomzellen (2D Caco-2-Modell) wird für validierte Permeabilitäts- und Transportstudien potenzieller Wirkstoffkandidaten und anderer Substanzen an der intestinalen Barriere eingesetzt. Die Kultivierung unserer vaskularisierten Matrix (BioVaSc) in spezifischen Bioreaktoren, mit der wir komplexe vaskuläre Organstrukturen aufbauen, wurde nun auch unter GMP-Bedingungen etabliert. Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projektes bereiten wir momentan die erste klinische Studie für ein Trachea-Transplantat vor, das auf der BioVaSc basiert.

- Isolierung und Kultivierung primärer Zellen aus verschiedenen Geweben und Spezies entsprechend der geltenden GLP- oder GMP-Vorschriften
 - Mikro- oder nanostrukturierte (Bio-) Materialoberflächen
 - Haut, Leber, Darm, Trachea, kardiovaskuläre Gewebe
- Etablierung von Verfahren zum Aufbau dreidimensionaler organotypischer Zellkulturen als Testgewebe oder zur Geweberekonstruktion
 - Biologische vaskularisierte Matrix (BioVaSc)
 - Gewebespezifische, PC-gesteuerte Bioreaktoren
 - Vaskularisiertes humanes Leber-, Darm- und Tracheamodell
- Etablierung von Methoden zur zerstörungsfreien Zell- und Gewebecharakterisierung mittels der Raman-Spektroskopie



Parameter, die maßgeblich die pharmakokinetischen und toxikologischen Eigenschaften von Wirkstoffen charakterisieren und daher in der Medikamentenentwicklung unbedingt überprüft werden müssen – ADMET (Absorption, Distribution, Metabolismus, Exkretion und Toxizität) – können wir mithilfe unserer vaskularisierten humanen Testsysteme untersuchen. Die Aussagen, die wir hiermit erzielen, sind direkt auf den menschlichen Organismus übertragbar. Ein Großteil der Tierversuche könnte damit ersetzt werden.

Ziel ist ebenso der Einsatz unserer komplexen Gewebe als Transplantate in der regenerativen Medizin. In unserer GMP-Einheit bieten wir die Verfahrensentwicklung und Musterherstellung autologer Transplantate (advanced therapy medical products, ATMPs) an. Zunächst erfolgt die Etablierung und Verifizierung des Verfahrens zur Herstellung des ATMP, danach die Anpassung an arzneimittelrechtliche Vorgaben und abschließend die Beantragung der Herstellungserlaubnis für die Durchführung klinischer Studien. Derzeit liegt die Herstellungserlaubnis für ein autologes Knorpel-, ein autologes Stammzell- und ein autologes Blutgefäß-Transplantat für die Bypass-Chirurgie vor.

Leistungsangebot

- Zellkulturtechnik von primären humanen Zellen und den spezifischen Zellkulturmedien
 - Testung der Biokompatibilität entsprechend DIN ISO 10993-5
- Zellbiologische Analytik
 - Molekularbiologische, histologische und immunhistologische Methoden
 - Durchflusszytometrie (FACS) inklusive Sortierung
 - Moderne Verfahren der digitalen Bildverarbeitung wie Mikrodissektion und Raman-Spektroskopie

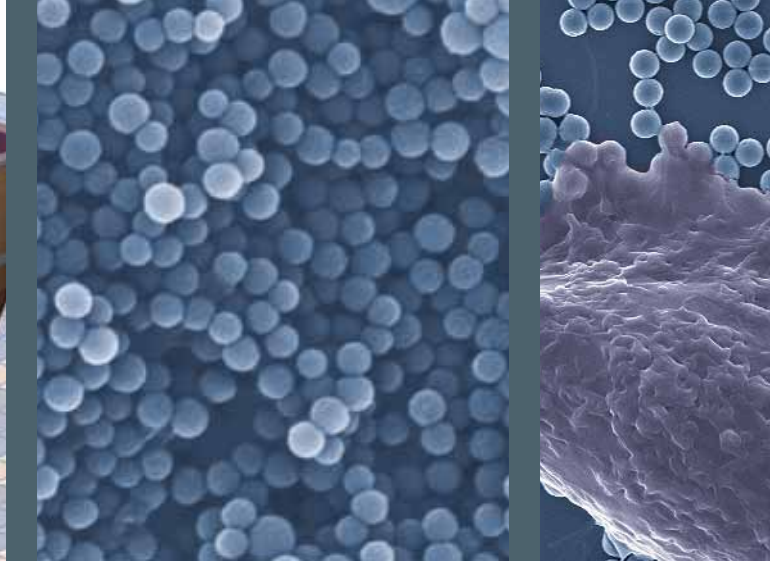
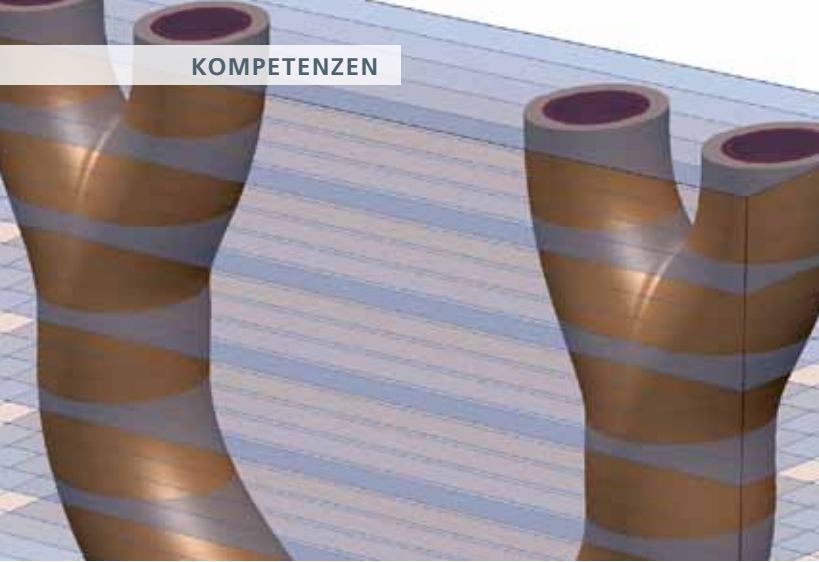
- Etablierung diverser 3D-Gewebemodelle
 - Akkreditiert für REACH-Untersuchungen
 - Alternativen zum Tierversuch für die Kosmetika-Entwicklung
 - ADMET-Untersuchungen zum Substanz- und Medikamenten-Screening
 - Target-Screening für neue Therapeutika und Infektionsbiologie
- Entwicklung spezifischer, PC-gesteuerter Bioreaktorsysteme für die Kultivierung vaskularisierter Gewebemodelle
- Verfahrensentwicklung, Herstellung und Prüfung von Zelltherapeutika und Transplantaten (ATMPs) für klinische Studien der Phase I und II

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Zellkulturlabore für Arbeiten nach Sicherheitsstufen S1 und S2 GenTSV
- Modernste Geräteausstattung wie inverses Fluoreszenzmikroskop, FACS und Mikrodissektionsanlage
- GMP-Herstellungsbereich (Reinräume, separate Qualitätskontrolle, Lager)



Prof. Dr. Heike Walles
Abteilungsleiterin Zellsysteme
Telefon +49 711 970-4117
heike.walles@igb.fraunhofer.de



INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHENVERFAHRENSTECHNIK IGVT

Das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT wird von Professor Thomas Hirth geleitet und gehört zur Fakultät »Energie-, Verfahrens- und Biotechnik« der Universität Stuttgart. Zum Jahresende 2011 zählte das IGVT 60 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, bei einem Forschungsbudget von etwa 2,7 Mio €. Das Institut befindet sich schwerpunktmäßig in den Räumen des Fraunhofer IGB, mit dem in enger Kooperation gearbeitet wird. Zusätzlich nutzt das IGVT Labor-, Technikums- und Büroräume im Verfügungsgebäude der Universität Stuttgart, Allmandring 5b. Die Arbeitsgruppen des Instituts verfügen über eine moderne Ausstattung für biochemische, bioverfahrenstechnische, chemische, nanotechnologische, physikalische, verfahrenstechnische und zellbiologische Forschungsarbeiten an und mit Grenzflächen.

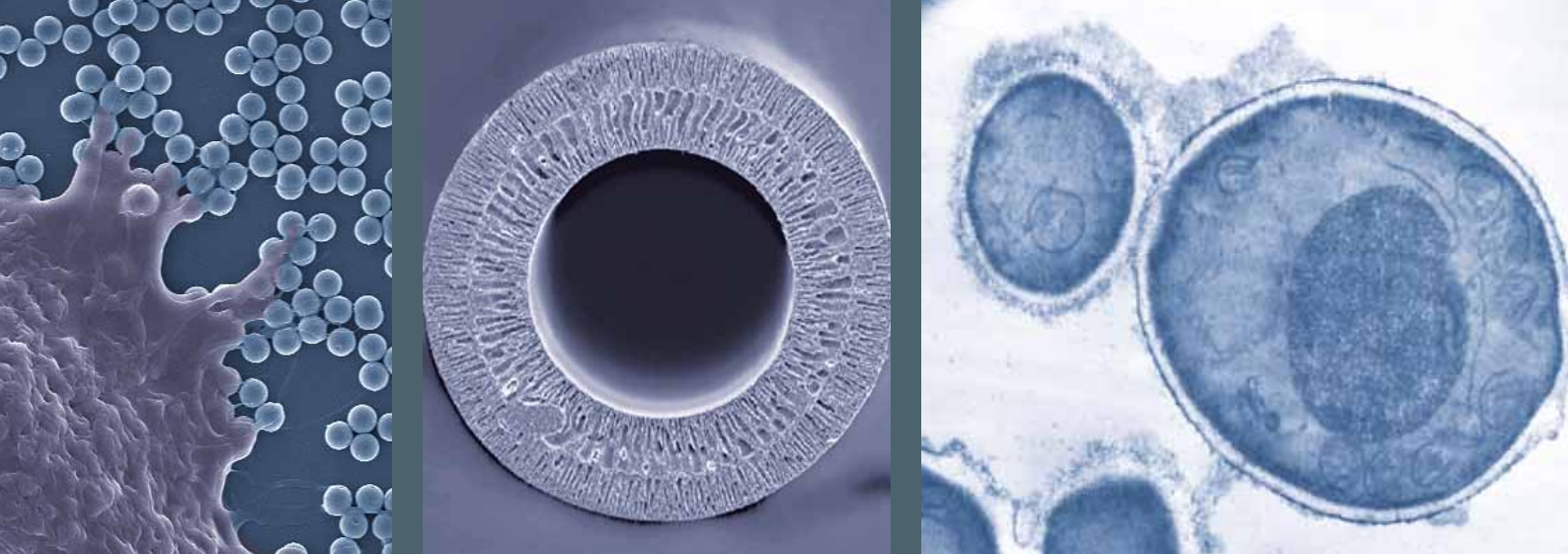
Die enge Zusammenarbeit mit den Gruppierungen des Fraunhofer IGB ermöglicht die Durchgängigkeit der Projekte von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung. Dies zeigt auch die Herkunft der Fördermittel für das IGVT, dessen Forschung von BMBF, DBU, DFG, EU, dem Land Baden-Württemberg, Stiftungen und der Industrie finanziert wird. Am IGVT verbinden wir grundlegende Forschungsideen mit anwendungsorientierten Ansätzen und greifen dabei auch Impulse aus der Praxis auf.

Forschung und Lehre

Das IGVT widmet sich der Gestaltung, Funktionalisierung und Charakterisierung von Oberflächen anorganischen, biologischen und organischen Ursprungs sowie von Bio-, Nano- und Hybridmaterialien und deren Interaktionen. Weitere Schwerpunkte sind die Simulation und Verfahrensentwicklung von grenzflächenbestimmten Prozessen, beispielsweise in der Membran- und Bioverfahrenstechnik, sowie deren biochemische, chemische, molekularbiologische, physikalisch-chemische und zellbiologische Grundlagen. Die Schwerpunkte der Lehre des IGVT liegen bei den Themenfeldern Biomaterialien, Grenzflächenverfahrenstechnik, industrielle Biotechnologie und Nanotechnologie. Darüber hinaus bietet das IGVT qualifizierende Lehrveranstaltungen zu weiteren fachübergreifenden Themenfeldern an. Die Studierenden kommen insbesondere aus den Studiengängen Chemie, Maschinenwesen, Medizintechnik, Technische Biologie, Technische Kybernetik, Verfahrenstechnik, WASTE und Werkstoffwissenschaften.

Biologische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Enzym- und Mikroorganismen-Screening
- Microarray-Technologien für Diagnostik und biomedizinische Forschung
- Verfahrensentwicklung für die industrielle Biotechnologie
- Wechselwirkungen von Mikroorganismen mit Oberflächen
- Wirt-Pathogen-Interaktion



Chemische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Biomaterialien und Nanobiomaterialien
- Biomimetische Funktionsschichten für Medizin und Biotechnik
- Kern-Schale-Nano- und Mikropartikel, insbesondere mit biomimetischer Schale
- Kompositmaterialien, Hybridmaterialien, ionische Flüssigkeiten
- Nano- und mikrostrukturierte (bio)funktionale Oberflächen
- Oberflächen für die molekulare Erkennung

Medizinische Grenzflächenverfahrenstechnik

- 3D Tissue Engineering
- Aufbau vaskularisierter Gewebe
- Gewebespezifische Bioreaktorentwicklung
- Organoide humane Testgewebe als Ersatz für Tierversuche
- Toxizitätsstudien an organoiden Gewebemodellen
- Zellen und Biomaterialien

Physikalische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Chemische Gasphasenabscheidung (CVD, chemical vapor deposition)
- Grenzflächencharakterisierung
- Mikroplasma
- Nanoskopische Oberflächenfunktionalisierung
- Plasmabeschichtung (PECVD, plasma enhanced chemical vapor deposition)
- Plasmadiagnostik und physikalisch-chemische Modellbildung
- Plasmaverfahrensentwicklung
- Verfahren zur Dispersion von Nanomaterialien

Umwelt-Grenzflächenverfahrenstechnik

- Adsorptions-/Desorptionsprozesse zur Wärmespeicherung und Entfeuchtung
- Elektrochemisch stimulierte Kristallisation und Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe
- Membranen für Gastrennung, Brennstoffzellen und Wasseraufbereitung
- Membranverfahren zur Wasseraufbereitung, Zellrückhaltung und Hygienisierung von Wasser
- Produktionsverfahren mit Mikroalgen in Photobioreaktoren
- Suspendierte Partikel und Emulsionen in elektrischen Feldern
- Trocknungsverfahren mit überhitztem Dampf
- Verfahrensentwicklung zur energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT
 Universität Stuttgart c/o Fraunhofer IGB
 Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart
 Fax +49 711 970-4006
www.igvt-uni-stuttgart.de



Prof. Dr. Thomas Hirth
 Institutsleiter
 Telefon +49 711 970-4400
thomas.hirth@igvt.uni-stuttgart.de



Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Ing. Günter Tovar
 Stv. Institutsleiter
 Telefon +49 711 970-4109
guenter.tovar@igvt.uni-stuttgart.de



PROJEKTGRUPPE BIOCAT

Im Fokus der Forschung der Projektgruppe »Katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe BioCat« steht die Entwicklung katalytischer Verfahren und neuer Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen. Schlüsseltechnologien der chemischen Katalyse sowie der weißen Biotechnologie kommen bei der stofflichen Nutzung von Biomasse und CO₂ ebenso zum Einsatz wie die Kombination von Chemo- und Biokatalyse. Dabei werden auch neue Methoden zur Entwicklung von (Bio-) Katalysatoren etabliert und eingesetzt. Diese Katalysatoren wiederum sollen unter anderem zur Umwandlung von aus Pflanzen und Reststoffen der Holzverarbeitung gewonnenen Terpenen in Epoxide und Monomere für die Polymerindustrie eingesetzt werden. Ausgehend von Lignin werden beispielsweise Monomere für leitfähige Polymere hergestellt oder aus Terpenen funktionalisierte Carbonsäuren und biobasierte Tenside synthetisiert. Dabei ist angestrebt, eine bestmögliche Wertschöpfung vom Rohstoff Biomasse zum biobasierten Endprodukt zu erreichen.

Heute schon muss die nächste Generation von Katalysatoren und Verfahren entwickelt werden, die es erlauben, Biomasse und CO₂ als wesentliche Rohstoffquelle an Stelle des Erdöls zu verwenden. Die Projektgruppe BioCat möchte diese Entwicklung vor dem Hintergrund der »grünen« oder »nachhaltigen Chemie« beschleunigen und entscheidend mit prägen.

Dafür verfolgt sie den Ansatz, neue chemo- und biokatalytische Verfahren für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln und vor allem chemische und biotechnologische Methoden geeignet zu kombinieren, um die stoffliche Vielfalt pflanzlicher Biomasse richtig auszunutzen.

Die Projektgruppe BioCat setzt sich aus Biotechnologen, Molekularbiologen und Chemikern der Bereiche Katalyse und Synthese zusammen, die neben den jeweiligen Fachkenntnissen in Biotechnologie (Enzymatik, Fermentation, Screening von Biokatalysatoren) und Chemie (organische Synthese, Analytik, homogene Katalyse) über fundierte Kenntnisse im Bereich der biogenen Rohstoffe bzw. Naturstoffe verfügen. Durch Bündelung dieser verschiedenen Fachrichtungen ist es neben der fachlichen Beratung möglich, Arbeiten in den Bereichen Analytik, Forschung und Entwicklung neuer Stoffe, neuer Reaktionen und neuer Katalysatoren bzw. die Optimierung von Katalysatoren und bestehenden Prozessen Hand in Hand mit zukünftigen Auftraggebern durchzuführen.

Die Projektgruppe BioCat kombiniert Bio- und Chemokatalyse in enger Zusammenarbeit mit der TU München und den Abteilungen des Fraunhofer IGB und dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfingsttal. In gemeinsamen Projekten werden so Themen zu nachwachsenden Rohstoffen behandelt, die u. a. neue Impulse für die Biopolymerindustrie liefern.



Leistungsangebot

- Hochauflösende NMR-Analytik (400 MHz) in Lösung zur Molekülstrukturaufklärung, Reaktionsverfolgung, Tieftemperaturanalytik, u. a. 1D ^1H -/ ^{19}F -/ ^{13}C -/ ^{31}P -/ ^{15}N -Messungen und 2D-Anwendungen inkl. Methodenentwicklung
- Screening von Bio- und Chemokatalysatoren
- Molekularbiologische und technische Optimierung von Enzymen und Enzymreaktionen
- Auftragsynthese von Feinchemikalien
- Entwicklung von Verfahren zur Reststoffverwertung
- Entwicklung von Verfahren zur Integration nachwachsender Rohstoffe in bereits bestehende Prozesse
- Durchführung von Studien im Bereich nachwachsender Rohstoffe

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Autoklavenstation mit mehreren Parallelreaktoren im Labormaßstab (Material: Hastelloy C22, Volumen: 100 mL/Reaktor, Druck: bis 300 bar, Temperatur: bis 400 °C)
- Verschiedene Fermenter bis 40 Liter
- Automatisierungsplattform für Hochdurchsatzmethoden
- Analytik: GC-MS, LC-MS, HPLC
- 400-MHz-NMR-Spektrometer

Kontakt

Fraunhofer IGB
Projektgruppe BioCat
Schulgasse 16 | 94315 Straubing
Fax +49 9421 187 310 | www.biocat.fraunhofer.de



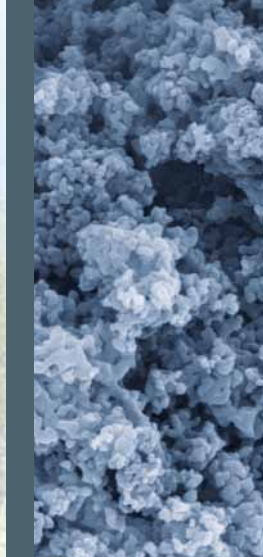
Prof. Dr. Volker Sieber

Leiter Projektgruppe BioCat
Telefon +49 9421 187-301
volker.sieber@igb.fraunhofer.de



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

Abteilungsleiter
Molekulare Biotechnologie
Telefon +49 711 970-4400
steffen.rupp@igb.fraunhofer.de



FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR CHEMISCH-BIOTECHNOLOGISCHE PROZESSE CBP

Das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna schließt die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung: Durch die Bereitstellung von Infrastruktur und Technikums-/Miniplant-Anlagen ermöglicht das Fraunhofer CBP Kooperationspartnern aus Forschung und Industrie die Entwicklung und Skalierung von biotechnologischen und chemischen Prozessen zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe bis zum industriellen Maßstab. Das Fraunhofer CBP wird am Chemiestandort Leuna in enger Zusammenarbeit mit dem Standortbetreiber InfraLeuna GmbH errichtet und gemeinsam von den Fraunhofer-Instituten IGB und ICT betrieben. Mit der Einrichtung des Fraunhofer CBP wird ein wichtiger Schritt getan, dass sich Leuna zum bio- und petrochemisch integrierten Standort entwickelt und eine Vorreiterrolle bei der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe einnimmt. Mit dem feierlichen Spatenstich am 8. Dezember 2010 wurde der Beginn der Bauarbeiten für das neue Fraunhofer-Zentrum eingeleitet. Die Fertigstellung ist für Mitte 2012 geplant.

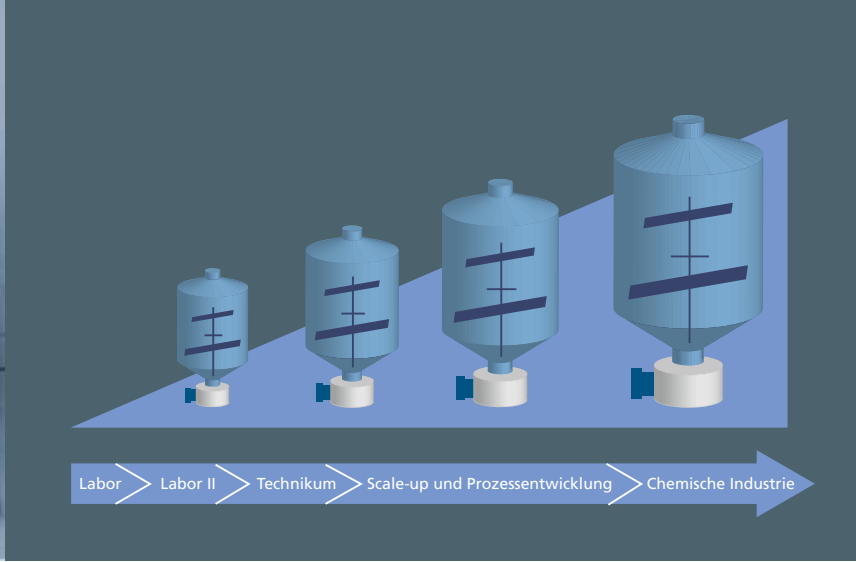
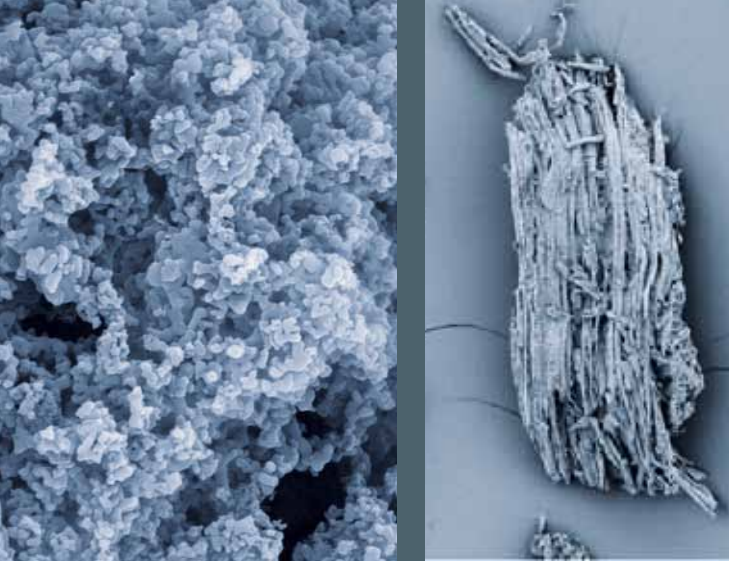
Mit dem Fraunhofer CBP entsteht eine bisher einmalige Plattform zur Entwicklung neuer Verfahren bis in produktrelevante Dimensionen mit direkter Anbindung an die chemische Industrie einerseits und an die Fraunhofer-Forschung andererseits. Im Rahmen von Verbundprojekten mit Partnern aus Industrie, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen werden folgende Forschungsschwerpunkte verfolgt:

- Funktionalisierung pflanzlicher Öle – Epoxidierung und ω -Funktionalisierung
- Aufschluss von Lignocellulose und Trennung der Komponenten
- Herstellung biobasierter Alkohole und Olefine
- Entwicklung neuer technischer Enzyme
- Gewinnung funktionaler Inhaltsstoffe und Energieträger aus Mikroalgen
- Verwertung von Restbiomasse durch Vergärung

Das Fraunhofer CBP wird seinen Fokus auf die Entwicklung nachhaltiger Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette zur Herstellung von Produkten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe legen. Ziel ist die kaskadenartige, stofflich-energetische Nutzung möglichst aller Inhaltsstoffe pflanzlicher Biomasse nach dem Prinzip einer Bioraffinerie.

Die Entwicklung der Verfahren zielt auf folgende Schwerpunkte:

- Nutzung des Kohlenstoffsynthesepotenzials der Natur
- Energie- und Ressourceneffizienz der entwickelten Prozesse
- Minimierung von Abfallströmen
- Reduktion von CO₂-Emissionen
- Nutzung von Pflanzen, die nicht zur Nahrungs- oder Futtermittelproduktion geeignet sind
- Integration der entwickelten Prozesse in bereits bestehende Systeme, beispielsweise zur Gewinnung von Biogas aus Restbiomasse



Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen können die Übertragung der neuen Technologien für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe vom Labor in industriell relevante Größenordnungen aus eigener Kraft kaum leisten. Die Technikums- und Miniplant-Anlagen ermöglichen Kooperationspartnern aus Forschung und Industrie die Entwicklung und Skalierung von biotechnologischen und chemischen Prozessen zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe bis zum industriellen Maßstab.

Leistungsangebot

Das Fraunhofer CBP wird seinen Betrieb Mitte 2012 aufnehmen. Das Zentrum stellt modular einsetzbare Prozesskapazitäten bis 10 m³ und kontinuierliche Anlagen bis 100 L/h auch unter hohen Prozessdrücken sowie verschiedenste Aufbereitungs- und Aufarbeitungstechniken bereit. Mit diesem flexibel einsetzbaren Bioraffineriekonzept können Rohstoffe wie pflanzliche Öle, Cellulose, Lignocellulose, Stärke oder Zucker aufbereitet und zu chemischen Produkten umgesetzt werden. Bereits jetzt steht unsere Projektgruppe für die Vorbereitung und Anbahnung von Projekten und Aufträgen zur Verfügung.

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Fermentationskapazitäten von 10, 100, 1000 und 10 000 L einschließlich Downstream Processing für Fermentationsprodukte
- Kontinuierliche Gasphasenreaktionen bis 10 L/h
- Diskontinuierlich betriebene Reaktoren für Flüssigphasenreaktionen bis 500 L
- Mechanische und thermische Trennverfahren
- Aufschluss und Komponententrennung von Lignocellulose mithilfe von organischen Lösungsmitteln mit einer Kapazität von 1 t Biomasse/Woche
- Reaktoren bis 500 L zur enzymatischen Hydrolyse von Polysacchariden

Kontakt

Fraunhofer CBP

Am Haupttor | Bau 4310 | 06237 Leuna
 Fax +49 3461 43-3501
www.cbp.fraunhofer.de



Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach

Leitung der Projektgruppe CBP
 Telefon +49 3461 43-3508
gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Katja Patzsch

Gruppenleiterin
 Biotechnologische Verfahren
 Telefon +49 3461 43-3500
katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de



Dr. Moritz Leschinsky

Gruppenleiter Vorbehandlung und Fraktionierung Nachwachsender Rohstoffe
 Telefon +49 3461 43-3502
moritz.leschinsky@cbp.fraunhofer.de



Dr. Daniela Pufky-Heinrich

Gruppenleiterin Chemische Verfahren
 Telefon +49 3461 43-3503
daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de



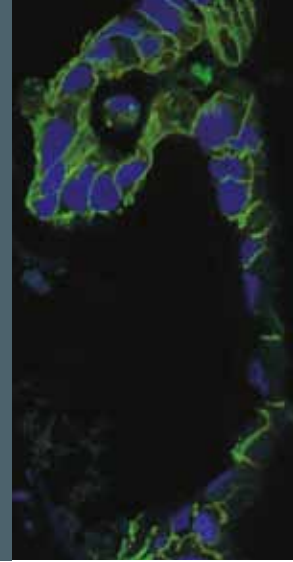
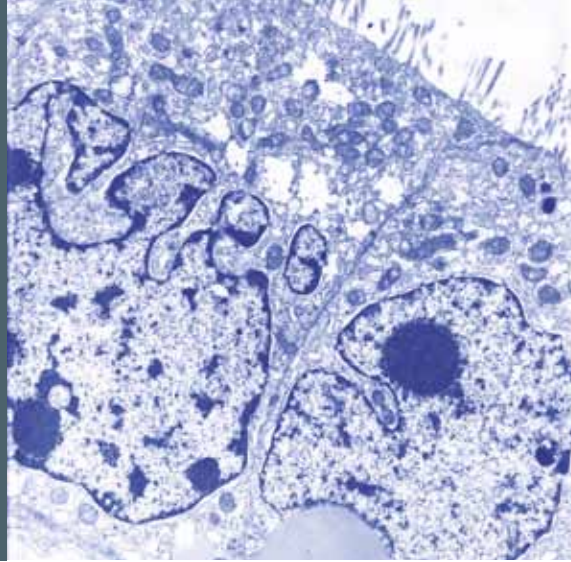
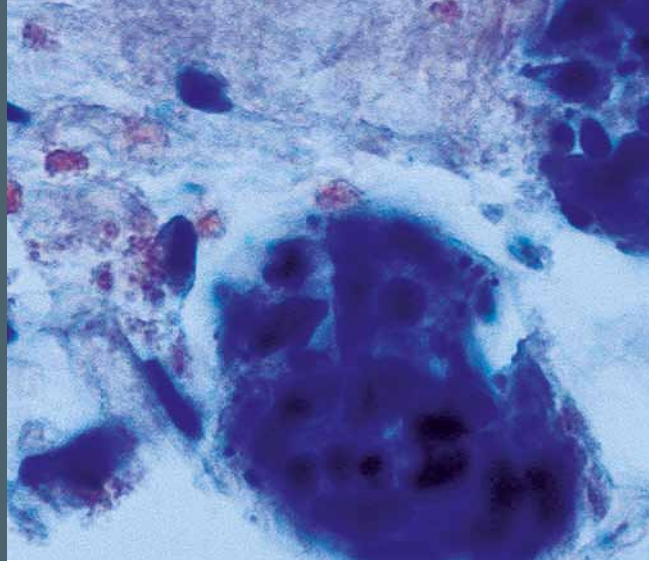
PROJEKTGRUPPE ONKOLOGIE

Die Projektgruppe »Regenerative Technologien für die Onkologie« des Fraunhofer IGB wurde 2009 zeitgleich mit dem Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin an der Universitätsklinik Würzburg eingerichtet. Die Projektgruppe profitiert einerseits von der Anbindung an die Forschung des Fraunhofer IGB und andererseits von der Anbindung an die Medizinische Fakultät der Universität Würzburg.

Schwerpunkt der Projektgruppe ist die Entwicklung humaner 3D-Testsysteme für die Entwicklung von Krebsmedikamenten. Mit primären Tumorzellen werden gewebespezifische, vaskularisierte In-vitro-Tumormodelle als Testsysteme etabliert. Die am Fraunhofer IGB in der Abteilung Zellsysteme etablierte Methodik, menschliche Gewebe mit einem funktionellen Blutgefäßäquivalent in vitro zu züchten, wird dabei in der Projektgruppe auf die Herstellung humaner vaskularisierter Tumoren transferiert: Wird das artifizielle Tumorgewebe in einem Bioreaktorsystem wie im menschlichen Körper über Blutgefäße versorgt, können molekulare Mechanismen zur Angiogenese (der Ausbildung neuer Blutgefäße) und andere relevante Mechanismen der Tumorentstehung und -metastasierung in vitro untersucht werden. Ebenso können wir mithilfe solcher Tumormodelle studieren, wie neue Wirkstoffe im Tumor verteilt werden und an ihren Zielort gelangen. Mithilfe dieser Tumormodelle wird es möglich sein, neue Tumor-Diagnostika und -Therapeutika sowie gezielte Therapieverfahren unter Umgehung von Tierversuchen direkt an humanen Tumoren in vitro zu entwickeln und zu validieren.

Ein weiterer Fokus besteht in der Entwicklung von 3D in vitro generierten Tumorstammzell-Nischen. Tumorstammzellen gelten heute als Ursache für die Entstehung und das Wachstum von Krebs. Wie gesunde Gewebestammzellen teilen sie sich selten und sind deshalb unempfindlich gegen konventionelle Therapien mit Chemotherapeutika oder Strahlen. Diese Resistenz erschwert die Krebstherapie und kann zu Rezidiven, einem Wiederauftreten des Tumors, oder zu Metastasen führen. Es gibt Hinweise, dass Tumorstammzellen in ihrer spezifischen Mikroumgebung (englisch niche) vor therapeutischen Angriffen geschützt sind. Gelingt es uns, eine solche Nische in vitro nachzubilden, könnten gezielt Therapeutika gesucht werden, die direkt auf die Tumorstammzellen wirken.

Jedes Jahr erkranken 450 000 Menschen in Deutschland an Krebs, 216 000 Menschen sterben jährlich daran. Nach den Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist Krebs damit die zweithäufigste Todesursache. Krebszellen wachsen unkontrolliert und bilden für ihre Nährstoffversorgung eigene Blutgefäße aus. Viele Tumore siedeln über das Blut- oder Lymphsystem Zellen in weit entfernte Organe und bilden dort Metastasen, welche eine Krebserkrankung oft unheilbar machen. Ein wichtiges Ziel unserer Arbeiten ist es daher, die Mechanismen des Krebswachstums, der Bildung von Metastasen und deren Verteilung im menschlichen Körper aufzuklären.



Leistungsangebot

- Herstellung und biochemische Modifikation von 3D-Trägerstrukturen für das Tissue Engineering mittels Elektrosponnen
- Isolierung primärer humaner Stamm- und Tumorzellen
- Aufbau von Kokulturen zur Generierung humaner solider Tumoren in vitro als Tumortestsysteme
- Entwicklung spezifischer Bioreaktoren für verschiedene Tumormodelle
- Entwicklung humaner vaskularisierter Tumorgewebe zur Etablierung individueller Diagnostika und personalisierter Therapien
- Zellbiologische Analytik der Tumorgewebe: molekularbiologische, histologische und immunhistologische Methoden, Durchflusszytometrie (FACS) inklusive Sortierung
- Target-Screening für neue Tumor-Therapeutika

Unsere Forschungsleistungen können für die gesamte Wertschöpfungskette in der Entwicklung von Krebsmedikamenten genutzt werden:

- Untersuchung des Wirkprinzips oder der Nebenwirkungen eines neuen Wirkstoffkandidaten mittels vaskularisierter humaner Tumortestsysteme
- Einsatz des Tumormodells bei der Verfahrensentwicklung zur Optimierung von Wirkstoffen oder Diagnostika
- Durchführung und Validierung von In-vitro-Testungen als Alternative zum Tierversuch am Ende der präklinischen Entwicklungsphase

- Untersuchungen zur Effizienz eines in der Zulassung befindlichen neuen Pharmakons
- Kooperation mit der medizinischen Fakultät Würzburg zur Organisation der klinischen Phasen I-III

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Zellkulturlabore für Arbeiten nach Sicherheitsstufen S1, S2 GenTSV
- Zellanalytik: inverses Fluoreszenzmikroskop, FACS, Mikrodisektionsanlage, Raman-Spektroskopie

Kontakt

Fraunhofer IGB | Projektgruppe Onkologie
c/o Universitätsklinikum Würzburg
Lehrstuhl für Tissue Engineering
und Regenerative Medizin
Röntgenring 11 | 97070 Würzburg



Prof. Dr. Heike Walles

Telefon +49 931 31-88828

Fax +49 931 31-81068

heike.walles@igb.fraunhofer.de



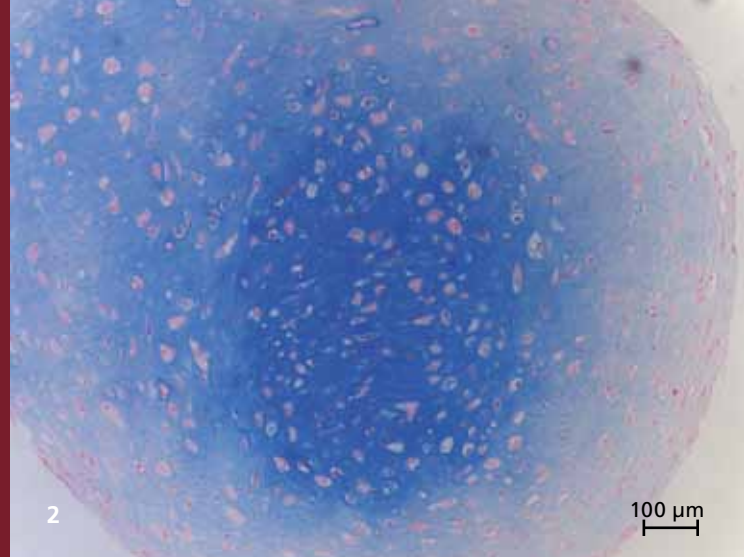
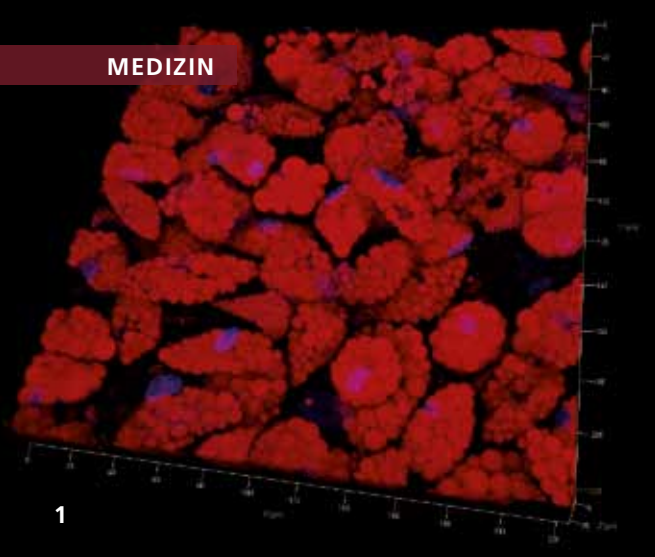
MEDIZIN

Prof. Dr. Heike Walles

Neue Heilungschancen durch regenerative Medizin, eine schnellere und genauere Diagnostik mittels molekularbiologischer Ansätze und ein abgestimmtes Wechselspiel zwischen medizintechnischem Implantat und physiologischem Umfeld sind wissenschaftliche Trends, die die Versorgung im Gesundheitswesen verbessern und gleichzeitig Kosten verringern können. Im Geschäftsfeld Medizin bearbeiten wir in oftmals disziplinübergreifenden Projekten und in Zusammenarbeit mit Medizinern Themen aus den Bereichen Tissue Engineering, regenerative Medizin, Immunologie, Infektionsbiologie, Diagnostik und »Biologisierung« etablierter Medizinprodukte. Entscheidend für die Gesundheit des Menschen ist auch die Qualität unserer Nahrungsmittel – die Optimierung ihrer Produktion daher auch ein Thema am Fraunhofer IGB.

Im Mittelpunkt regenerativer Therapien steht die Entwicklung körpereigener (autologer) Transplantate, kurz als ATMPs (advanced therapy medicinal products) bezeichnet. Das Fraunhofer IGB bildet die gesamte Wertschöpfungskette bis zur GMP-konformen Herstellung von ATMPs ab. Im letzten Jahr begannen wir gemeinsam mit unserem Ärztenetzwerk zwei Studien der klinischen Phase I für die europäische Zulassung. Das Fraunhofer IGB stellt die hierbei gewonnenen Erfahrungswerte und Kompetenzen gezielt KMUs zur Verfügung und übernimmt damit die Rolle des Mediators – von den Grundlagen bis zur Präklinik. Um die Chancen der Tissue-Engineering-Produkte im Gesundheitswesen zu erhöhen, entwickeln wir in einem durch die Fraunhofer-Zukunftsstiftung finanzierten Verbundprojekt eine GMP-konforme Anlage zur standardisierten, vollautomatisierten Herstellung von Haut in vitro.

In den Industrienationen nehmen bakterielle und Pilz-Infektionserkrankungen wieder zu. Neue wissenschaftliche Strategien zur Bekämpfung von Infektionen oder zur Vermeidung von Sepsis sind daher dringend erforderlich. Das Fraunhofer IGB hat, basierend auf eigenen Patenten, verschiedene Array-Technologien, Transkriptom-Analyseverfahren und humane Gewebemodelle entwickelt und ist dadurch in der Lage, Wirt-Pathogen-Interaktionen aufzuklären und so Targets für neue Antiinfektiva zur Verfügung zu stellen. Auf dieser Grundlage wollen wir zudem neue Diagnostika wie auch neue Wirkstoffe oder Behandlungsstrategien entwickeln. Dank der interdisziplinären Ausrichtung des Fraunhofer IGB ist auch die Optimierung der Oberflächeneigenschaften etablierter Medizinprodukte wie Atemwegsstents oder Kontaktlinsen ein Schwerpunkt. Hierbei nutzen wir besonders Plasmaverfahren zur Generierung bioaktiver oder antibakterieller Oberflächen und testen die Effektivität und Biokompatibilität dieser Oberflächen an In-vitro-Gewebemodellen. Und mit der Entwicklung produktschonender Verarbeitungsprozesse für die Hygienisierung und Pasteurisierung von Nahrungsmitteln leisten wir auch einen Beitrag zur Gesundheitsvorsorge.



SYSTEMBIOLOGIE IM TISSUE ENGINEERING – DIFFERENZIERUNG VON MESENCHYMALEN STAMMZELLEN

Dr.-Ing. Jan Hansmann

Ausgangssituation

Mesenchymale Stammzellen (mesenchymal stem cells, MSCs) besitzen die Eigenschaft, durch entsprechende Stimuli in Fett-, Knorpel- oder Knochenzellen sowie eine Vielzahl weiterer Zelltypen differenzieren zu können [1]. Zudem lassen sich diese Zellen verhältnismäßig einfach in vitro vermehren. Aufgrund dieser beiden Fähigkeiten stellen MSCs eine vielversprechende Zellquelle für therapeutische Verfahren dar.

Dennoch erfordert die effektive Nutzung dieser Zellen, beispielsweise im Rahmen der Herstellung biologischer Gewebe mit Methoden des Tissue Engineerings, ein tiefgehendes Verständnis über die Zusammenhänge zwischen einem äußeren Stimulus und dem Differenzierungsverhalten der Zellen. Innerhalb des dargestellten Projekts entwickeln wir am Fraunhofer IGB in Zusammenarbeit mit dem IGVT der Universität Stuttgart und weiteren Projektpartnern experimentelle Methoden zur quantitativen Erfassung des Differenzierungsverhaltens und bilden die Differenzierungsdynamik humaner MSCs in mathematischen Modellen ab.

Differenzierungsstudien mit mechanischen und biochemischen Signalen

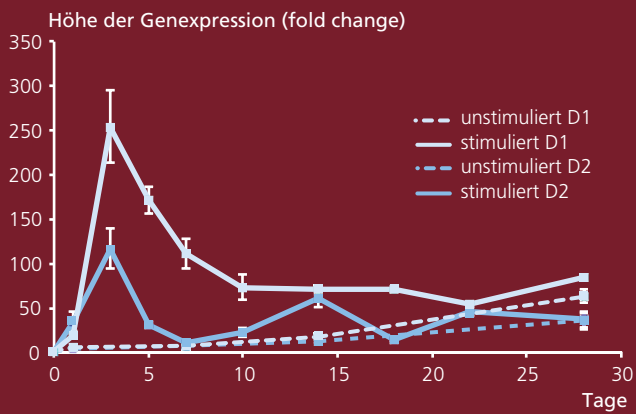
Ausgehend von einer zu Projektbeginn etablierten Zellbank mit charakterisierten, kryokonservierten, humanen mesenchymalen Stammzellen untersuchen wir in breit angelegten Studien die Differenzierungsverhalten dieser Zellen (Bilder 1 und 2).

Dabei werden sowohl mechanische als auch über lösliche Faktoren übertragene Signale zur Initiierung einer der drei Differenzierungsrichtungen adipogen (Fett), chondrogen (Knorpel) und osteogen (Knochen) genutzt.

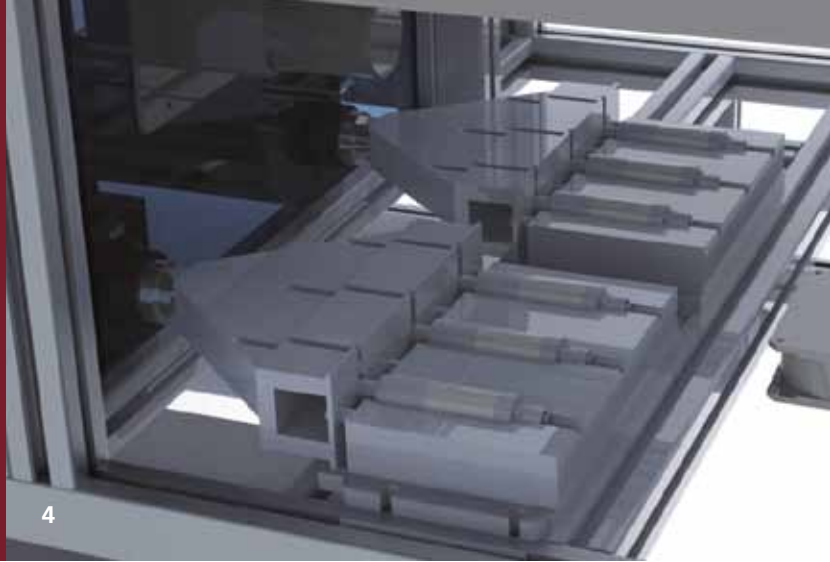
Parameterschätzung zur mathematischen Modellierung

Die zeitlich hochaufgelöste quantitative Überwachung der Entwicklung des Zellzustands, beispielsweise durch molekularbiologische Analysen oder Technologien zur High-Throughput-Mikroskopie, bildet die Grundlage zur mathematischen Modellierung der Differenzierung. Um den Einfluss einer differenzierungsspezifischen Stimulation auf alle drei Differenzierungsrichtungen zu identifizieren, messen wir die zeitliche Entwicklung von Markern aller drei Differenzierungsrichtungen (siehe Bild 3). Diese Daten werden zur Ableitung eines Modells, zur Definition von Prozessparametern und zur Modellvalidierung eingesetzt. Dabei beschränkt sich die mathematische Modellierung nicht nur auf die Abbildung der Genregulation aufgrund biochemischer Substanzen. Vielmehr umfasst sie auch den Einfluss der mechanischen Verformung des Zytoskeletts bzw. der Aktivierung der daran gebundenen mechanischen Rezeptoren.

Die im Verbund entwickelten mathematischen Modelle stellen komplexe Netzwerke von Regulationsmechanismen dar, die eine Voraussage des von einer stimulierten Zelle eingeschlagenen Differenzierungswegs ermöglichen sollen. Anhand der erhaltenen Daten konnten bereits zwei unterschiedliche Strategien zur osteogenen Differenzierung durch Zugabe löslicher Biomoleküle untersucht und hinsichtlich des jeweiligen Langzeitverhaltens bewertet werden.



3



4

Wirtschaftlichkeit durch mechanische Stimulierung

Insgesamt eröffnet die Integration von mechanischer und biochemischer Stimulation zur Differenzierung mesenchymaler Stammzellen neue Möglichkeiten zur Ableitung optimaler Differenzierungsstrategien [2]. Die mechanische Stimulation besitzt im Vergleich zur biochemischen Stimulation den Vorteil, dass keine biologisch aktiven Substanzen benötigt werden. Dies kann den Zulassungsprozess für ein Tissue-Engineering-Produkt vereinfachen. Zudem stellen die Substanzen zur biochemisch stimulierten Differenzierung einen hohen Kostenfaktor dar. Lassen sich also auf Basis der im Verbund entwickelten Methoden einzelne, bisher notwendige Substanzen zur Differenzierung durch eine mechanische Stimulation ersetzen, trägt dies zur Steigerung der Vermarktungsfähigkeit von Tissue-Engineering-Produkten bei.

Bioreaktorsystem

Zur Umsetzung der Ergebnisse in ein marktfähiges Produkt muss ein technisches Bioreaktorsystem bereitgestellt werden, das die abgeleiteten Zellkulturparameter kontrolliert und damit die Gewebereifung sichert [3]. Mit der Entwicklung solch eines Bioreaktorsystems zur Herstellung von Knochenersatzgeweben haben wir bereits begonnen (Bild 4). Im Bioreaktor erfolgt die Kultivierung von MSCs auf einer synthetischen Trägerstruktur. Zur Differenzierung der Zellen überträgt der Bioreaktor spezifische Stimuli wie beispielsweise Druckkräfte. Mithilfe solch eines Systems soll längerfristig Knochengewebe zur Therapie von schwerwiegenden Knochendefekten hergestellt werden.

- 1 *Fetteinlagerungen (rot) in adipogen differenzierten MSCs.*
- 2 *Knorpelspezifische Proteine (blau) in chondrogen differenzierten MSCs.*
- 3 *Zeitliche Entwicklung des Transkriptionsfaktors CEBPA zweier Spender (D1, D2) bei osteogener Differenzierung.*
- 4 *Kartuschensystem zur Herstellung von Knochengewebe.*



Dr.-Ing. Jan Hansmann

Telefon +49 711 970-4084
jan.hansmann@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Heike Walles

Telefon +49 711 970-4117
heike.walles@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Caplan, A. I.; Bruder, S. P. (2001), Trends in Molecular Medicine 7, 259-264
- [2] Kahlig, A. et al. (2011) In silico approaches for the identification of optimal culture condition for tissue engineered bone substitutes, Current Analytical Chemistry, accepted
- [3] Hansmann, J. et al. (2011) Bioreaktorsysteme im Tissue Engineering, TechnoPharm, accepted

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Systems biology for tissue engineering of mesenchymal stem cells – Integrating novel experimental methods and mathematical models«, Förderkennzeichen 0315506D.

Projektpartner

Institute für Grenzflächenverfahrenstechnik, für Zellbiologie und Immunologie, für Systemtheorie und Regelungstechnik und für Mechanik der Universität Stuttgart | Institut für Automatisierungstechnik, Universität Magdeburg | Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Stuttgart

1

2

FYI-CHIP – NACHWEIS HUMANPATHOGENER HEFE- UND SCHIMMELPILZE IM LAB-ON-A-CHIP

Dr. rer. nat. Karin Lemuth, Dipl.-Biol. Linda Mayer, Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Steffen Rupp

Ausgangssituation

Hefe- und Schimmelpilzinfektionen führen zu schweren Erkrankungen, insbesondere bei immunsupprimierten und Intensiv-Patienten. Bei einer Mortalitätsrate zwischen 30 und 80 Prozent spielt insbesondere der rasche Nachweis des Erregers inklusive seines Resistenzspektrums eine entscheidende Rolle für den Behandlungserfolg. Der klassische Erregernachweis mittels kulturbasierter Methoden (Mikrodilution, Etest) kann für Hefen und Schimmelpilze bis zu 14 Tage in Anspruch nehmen. Außerdem ist aus klinischen Studien bekannt, dass die phänotypische Resistenztestung mit einem Fehler von bis zu 15 Prozent behaftet ist. Oftmals gelingt die Anzucht überhaupt nicht, auch wenn der Patient klinisch eindeutige Symptome aufweist. In diesen Fällen muss eine Verdachtstherapie initiiert werden, die nicht spezifisch auf den Erreger angepasst werden kann.

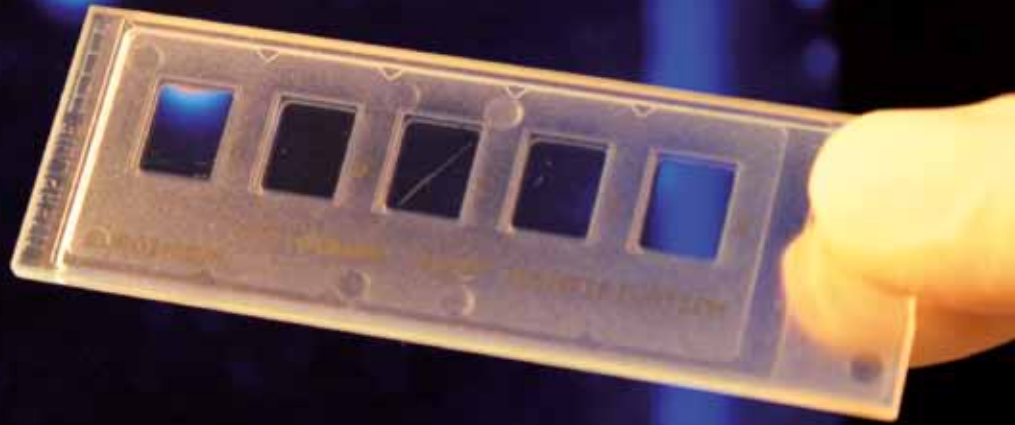
Aus diesem Grund werden für die Erregeridentifikation vermehrt molekularbiologische Methoden wie Sequenzierung, Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH), PCR oder quantitative Echtzeit-PCR (qRT-PCR) eingesetzt. Diese Methoden sind jedoch nur begrenzt multiplexfähig. Das heißt, es kann gleichzeitig nur auf wenige einer Vielzahl im Routinealltag auftretenden Erreger oder Resistenzen getestet werden (≤ 10 Parameter). So werden mehrere kostenintensive Tests erforderlich, was den Zeitvorteil der Methode schmälert.

DNA-Microarray als Diagnostik der Wahl

Diese diagnostische Lücke kann durch DNA-Microarrays geschlossen werden, welche die zeitgleiche Untersuchung von bis zu mehreren tausend Parametern erlauben. Bisher werden solche Tests kaum in der Routinediagnostik eingesetzt, unter anderem aufgrund eines hohen experimentellen und apparativen Aufwands zur Prozessierung der Microarrays. Durch den Einsatz von Mikrosystemen, die den gesamten Testablauf in einem sogenannten Lab-on-a-Chip (LOC) vereinen, können diese Probleme minimiert werden.

Ziel: Vollintegriertes Lab-on-a-Chip-System

Das Fraunhofer IGB und das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT der Universität Stuttgart entwickeln daher gemeinsam mit Partnern aus der Medizin, Wissenschaft und Industrie im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens »FYI-Chip – Fungi Yeast Identification« ein vollintegriertes Lab-on-a-Chip-System zur schnellen Bestimmung von Hefe- und Schimmelpilzinfektionen in respiratorischen Sekreten und primär sterilen Körperflüssigkeiten bei immunsupprimierten Patienten. Hierfür arbeiten die Wissenschaftler des Fraunhofer IGB und IGVT eng zusammen mit der Lübecker Firma Euroimmun, mit Medizinern des Herz- und Diabeteszentrums Nordrhein-Westfalen sowie mit Entwicklern der Reutlinger Multi Channel Systems MCS GmbH und der Robert Bosch GmbH, Gerlingen. Ziel ist es, die einzelnen funktionalen Komponenten wie die Probenvorbereitung, die Mikrofluidik und die Detektion der Erreger-DNA in einem vollintegrierten LOC zu vereinen.



Ergebnisse

Am IGBT sind für den Nachweis von bisher über 50 relevante Hefe- und Schimmelpilzerregern, darunter *Candida* spp. oder *Aspergillus* spp., PCR-Systeme und DNA-Sonden entwickelt worden. Zum Nachweis dieser Vielzahl an Erregern wurden PCR-Systeme für mehrere Gene entworfen, die zwischen den Spezies hochkonservierte Bereiche aufweisen, gleichzeitig aber ausreichend variabel sind, um eine Diskriminierung über DNA-Sonden zu erlauben. Diese werden derzeit auf ihre Eignung in LOC-Funktionsmustern geprüft. Am Fraunhofer IGB werden LOC-kompatible Aufschlussverfahren für die Pilzspezies erarbeitet. Die Verwendung von Einmalkartuschen macht das System flexibel und kostengünstig.

Ausblick

Als Mini-Labor verbindet das LOC die Probenvorbereitung direkt auf dem Chip mit der schnellen, molekularbiologischen Diagnostik von Hefe- und Schimmelpilzen und deren Resistenzen mit hoher Nachweisempfindlichkeit. Damit kann es den Arzt bei der Diagnosestellung unterstützen und eine zeitnahe, adäquate Therapieeinleitung bzw. Therapieanpassung ermöglichen. Das LOC-System wird so ausgelegt, dass es in nachfolgenden Entwicklungen auf weitere Probenmaterialien, beispielsweise Biopsiematerial oder bakterielle Erreger, sowie auf Antibiotika-Resistenzen angepasst werden kann.



Dr. Karin Lemuth

Telefon +49 711 970-4180
karin.lemuth@igb.fraunhofer.de



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »FYI – Fungi Yeast Identification«, Förderkennzeichen 01EZ1113F.

Projektpartner

Euroimmun Medizinische Labordiagnostika AG, Lübeck (Kordinator) | Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen | Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Stuttgart | Multi Channel Systems MCS GmbH, Reutlingen | Robert Bosch GmbH, Gerlingen

- 1 Falschfarbenbild eines DNA-Microarrays.
- 2 *Rhizopus stolonifer*, ein gefährlicher Erreger für immunsupprimierte Patienten.
- 3 DNA-Microarray für die Routinediagnostik.



1

RIBOLUTION – PLATTFORM ZUR IDENTIFIZIERUNG ncRNA-BASIERTER DIAGNOSTIKA

Dr. rer. nat. Elena Lindemann, Dr. rer. nat. Kai Sohn

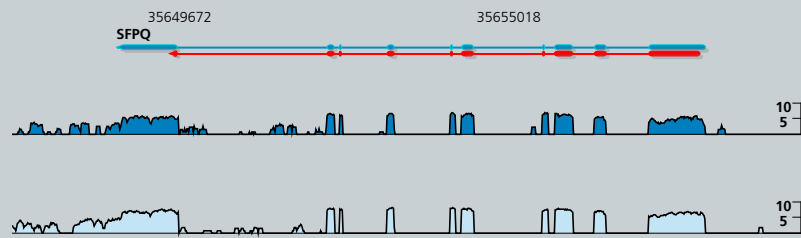
Effektive und differenzierte Früherkennung mit molekularer Diagnostik

Unser Gesundheitssystem steht aufgrund der demographischen Entwicklung vor großen Herausforderungen. Mit einer zunehmend älter werdenden Bevölkerung steigt auch die Zahl onkologischer, degenerativer und chronisch entzündlicher Erkrankungen. Die Folge sind steigende Kosten, die unser Gesundheitssystem zunehmend belasten. Einen Lösungsansatz für dieses Problem bietet eine effektive molekulare Diagnostik. Hier wird die Anwesenheit oder die Konzentration bestimmter Substanzen, sogenannter Biomarker, als Indikator für eine Krankheit oder für das Ansprechen einer bestimmten Therapie genutzt. Durch eine bessere Früherkennung können so schwere und aufwendig zu behandelnde Krankheitsverläufe verhindert werden. Zudem ermöglicht eine verbesserte Differentialdiagnose mithilfe von Biomarkern, Therapien individuell auf den jeweiligen Patienten abzustimmen. Obwohl der Bedarf in der klinischen Diagnostik sehr hoch ist, fehlen derzeit für sehr viele Erkrankungen solche Indikatoren, die eine ausreichend hohe Spezifität und Sensitivität aufweisen. Ein Beispiel ist die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), die mit über 600 Mio Erkrankungen und über 2,75 Mio Todesfällen pro Jahr weltweit die vierthäufigste Todesursache darstellt. Eine zuverlässige Diagnose wird erst im fortgeschrittenen Stadium durch eine progressive Abnahme der Lungenfunktion gestellt. Für eine Heilung ist es dann meistens zu spät.

Ähnlich verhält es sich für das Prostatakarzinom, eine der häufigsten Krebserkrankungen des Mannes. Auch hier fehlen zuverlässige Biomarker, mit denen der Tumor bereits in einer frühen Phase eindeutig diagnostiziert und anschließend behandelt werden kann.

Nicht-kodierende RNAs als Biomarker

Das Ziel des Fraunhofer-Stiftungsprojekts »RIBOLUTION«, in dem neben dem Fraunhofer IGB auch die Institute IZI (Koordination), IPA, FIT, ITEM sowie mehrere klinische Partner (Universitäten Dresden, Leipzig, Charité Berlin) und das Pharmaunternehmen GlaxoSmithKline kooperieren, liegt in der Identifizierung neuartiger diagnostischer Indikatoren für Erkrankungen wie COPD und Prostatakarzinom. Dabei konzentrieren wir uns im Projekt seit Januar 2011 auf eine neue Molekülklasse, die sogenannten nicht-(Protein)-kodierenden Ribonukleinsäuren (ncRNAs), die noch weitgehend uncharakterisiert sind. Bisherige Studien zeigen, dass ncRNAs die zentrale Ebene der zellbiologischen Steuerung in komplexen Organismen darstellen und vielfältige zelluläre Prozesse wie Transkription, Translation, RNA-Editierung, Chromatinstruktur oder epigenetische Prozesse regulieren [1, 2]. Es wird vermutet, dass sie in der Krankheitsentwicklung eine entscheidende Rolle spielen und somit ein besonders hohes diagnostisches Biomarker-Potenzial aufweisen.



2

Vorgehensweise

Die erste, genomweite Identifizierungsphase diagnostisch verwertbarer RNA-basierter Biomarker erfolgt am Fraunhofer IGB mithilfe der Hochdurchsatz-Sequenzier-technologie (Next-Generation Sequencing), mit der bis zu 10^9 DNA-Sequenzfragmente parallel detektiert werden können. Diese hohe Sequenzierdichte erlaubt die De-novo-Identifizierung signifikant auftretender ncRNAs in statistisch ausgewählten COPD- oder Prostatakarzinom-Patientenproben. In der zweiten und dritten Phase des Screening-Prozesses werden diese RNAs mithilfe spezifischer Sonden auf DNA-Microarrays (Customized Arrays) gefiltert und anschließend mittels quantitativer Echtzeit-PCR an bis zu 2000 Patientenproben validiert.

Ergebnisse

Zur Sequenzierung der ncRNAs aus Patientenproben (z. B. aus Vollblut bei COPD) mithilfe der Illumina Hochdurchsatz-Sequenzierplattform HiSeq2000 etablieren wir derzeit geeignete Verfahren zur RNA-Aufbereitung. Ergänzend entwickeln und validieren wir verschiedene Methoden der Probenvorbereitung zur strangspezifischen sowie zur nicht-strangspezifischen Sequenzierung. Alle Verfahren sollen in einer GLP-ähnlichen Umgebung stattfinden, um eine Nachvollziehbarkeit und Dokumentationsicherheit für die spätere Zertifizierung bzw. Zulassung der diagnostischen Marker zu gewährleisten.

Ausblick

Durch den hohen Prozess- und Qualitätskontrollstandard wird sichergestellt, dass valide Biomarker identifiziert werden. Die gesammelten Erkenntnisse aus dem Projekt können dabei auch auf weitere gesellschaftlich relevante Erkrankungen übertragen werden können. Das Projekt wird so einen wichtigen Beitrag für eine »personalisierte Medizin« liefern.



Dr. Elena Lindemann

Telefon +49 711 970-4145
elena.lindemann@igb.fraunhofer.de



Dr. Kai Sohn

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

Literatur

- [1] Mattick, J. S. (2001) Non-coding RNAs: the architects of eukaryotic complexity. EMBO Rep. 2(11): 986-991
- [2] Mattick, J. S.; Makunin, I. V. (2006) Non-coding RNA. Hum Mol Genet. Apr15;15 Spec No 1: R17-29

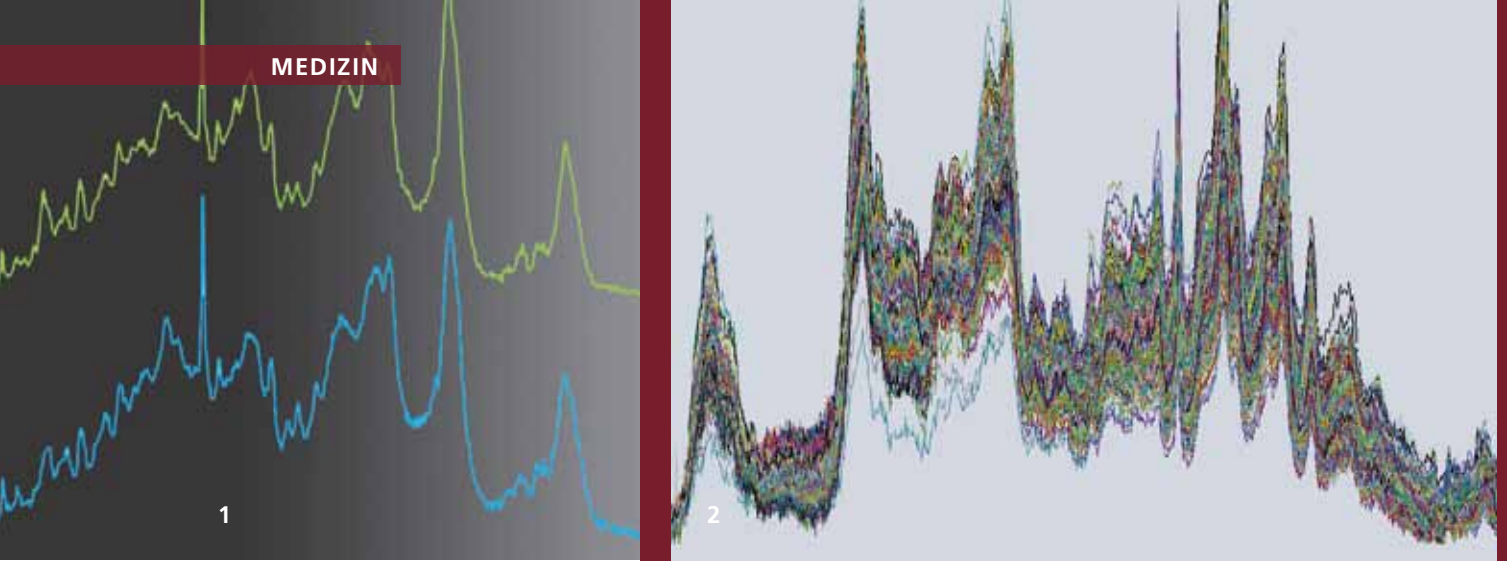
Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Zukunftsstiftung für die Förderung des Projekts »RIBOLUTION – Integrierte Plattform für die Identifizierung und Validierung innovativer RNA-basierter Biomarker für die Personalisierte Medizin«.

Projekt- und Kooperationspartner

Fraunhofer IZI, Leipzig (Kordinator) | Fraunhofer IGB, Stuttgart (Leitung Teilprojekt Biomarker-Screening) | Fraunhofer IPA, Stuttgart | Fraunhofer FIT, Sankt Augustin | Fraunhofer ITEM, Hannover | Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Dresden | Universität Leipzig | Charité Universitätsmedizin Berlin | Glaxo-SmithKline, London, UK

- 1 *Beladung der Illumina Hochdurchsatz-Sequenzierplattform für die Sequenzierung.*
- 2 *Visualisierung der Sequenzdaten mit dem GeneScapes-Viewer, der am Fraunhofer IGB entwickelt wurde.*



RAMAN-SPEKTROSKOPIE FÜR DIE NICHT-INVASIVE, ZELL- UND GEWEBEDIFFERENZIERUNG

Prof. Dr. rer. nat. Katja Schenke-Layland, Eva Brauchle M. Sc.

Raman-Spektroskopie für das Tissue Engineering

Die Raman-Spektroskopie ist eine laserbasierte optische Technologie, welche zur Charakterisierung und Identifikation unterschiedlichster Materialien geeignet ist. Am Fraunhofer IGB findet die Raman-Spektroskopie vor allem bei der Analyse von Zellen und Geweben Anwendung [1–4]. Ein großer Vorteil der Methode liegt in der einfachen Probenvorbereitung sowie in der Möglichkeit, auch in Flüssigkeiten und markerfrei messen zu können. Damit sind Zellartbestimmungen und Zellqualitätskontrollen direkt bei der Zellisolation durchführbar. Die zerstörungsfreie Gewebsanalyse ermöglicht zudem die Qualitätskontrolle von beispielsweise Transplantaten direkt bei der Herstellung. Daneben ist das Verfahren auch in der Sterilitätskontrolle berührungsfrei und nicht-invasiv einsetzbar, da man zwischen Zellen und Bakterien unterscheiden kann.

Theorie der Raman-Spektroskopie

Die Raman-Spektroskopie beruht auf der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung und Materie. In der Biologie wird der Effekt genutzt, indem man eine Probe mit monochromatischem Licht im sichtbaren oder infraroten Bereich mit einem starken Laser bestrahlt. Das inelastisch gestreute, rot-verschobene Licht wird dann gegenüber der Anregung als Spektrum erfasst. Im Spektrum selbst sind verschiedene Banden erkennbar, die der chemischen Zusammensetzung der Probe entsprechen und als biochemischer Fingerabdruck bezeichnet werden. Für die biologische Anwendung

sind aufgrund der hohen Variabilität der Zellen und Mikroorganismen eine hohe Anzahl von Messungen zur Geräteeinstellung und das Erstellen einer Referenzdatenbank zur Unterscheidung der Mikroorganismen notwendig. Aus diesem Grund ist eine Datenauswertung sinnvoll, die größere Datenmengen darstellen und auswerten kann. Am Fraunhofer IGB verwenden wir daher die Hauptkomponentenanalyse zur Beurteilung der biologischen Daten. Diese Analyse zeigt Ähnlichkeiten der spektralen Daten durch Bildung von Clustern entlang der größten erklärten Varianz durch die Hauptkomponenten. Zur erweiterten Datenquantifizierung wird außerdem die *Support Vector Machine*, ein computergestütztes, mathematisches Verfahren der Mustererkennung, eingesetzt.

Zellanalysen

Wichtige Kriterien für die Qualitätskontrolle von Zellen zur Anwendung in der regenerativen Medizin sind unter anderem die Unterscheidbarkeit der verwendeten Zelltypen sowie die Bestimmung der Zellvitalität und des Differenzierungszustandes. Unter Beobachtung dieser Parameter können wichtige Schritte für die Herstellung von Tissue-Engineering-Produkten abgeschätzt werden. In unseren Studien konnten wir zeigen, dass die Raman-Spektroskopie es ermöglicht, verschiedenste Zelltypen zu kategorisieren [1, 3, 4]. Dadurch konnten wir eine Kontrollmöglichkeit für Reinkulturen von Zellen schaffen. Daneben ist die Kontrolle der Zellvitalität ein wichtiger und immer wiederkehrender Parameter in der Qualitätskontrolle. In diesem Bereich konnten wir spektrale Regionen identifizieren, die eine Einteilung in vitale, nekrotische und apoptotische



Zellen ermöglichen. Innerhalb unserer derzeit durchgeführten Studien konnten Protokolle etabliert werden, welche eine Raman-spektroskopische Überwachung der gerichteten Stammzellendifferenzierung aus pluripotenten Stammzellen erlaubt.

Gewebsanalysen

Neben der Analyse von isolierten Zellen ist die Raman-Spektroskopie auch eine geeignete Methode, um Zellen innerhalb ihres natürlichen, dreidimensionalen (3D) Gewebeverbandes zu untersuchen. So konnten wir beispielsweise erfolgreich verschiedene Hautzellen (Keratinocyten, Melanozyten und Fibroblasten) innerhalb von Biopsien identifizieren und charakterisieren [3]. Außerdem war die spektroskopische Untersuchung von Zellen innerhalb von 3D-In-vitro-Hautmodellen möglich, ohne die Notwendigkeit die in vitro gezüchteten Hautäquivalente für Histologie oder Immunhistochemie zu prozessieren [3]. Des Weiteren konnten wir zeigen, dass die Raman-Spektroskopie eine qualitative Unterscheidung zwischen nativer und pathologischer Gewebematrix erlaubt [4]. Dies eröffnet vor allem die Möglichkeit zur Präimplantationsdiagnose von Transplantaten.

Ausblick

Derzeit optimieren wir die einzelnen Schritte zur Automatisierung des Messablaufs, wie die Bildanalyse oder das automatische Anfahren an die Probe. Daneben ist auch, in enger Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Tübingen, die Erstellung einer Spektren-Datenbank im Fokus unserer Arbeiten.

- 1 *Raman-Spektren verschiedener Zelltypen.*
- 2 *Datensatz von Raman-Spektren aus nativem Gewebe.*
- 3 *Mikroskopisches Bild einer Zellsuspension am Raman-Spektroskop des Fraunhofer IGB: Primäre Trachea-epithelzellen (oben), HaCaT-Zelllinie (unten).*
- 4 *Am Fraunhofer IGB entwickeltes Raman-Spektroskop-System.*



Prof. Dr. Katja Schenke-Layland

Telefon +49 711 970-4082

katja.schenke-layland@igb.fraunhofer.de



Eva Brauchle M. Sc.

Telefon +49 711 970-4103

eva.brauchle@igb.fraunhofer.de

Literatur

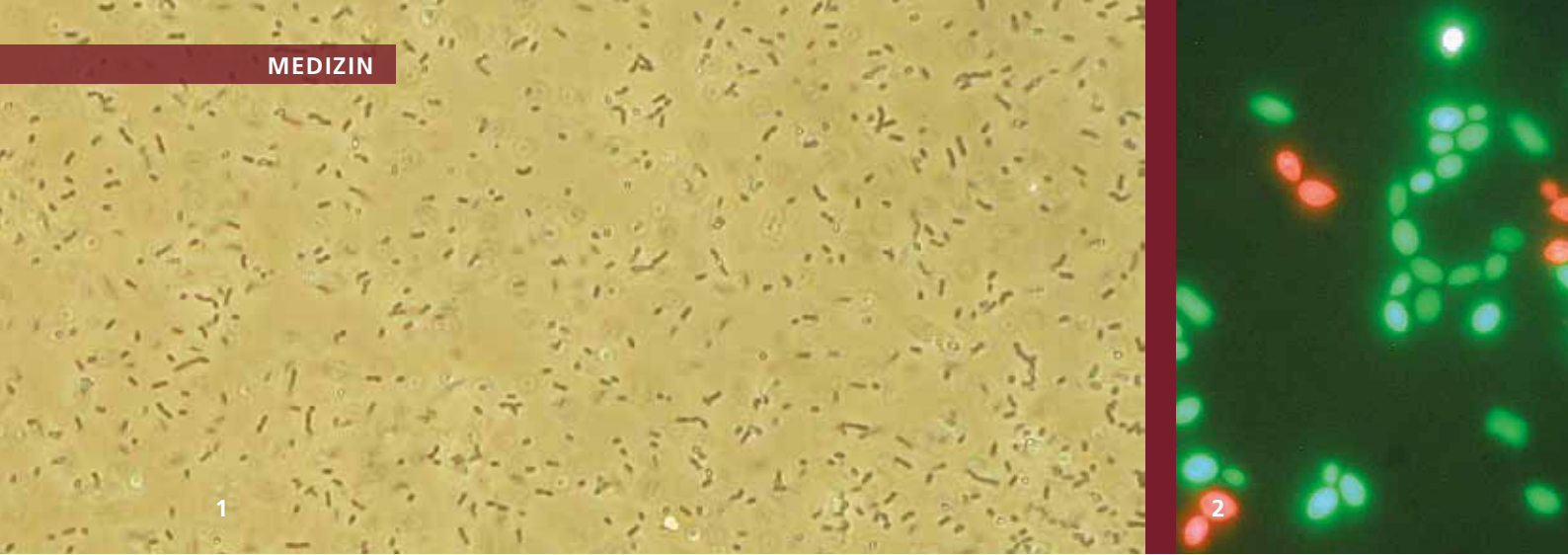
- [1] Votteler, M. et al. (2012) Raman spectroscopy enables the non-contact, marker-free monitoring of cells and extracellular matrix. *J Vis Exp* in press
- [2] Votteler, M. et al. (2012), *J Biophotonics* 5(1): 47–56
- [3] Pudlas, M. et al. (2011), *Tissue Eng Part C Methods* 17(10): 1027-1040
- [4] Pudlas, M. et al. (2011), *Medical Laser Application* 26(3): 119-125

Projektpartner

Universitätsklinikum der Eberhard Karls Universität Tübingen |
 Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Stuttgart |
 Fraunhofer IPM, Freiburg | Beiersdorf AG, Hamburg

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Online-Qualitätskontrolle für die beschleunigte Medikamentenentwicklung und individualisierte Therapie mittels bildgebender Raman-Spektroskopie« im Programm Marktorientierte strategische Vorlauftforschung (MAVO) und des Programms »Attract« sowie der Landesstiftung Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts »Anfärbefreie, chemisch selektive Mikroskopie für schnelles Zellscreening«.



STABILISIERUNG FLÜSSIGER PRODUKTE OHNE KONSERVIERUNGSMITTEL

Dr. rer. nat. Ana Lucia Vasquez

Biogene Stoffe wie Lebensmittel, aber auch Pharmazeutika, müssen für die Lagerung oder den Transport durch Inaktivierung der mikrobiologischen Kontamination stabilisiert werden. Etablierte Verfahren zur Konservierung von Lebensmitteln wie die Hitzesterilisation oder Pasteurisierung haben häufig den Nachteil, dass sie wertvolle hitzeempfindliche Inhaltsstoffe der Nahrungsmittel wie Vitamine zerstören und so den Nährwert reduzieren. Auch die Zugabe chemischer Konservierungsmittel kann negative Auswirkungen auf die Produktqualität und somit für den Verbraucher nach sich ziehen. Zudem werden EU-Richtlinien (2003/89/EG) bezüglich der Zugabe von Hilfsstoffen mit potenziellem Allergierisiko (z. B. Schwefeldioxid) in Lebensmitteln ebenso wie deren Verwendung in nicht-alkoholischen und alkoholischen Getränken immer strenger. Neben Lebensmittelinhaltsstoffen können auch Wirkstoffe in pharmazeutischen Produkten durch thermische Verfahren inaktiviert werden. Alternativen zur Entkeimung sind daher gefragt.

Entkeimung mit physikalischen Verfahren

Die Entwicklung neuer Verfahren zur biologischen Stabilisierung bzw. Entkeimung und dadurch zur Konservierung von Lebensmitteln, Kosmetika und Arzneistoffen ist ein Forschungsschwerpunkt am Fraunhofer IGB. Untersucht werden vor allem physikalische oder chemisch-physikalische Verfahren zur Inaktivierung kontaminierender Mikroorganismen wie beispielsweise die Druckwechseltechnik. Ein Fokus unserer Arbeiten liegt darauf, die Inaktivierungsmechanismen der Prozesse sowie die Wechselwirkung der verschiedenen Parameter im System (Temperatur, Druck, Partikelgröße,

Viskosität, pH-Wert usw.) zu verstehen und zu beschreiben, um die Prozesse technologisch zu optimieren und in einen Produktionsprozess umsetzen zu können. Dabei legen wir auch Wert darauf, dass die Inhaltsstoffe der Produkte möglichst schonend behandelt werden und ihre biologische Funktion bei der Behandlung nicht beeinträchtigt wird.

Druckwechseltechnologie

Die Druckwechseltechnologie (pressure change technology, PCT) ist ein nicht-thermisches Verfahren zur Behandlung von Flüssigkeiten mit suspendierten Partikeln. Das Produkt wird mit einem inerten Gas unter Druck vermischt und dann schlagartig entspannt. Es kommt zum Zellaufschluss von Mikroorganismen oder zur mechanischen Schädigung der Oberfläche von beispielsweise Sporen oder Enzymen. Das Verfahren wird vorzugsweise zwischen 5 °C und 40 °C bei Drücken bis ca. 50 MPa angewendet. Die zu behandelnde Flüssigkeit bzw. Suspension sowie das Arbeitsgas (z. B. Argon oder Stickstoff) werden jeweils unter Arbeitsdruck gesetzt und danach homogen vermischt. Bei Mikroorganismen mit Zellmembranen diffundiert das Gas transmembran in die Zellen, bis das Zytoplasma mit Gas gesättigt ist. Wenn das Gemisch anschließend schlagartig wieder auf ein niedrigeres Druckniveau entspannt wird, nimmt das Gas dadurch ebenso schlagartig wieder seinen ursprünglichen Aggregatzustand an. Hierdurch werden die Zellen zerstört. Durch kavitative Effekte entstehen aber auch an Partikeloberflächen Schädigungen, beispielsweise Erosionen an Sporen.



Konservierung von Wein

Für die Konservierung von flüssigen Lebensmitteln wie Fruchtsäften oder Wein entwickeln wir die Druckwechseltechnologie zu einem kontinuierlichen Verfahren und untersuchen die Auswirkung der Prozessparameter auf verschiedene Produkte. In dem von der EU geförderten Projekt PreserveWine wird die Druckwechseltechnologie als Alternative zur Zugabe des Konservierungsstoffs Schwefeldioxid in verschiedenen Prozessschritten der Weinherstellung untersucht und in Zusammenarbeit mit der Firma Educto GmbH und weiteren europäischen Partnern weiterentwickelt. Ziele des Projekts sind sowohl die Inaktivierung von Mikroorganismen nach der alkoholischen und malolaktischen Gärung als auch der Schutz des Weins gegen Oxidation durch eine inerte Atmosphäre. Für erste Tests mit Wein wurde eine Batch-Anlage gebaut. Derzeit wird das Verfahren in Kooperation mit dem Institut des Sciences de la Vigne et du Vin in Bordeaux mit Wein validiert. Dabei werden verschiedene Parameter wie Temperatur, Retentionszeit, Gastyp und die Auswirkung auf Wein-relevante Hefen (z. B. *Saccharomyces cerevisiae*) und Bakterien (z. B. *Lactobacillus* sp.), aber auch physikalisch-chemische und sensorische Eigenschaften des Produkts untersucht. Eine kontinuierliche Anlage für die spezifische Anforderung der Weinproduzenten wurde konzipiert und wird derzeit gebaut. Das Verfahren wird anschließend in weiteren Versuchen für die Anwendung in der Weinproduktion optimiert und mit Rot- und Weißwein von Anwendern in Italien und Frankreich validiert.

In Rahmen unserer Aktivitäten wird der Gesamtprozess von der Produktentwicklung, Verarbeitung und Stabilisierung bis zur Anlagentechnik unter Berücksichtigung gängiger GMP-Standards (good manufacturing practice) und Risikoanalyseverfahren wie HACCP (hazard analysis and critical control points) analysiert und validiert.



Dr. Ana Lucia Vasquez

Telefon +49 711 970-3669
 analucia.vasquez@igb.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Telefon +49 711 970-3643
 siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »PreserveWine – Non-thermal process to replace use of sulphites and other chemical preservatives in European wines to meet new European Directive« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 262507.

Projektpartner

www.preservewine.fraunhofer.eu/consortium

- 1 *Lactobacillus*, unbehandelte Probe. © ADERA (Bordeaux)
- 2 Identifizierung von Hefen, Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme, unbehandelte Probe. Tote Hefe rot, lebende Hefe grün. © ADERA (Bordeaux)
- 3 Batch-Anlage zur Behandlung von Getränken mit der Druckwechseltechnologie.
- 4 Rotwein im Fass beim Projektpartner Tenute dei Vallarino, Italien.



PHARMAZIE

Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

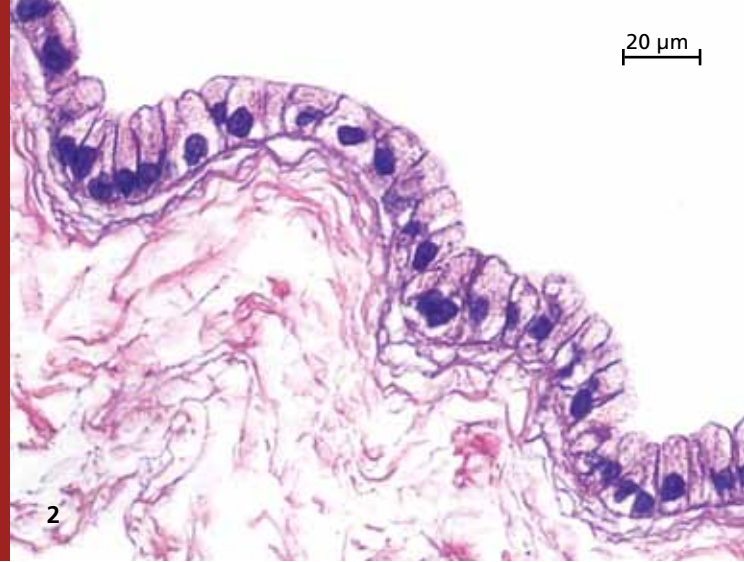
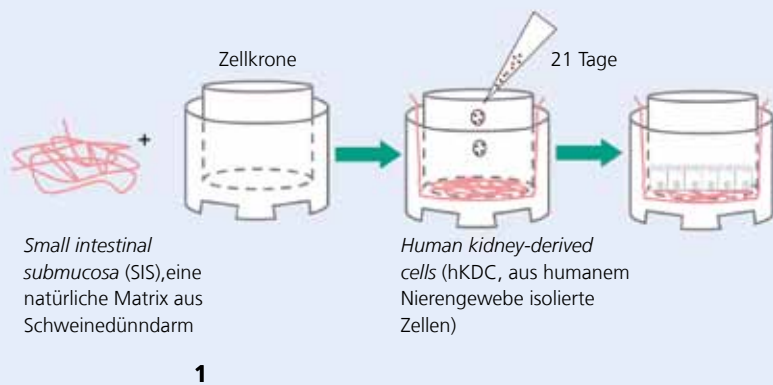
Aktuelle Herausforderungen für die pharmazeutische Industrie sind, die Diagnose von Erkrankungen und die individuelle Therapie zu verbessern, neue Wirkstoffe zu entwickeln sowie durch Formulierungen die Wirksamkeit von Medikamenten zu erhöhen. Im Geschäftsfeld Pharmazie erarbeiten wir am Fraunhofer IGB Lösungen für das Wirkstoff-Screening, die pharmazeutische Biotechnologie, pharmazeutische Chemie sowie für die Wirkstofffreisetzung und Formulierung.

Neue Wirkstoffe identifizieren wir unter gezieltem Einsatz zellbasierter Assays, beispielsweise für immunmodulatorische Substanzen oder Antiinfektiva auf der Grundlage von Struktur-Wirkungsbeziehungen. Potenzielle Wirkstoffe charakterisieren wir *in vitro* unter Verwendung organotypischer komplexer 3D-Primärzellmodelle (Haut, Darm, Lunge, Leber) auf Wirksamkeit, Absorption, Verteilung im Organmodell, Metabolisierung und Toxizität – analog zu Studien der klinischen Phase I. Diese Untersuchungen werden durch molekulare Methoden wie Genexpressions- und Proteomanalysen sowie mittels Histologie und konfokaler Raman-Spektroskopie vervollständigt. Ziel hierbei ist es, schon in einem frühen, präklinischen Stadium toxische Nebenwirkungen potenzieller Wirkstoffe und ihrer Metabolite zu erkennen.

Im Bereich pharmazeutische Biotechnologie entwickeln wir Verfahren zur Herstellung von Pharmaproteinen: von der Entwicklung der Expressionsvektoren über die Stammentwicklung in Mikroorganismen und Säugerzellen, der Optimierung von Fermentationsverfahren bis hin zur Aufreinigung der Pharmazetika – auch über molekular geprägte Nanopartikel (NanoMIPs). Die Herstellung klinischer Prüfware nach GMP (good manufacturing practice) bieten wir über eine Fraunhofer-interne Kooperation ebenfalls »in-house« an. Für die Formulierung von Wirkstoffen arbeiten wir an nanopartikulären Strukturen, die Wirkstoffe gezielt zum Wirkort transportieren und hier kontrolliert abgeben (drug delivery, drug release).

Zudem entwickeln wir zellbasierte Therapeutika und stellen Mustermengen nach GMP-Richtlinien her. Die Qualitätskontrolle zum Nachweis potenzieller Kontaminationen (Mikroorganismen, Viren) erfolgt zerstörungsfrei mit spektroskopischen, zellbasierten oder molekularen Methoden nach Richtlinien der Good Laboratory Practice (GLP) bzw. Good Manufacturing Practice (GMP).

Die Arbeiten im Geschäftsfeld Pharmazie profitieren vielfach von der Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen am Fraunhofer IGB. Mit unseren Kompetenzen tragen wir darüber hinaus zum Angebot des Fraunhofer-Verbunds Life Sciences bei, die Medikamentenentwicklung vom Screening nach Wirkstoffkandidaten bis zur Herstellung von Prüfmustern für klinische Studien abdecken zu können.



EIN IN-VITRO-MODELL DES PROXIMALEN TUBULUS DER NIERE

Anke Hoppensack M. Sc.

In den Nieren wird das Blut filtriert, um harnpflichtige Stoffwechselprodukte und Fremdstoffe auszuschleiden. Bei der Filtration gelangen auch nützliche Substanzen wie Wasser und Glukose in den Primärharn. Um deren Ausscheidung zu verhindern, werden sie zum großen Teil von renalen proximalen Tubulusepithelzellen aufgenommen, gegebenenfalls verstoffwechselt und wieder ins Blut freigesetzt. Über die dafür nötigen Transportwege können auch Fremdstoffe, beispielsweise Arzneimittel oder Giftstoffe, in die Zellen gelangen und unter Umständen direkt oder über ihre Stoffwechselbauprodukte das Epithel schädigen. Sind größere Bereiche davon betroffen, kann dies zu einer lebensbedrohlichen Einschränkung der Nierenfunktion führen. Das macht das renale proximale Tubulusepithel interessant für pharmakologische und toxikologische Studien, die biomedizinische Forschung sowie für klinische Anwendungen.

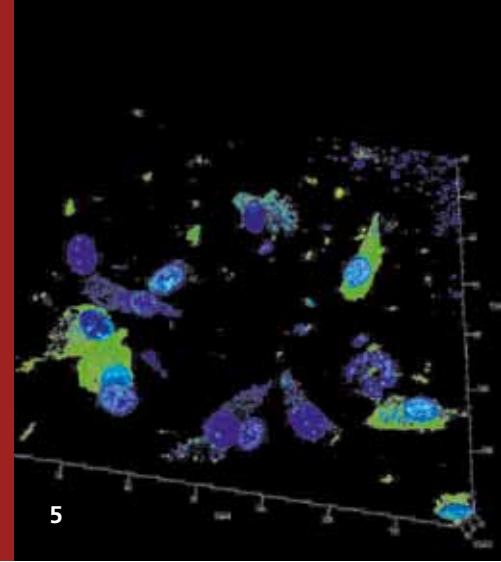
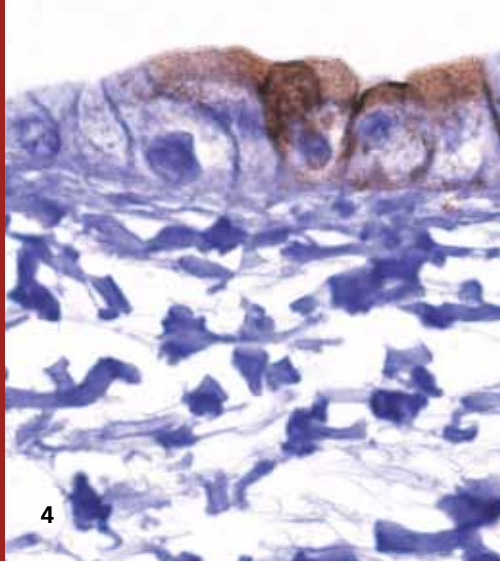
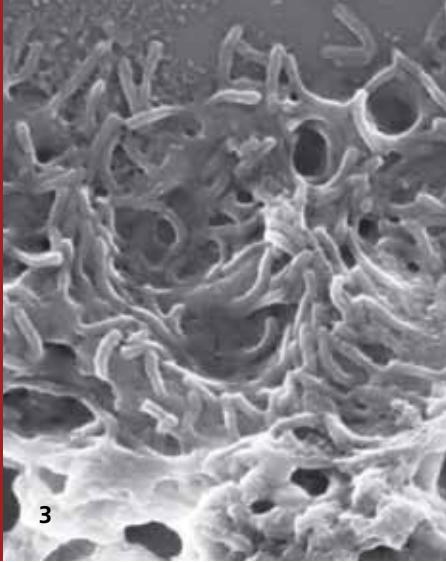
Das proximale Tubulusepithel der Niere in vitro nachzuahmen, scheiterte bisher daran, eine geeignete Kombination aus Zellquelle und Kulturmatrix zu finden, die die Bildung und Erhaltung einer epithelialen Zellschicht ermöglicht. Eine Herausforderung besteht darin, eine humane Zellquelle zu finden, die in ausreichender Menge zur Verfügung steht und gleichzeitig eine umfangreiche Funktionalität bietet. Als Kultursubstrat kommen meistens synthetische Materialien mit biologischen Beschichtungen zum Einsatz. Dies führt jedoch häufig zu mehrschichtigem, Epithel-untypischem Wachstum und damit zu einer Funktionseinschränkung.

Eine natürliche Matrix als Substrat für humane Nierenzellen

Unsere Projektpartner von ATRM konnten die Isolation einer vielversprechenden Zellpopulation aus humanem Nierengewebe etablieren und patentieren (*human Kidney-Derived Cells*, hKDCs [1]). Die Zellen weisen Eigenschaften renaler Vorläuferzellen auf und lassen sich in vitro unter Beibehaltung ihrer Eigenschaften einfrieren und stark vermehren. Mit diesen Zellen haben wir am Fraunhofer IGB ein In-vitro-Modell aufgebaut. Als Matrix diente die sogenannte *Small Intestinal Submucosa* (SIS, Submucosa des Dünndarms), eine natürliche Matrix, die auch klinisch eingesetzt wird. Sie wurde zuvor jedoch noch nicht für die Kultur von renalen Tubuluszellen verwendet. Die SIS-Matrix wird aus Schweinedünndarm hergestellt, indem die Darmschleimhaut sowie alle sonstigen Zellen herausgelöst werden. Zurück bleibt die extrazelluläre Matrix, die Bindegewebsfasern und Wachstumsfaktoren enthält [2]. Für den Aufbau des In-vitro-Modells wurde die SIS zwischen zwei Edelstahlringe (»Zellkrone«) eingespannt, in eine Zellkulturplatte überführt und mit hKDCs besiedelt. Es folgte eine dreiwöchige Kultivierung der Zellen auf der SIS.

Zell-Matrix-Konstrukt weist charakteristische Eigenschaften des renalen proximalen Tubulus auf

Bei Kultivierung auf der SIS-Matrix weisen die hKDCs das typische Wachstum und die charakteristische Morphologie des renalen proximalen Tubulusepithels auf. Dazu gehören die Kontakthemmung, die das einschichtige Wachstum



ermöglicht, die kubische bis hochprismatische Zellmorphologie sowie die Bildung eines Bürstensaums an der oberen Zellmembran. In vivo hilft der Bürstensaum, der die Zelloberfläche stark vergrößert, die hohen Transportraten im renalen proximalen Tubulus zu realisieren. An der Grenze zur SIS bilden die hKDCs eine Basalmembran. Bürstensaum- und Basalmembranbildung zeigen die zelluläre Polarisierung. Dies verdeutlicht die epitheliale Differenzierung der Zellen, die den gerichteten Transport von Substanzen und somit die Funktionalität der Zellen sicherstellt. Weiterhin konnten wir typische Markerproteine renaler proximaler Tubuluszellen immunhistologisch nachweisen. Dazu gehören Aquaporin-1, ein Kanalprotein, mit dem die starke Wasserresorption ermöglicht wird, sowie N-Cadherin als Bestandteil der Zell-Zell-Kontakte. Die Albuminaufnahme als spezifische Funktion ist ebenfalls nachweisbar.

Ausblick

Mit der Kombination aus hKDCs und SIS ist es gelungen, eine einzelne, durchgängige Zellschicht zu generieren, die wichtige Charakteristika des renalen proximalen Tubulusepithels aufweist. Weitere Untersuchungen sind nun nötig, um die Funktionalität des Modells weitergehend zu charakterisieren (Transport von Substanzen, Sensitivität gegenüber toxischen Substanzen). Anschließend kann es für spezifische Anwendungen weiterentwickelt werden. Neben der Grundlagenforschung sowie pharmakologischen Untersuchungen ist das Zell-Matrix-Konstrukt auch für die Entwicklung von bioartificialen Nierenersatzsystemen interessant, da hier die konventionelle Dialyse um einen zellulären Anteil bereichert werden soll [3].



Anke Hoppensack M. Sc.

Telefon +49 711 970-4052
 anke.hoppensack@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Heike Walles

Telefon +49 711 970-4117
 heike.walles@igb.fraunhofer.de

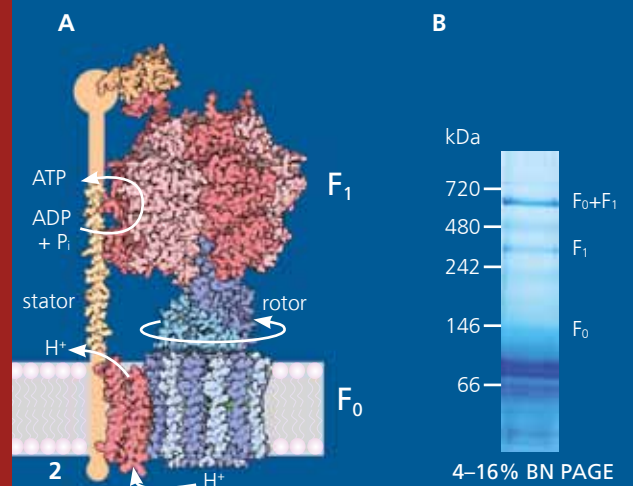
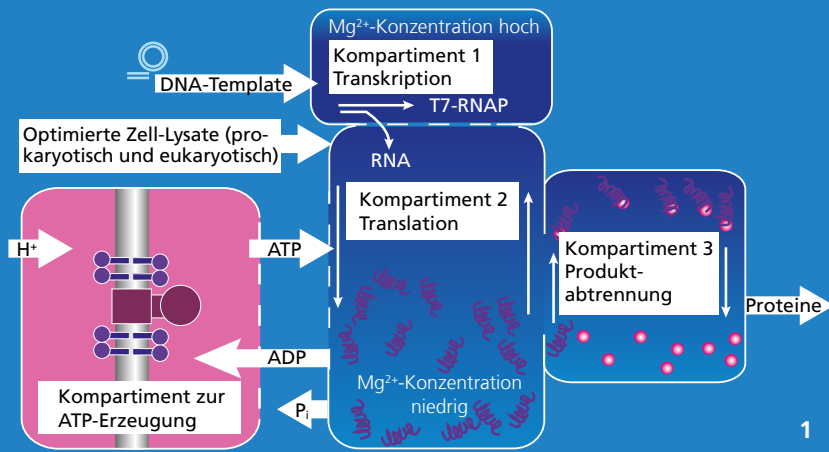
Literatur

- [1] US Patent 2008/0112939 A1
- [2] Brown-Etris, M.; Cutshall, W. D.; Hiles, M. C. (2002) A new biomaterial derived from small intestine submucosa and developed into a wound matrix device, *Wounds*.14(4):150-66
- [3] Tasnim, F.; Deng, R.; Hu, M. et al. (2010) Achievements and challenges in bioartificial kidney development. *Fibrogenesis Tissue Repair*. 3:14

Projektpartner

Wir danken unserem Projektpartner Advanced Technologies and Regenerative Medicine (ATRM), LLC, Somerville (USA) für die Finanzierung eines Projekts zur Entwicklung eines In-vitro-Modells des renalen proximalen Tubulus und für die Bereitstellung der hKDCs.

- 1 *Vorgehensweise zum Aufbau des In-vitro-Modells.*
- 2 *Histologischer Querschnitt des In-vitro-Modells.*
- 3 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Bürstensaums.*
- 4 *Immunhistologische Färbung von Aquaporin-1 (braun) bei Zellen mit Bürstensaum.*
- 5 *Aufnahme von Albumin (grün) in die Zellen (Zellkern = blau).*



ZELLFREIE BIOPRODUKTION MIT INTEGRIERTER ENERGIEVERSORGUNG

Dr. rer. nat. Marcus Thein

Produktion biotechnologisch relevanter Proteine

Die Verfügbarkeit hochwertiger funktionaler Biomoleküle ist wesentliche Grundlage der Fortschrittsfähigkeit unserer entwickelten modernen Gesellschaft. So steigt der Bedarf an Enzymen, ebenso wie der an komplexen Peptiden, Pharmaproteinen und synthetischen Biomolekülen für Medizin und Pharmazie. Derzeit werden peptidbasierte Substanzen und deren Produktionsverfahren hauptsächlich mithilfe lebender Zellen oder Organismen entwickelt. Diese Technologie ist zwar inzwischen sehr leistungsfähig, erfährt aber auf vielen Ebenen deutliche Einschränkungen. So limitiert beispielsweise der beträchtliche Stoff- und Energieeintrag die Wirtschaftlichkeit, viele Endprodukte wirken toxisch auf die produzierenden Zellen oder Organismen, und Schritte zur Reinigung der Zielproteine und Abtrennung sämtlicher zellulären Bestandteile der Organismen sind oft sehr schwierig und aufwendig.

Zellfreie Proteinsynthese im industriellen Maßstab

Hier eröffnet die zellfreie Proteinsynthese neue Möglichkeiten. Durch den spezifischen Einsatz der nur hierfür notwendigen Komponenten ist es möglich, in adaptierten Reaktionskompartimenten effizient Proteine mit definierten Funktionen herzustellen. Obwohl sehr intensiv an der zellfreien Biosynthese geforscht wird, fehlen derzeit noch viele Grundlagen, um diese Technologie wirtschaftlich sinnvoll nutzen zu können. Daher etablieren acht Fraunhofer-Institute innerhalb des 2011 im Rahmen des Strategieprozesses Biotechnologie 2020+ des BMBF gestarteten Fraunhofer-Verbundprojekts »Biomoleküle vom Band« diejenigen Elemente, die den Ausbau der Technologie in industrielle Maßstäbe ermöglichen

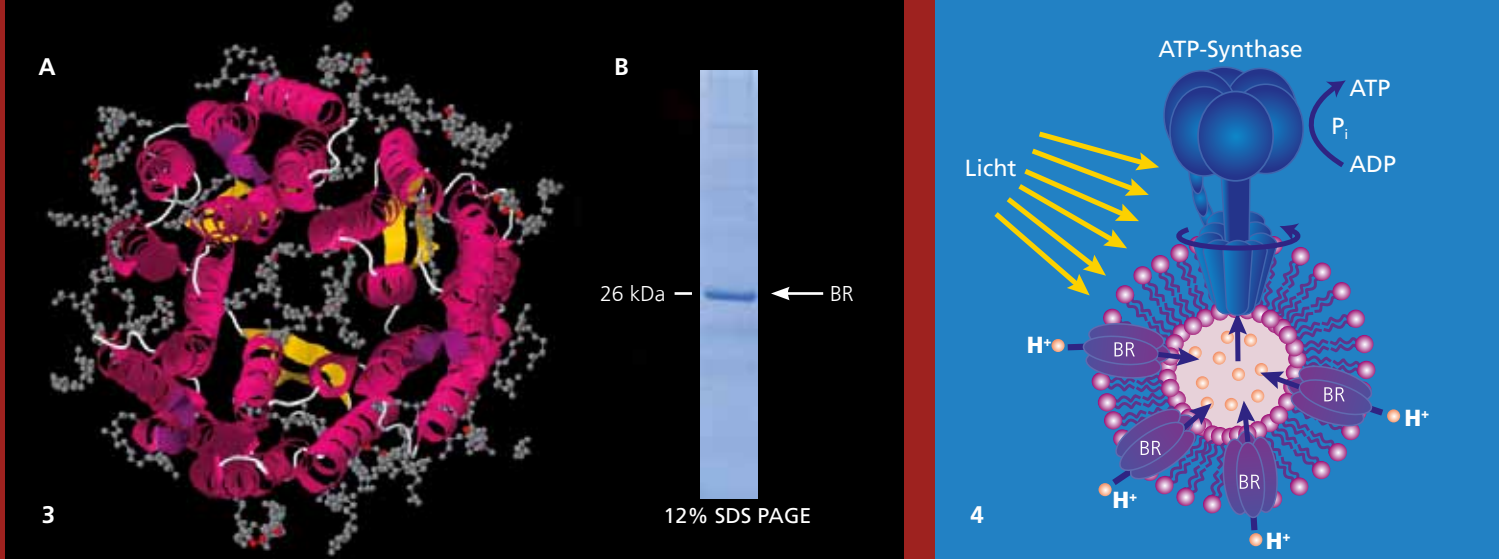
sollen. Dazu soll die Technologie der zellfreien Proteinsynthese auf leistungsfähige, kompartimentierte Reaktorsysteme übertragen werden (Bild 1).

Energiebereitstellung als limitierender Faktor

Hierbei ist die Produktion und Bereitstellung von Energie für das System in Form von ATP (Adenosintriphosphat) von essenzieller Bedeutung. ATP ist die universelle, hauptsächliche Energieform für alle energieabhängigen zellulären Prozesse und daher ebenso wichtig für die zellfreie Biosynthese. In der Zelle ist für die Regeneration von ATP hauptsächlich der hochkomplexe, protonengetriebene Proteinkomplex ATP-Synthase verantwortlich. Das Fraunhofer IGB befasst sich unter anderem damit, die ATP-Synthase in geeigneter Anordnung als Energieregenerationsmodul für die zellfreie Proteinsynthese zu nutzen und so neue Maßstäbe in der zellfreien Bioproduktion zu setzen.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer IGB wird die ATP-Synthase, ein membranständiger Proteinkomplex bestehend aus acht Untereinheiten, in *E. coli* hergestellt und aufgereinigt (Bild 2). Die ATP-Synthase wird anschließend gerichtet und biologisch aktiv in Lipidmembranen (Vesikel und planare Membranen) rekonstituiert. Um die ATP-Synthase zu gewährleisten, muss die Membran durch einen Protonengradienten energetisiert werden. Hierzu wird das Protein Bacteriorhodopsin (BR) aus dem salttoleranten Archaeobakterium *Halobacterium salinarum* verwendet, welches mittels Licht einen Protonengradienten generieren kann. Durch Ko-Rekonstitution von ATP-Synthase und Bacteriorhodopsin in Lipidvesikel kann durch die Bestrahlung dieser Vesikel mit Licht ATP für die zellfreie Biosynthese regeneriert werden.



Komponenten in Reinform hergestellt

Am Fraunhofer IGB wurden alle Komponenten für ein Energie-regenerationsmodul in Reinform hergestellt:

- In einem ersten Ansatz wurde die hochkomplexe ATP-Synthase funktional in invertierten *E.-coli*-Vesikeln isoliert. Mit diesem System konnten wir bereits erfolgreich ATP synthetisieren.
- Zum anderen haben wir die ATP-Synthase mittels eines Histoag über Affinitätschromatographie gereinigt (Bild 2B) [2]. Dies ermöglicht eine definierte und konzentrierte Integration der ATP-Synthase in Lipidvesikel.
- Lipidvesikel mit einem Durchmesser von 50 nm bis 10 μm wurden durch Membranextrusion oder Elektroformation hergestellt.
- Bacteriorhodopsin konnten wir durch osmotische Lyse und selektive Zentrifugation aus *Halobacterium salinarum* gewinnen (Bild 3).

Die Herstellung dieser Komponenten in Reinform ermöglicht es nun, Bedingungen für eine optimale, stabile ATP-Synthase zu etablieren.

Ausblick

Die ATP-Synthase und das Bacteriorhodopsin sollen gerichtet in Lipidvesikeln oder planaren Lipidmembranen korekonstituiert werden (Bild 4). Hierzu sollen geeignete Bedingungen gefunden werden, um über einen angemessenen Zeitraum kontinuierlich ATP regenerieren zu können. Dieses Energie-regenerationsmodul wird anschließend in ein Kompartiment des zellfreien Biosynthese-Reaktors integriert (siehe Bild 1).

- 1 Schema einer kompartimentierten Produktionseinheit für die zellfreie Bioproduktion.
- 2 ATP-Synthase: (A) Modell [1]; (B) gereinigte ATP-Synthase-Untereinheiten im Gel.
- 3 Bacteriorhodopsin: (A) Modell (Quelle: PDB); (B) gereinigtes Bacteriorhodopsin (BR) im Gel.
- 4 Schema eines Vesikels zur lichtgetriebenen ATP-Synthase [3].



Dr. Marcus Thein

Telefon +49 711 970-4063
marcus.thein@igb.fraunhofer.de



PD Dr. Steffen Rupp

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

Literatur

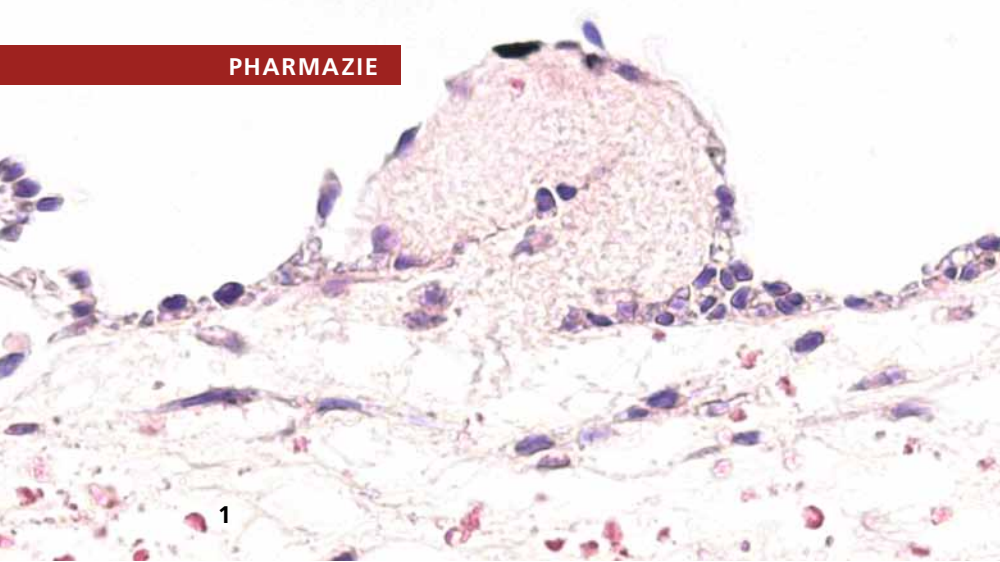
- [1] Weber, J. (2006) ATP synthase: subunit-subunit interactions in the stator stalk, *Biochim Biophys Acta* 1757(9-10): 1162-1170
- [2] Ishmukhametov, R. R.; Galkin, M. A. et al. (2005) Ultrafast purification and reconstitution of His-tagged cysteine-less *Escherichia coli* F1F0 ATP synthase, *Biochim Biophys Acta* 1706(1-2): 110-116
- [3] Choi, H. J. and Montemagno C. D. (2005) Artificial organelle: ATP synthesis from cellular mimetic polymersomes, *Nano Lett* 5(12): 2538-2542

Förderung

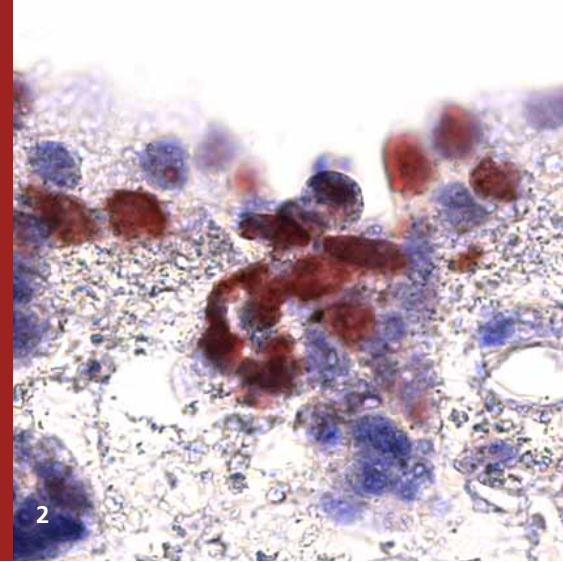
Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Verbundprojekts »Biomoleküle vom Band« im Rahmen des Programms Biotechnologie 2020+ und der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Verbundprojekts »Basismodul für die zellfreie Bioproduktion – Die Industriezelle« im Rahmen der Fraunhofer-Systemforschung.

Projektpartner

Fraunhofer IBMT, Berlin | Fraunhofer ISIT, Itzehoe | Fraunhofer IZM, Berlin | Fraunhofer IPA, Stuttgart | Fraunhofer IPK, Berlin | Fraunhofer IME, Aachen | Fraunhofer ISI, Karlsruhe



1



2

ENTWICKLUNG EINES IN-VITRO-TUMORTESTSYSTEMS FÜR NERVENSCHIDENTUMORE

Dipl.-Biol. Corinna Moll

Erblich bedingte Nervenschidentumore

Neurofibromatose Typ 1 (NF1) ist eine autosomal-dominant vererbte Erkrankung, die mit einer Häufigkeit von 1:3500 auftritt. Neurofibromatose-Patienten tragen eine Keimbahnmutation im Tumorsuppressorgen *Nf1*, so dass in jeder Körperzelle nur ein funktionales Allel des Gens, das für Neurofibromin kodiert, vorliegt. Kommt es durch eine spontane somatische Mutation des intakten *Nf1*-Allels zum Verlust der Heterozygotie, können gutartige Neurofibrome entstehen. Entarten diese Neurofibrome, entstehen bösartige periphere Nervenschidentumore (MPNST). Diese Tumore sind hochgradig aggressiv. Häufig wachsen sie in die Nervenbahnen hinein, was ihre operative Entfernung erschwert. Da auch die Chemotherapie oder Bestrahlung keine erfolgsversprechenden Therapien darstellen, ist die Etablierung neuer therapeutischer Ansätze von großer Wichtigkeit.

Neue Therapie durch Tissue Engineering

Die Strategie des Tissue Engineerings, biodegradierbare Trägerstrukturen mit patientenspezifischen Zellen zur Erzeugung eines Gewebekonstrukts zu besiedeln, kann genutzt werden, um dreidimensionale Gewebemodelle für die zellbiologische Forschung aufzubauen. Bioartifizielle 3D-Gewebemodelle spiegeln die Komplexität der Gewebe im lebenden Organismus dabei besser wider als die meist verwendeten 2D-Zellkultursysteme, da Kontakte zwischen Zellen und der Matrixumgebung ermöglicht werden.

Aufbau des Tumortestsystems

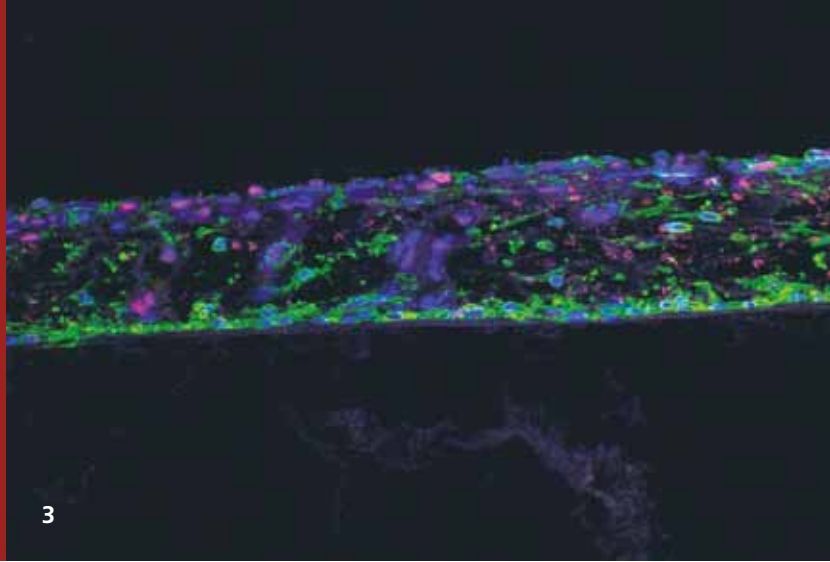
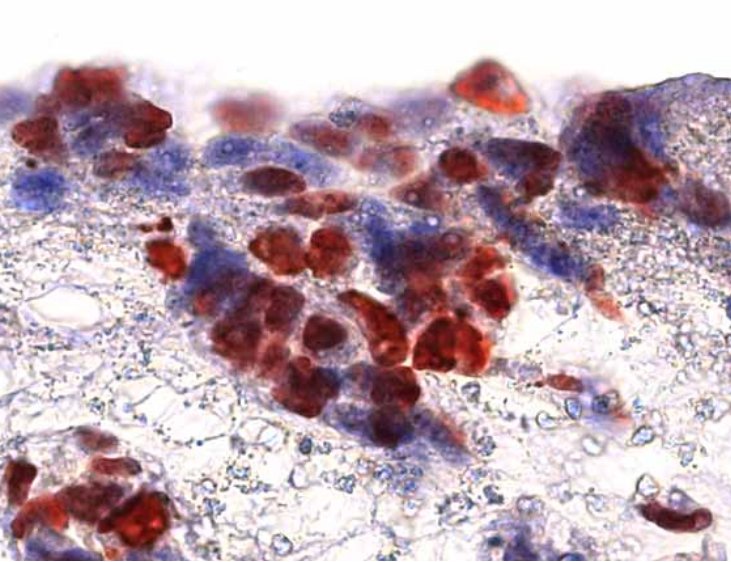
Zum Aufbau eines 3D-Tumortestsystems kultivieren wir in der Projektgruppe Onkologie in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin der Universität Würzburg zwei verschiedene MPNST-Zelllinien (NSF-1, S462) auf der biologischen Trägerstruktur BioVaSc (biological vascularized scaffold) [1]. Die BioVaSc, das Kollagengerüst eines azellularisierten porcinen Darmsegments, spannen wir statisch in Metallringe ein. Das poröse Kollagengerüst ermöglicht den Zellen, die Trägerstruktur entsprechend ihrer invasiven Eigenschaften zu besiedeln.

Kokultur zur Simulation des Tumorstromas

Die Monokultur der Tumorzelllinien kann dabei um primäre dermale Fibroblasten und mikrovaskuläre Endothelzellen ergänzt werden, um so die Interaktion der Tumorzellen mit dem Tumorstroma zu simulieren. Das Tumorstroma ist in vivo das den Tumor umgebende Gewebe und enthält u. a. Fibroblasten und Endothelzellen. Um die physiologische Situation in NF1-Patienten nachzustellen, setzen wir primäre Fibroblasten von NF1-Patienten (*Nf1^{+/-}*) ein.

3D-Matrix und Kokultivierung ermöglichen invasives Wachstum

Die zwei untersuchten MPNST-Zelllinien zeigten ein individuell charakteristisches Wachstumsverhalten. Eine Zelllinie (NSF-1) wuchs überwiegend auf der BioVaSc-Oberfläche und migrierte in die vorhandenen Hohlräume der Matrix. Die zweite Zelllinie (S462) infiltrierte die Trägerstruktur stärker



3

und in tiefere Regionen. Das invasive Wachstum der S462-Zellen korreliert mit der Expression von matrixdegradierenden Enzymen, Matrix-Metalloproteasen, in dieser Zelllinie [2]. Die dreidimensionale biologische Matrix erlaubt also die Abbildung wichtiger Wachstumseigenschaften der Tumorzellen, die auf starren zweidimensionalen Oberflächen nicht möglich ist. Insgesamt beobachteten wir einen starken Einfluss der Kulturbedingungen auf den Differenzierungsstatus der Tumorzellen.

In Kokultur mit Fibroblasten beeinflussen sich die Stromazellen und die Tumorzellen gegenseitig in ihrem Wachstumsverhalten. Wir beobachten insgesamt ein tieferes Einwachsen der Tumorzellen in Kokultur, außerdem erinnert die räumliche Anordnung der verschiedenen Zelltypen an die Gewebeorganisation im Tumor. Dies legt nahe, dass die Physiologie der Tumore in dreidimensionaler Kultur mit tumorassoziierten Stromazellen relevanter abgebildet wird.

Ausblick

Der dreidimensionale Tumoraufbau auf einer biologischen Trägerstruktur erlaubt die umfangreiche Untersuchung der Gewebeorganisation und -differenzierung. Diese Kulturbedingungen sind nicht nur für die mechanistische Erforschung der Tumorentstehung essentiell, sondern auch für die In-vitro-Validierung von Therapeutika, möglichst unter Umgehung von Tierversuchen.

Möglichkeiten der Weiterentwicklung dieses Systems liegen in der Verwendung primärer Tumorzellen, so dass zukünftig patientenspezifische, personalisierte Modelle zur Testung therapeutischer Strategien in vitro eingesetzt werden können. Wird der Tumor auf einer vollständig mit patientenspezifischen Endothelzellen rebesiedelten vaskularisierten BioVaSc aufgebaut, können zusätzlich Mechanismen der Tumorangiogenese untersucht werden.



Dipl.-Biol. Corinna Moll

Telefon +49 931 31-83839

corinna.moll@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Heike Walles

Telefon +49 931 31-88828

heike.walles@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Mertsching, H.; Walles, T.; Hofmann, M.; Schanz, J.; Knapp, W. H. (2005) Engineering of a vascularized scaffold for artificial tissue and organ generation. *Biomaterials* 33: 6610-6617
- [2] Holtkamp, N.; Atallah, I.; Okuducu, A.-F.; Mucha, J.; Hartmann, C.; Mautner, V.-F.; Friedrich, R. E.; Mawrin, C.; Deimling, A. von (2007) MMP-13 and p53 in the progression of malignant peripheral nerve sheath tumors. *Neoplasia* 9: 671-677

Projektpartner

Charité Universitätsmedizin Berlin

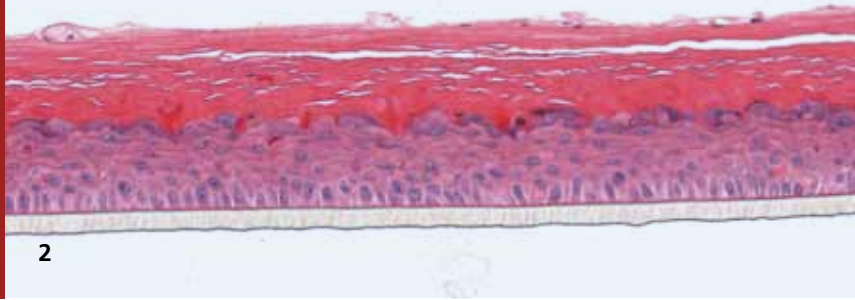
Weitere Informationen

www.term.uk-wuerzburg.de

- 1 *Monokultur der MPNST-Zelllinie NSF-1 auf der BioVaSc (HE-Färbung, 200x).*
- 2 *MPNST-Zelllinie S462 auf BioVaSc (Färbung des Proliferationsmarkers Ki67, 200x).*
- 3 *Fluoreszenzdoppelfärbung der Tumorzellen (rot) und Fibroblasten (grün).*



MANUELL



TESTSYSTEME AUS DER HAUTFABRIK – VALIDE AUSSAGEN OHNE TIEREXPERIMENTE

Dr. rer. nat. Martin Funk, Dr. rer. nat. Michaela Kaufmann

Die Haut ist das erste Organ, das erfolgreich mit Methoden des Tissue Engineerings im Labor gezüchtet wurde und das neuerdings in einem vollautomatischen Prozess, der von vier Fraunhofer-Instituten unter Koordination des Fraunhofer IGB entwickelt wurde, hergestellt werden kann. Solche künstlichen Hautäquivalente spielen als In-vitro-Testsystem zum Ersatz von Tierexperimenten zunehmend eine bedeutende Rolle. Einen entscheidenden Anteil hieran hatte die 7. Änderung der EG-Kosmetikrichtlinie (76/768/EWG), welche seit 2009 ein Verkaufsverbot für an Tieren getestete Kosmetikprodukte und -rohstoffe vorschreibt. Nicht nur bei den Kosmetikprodukten, sondern auch im Rahmen der REACH-Verordnung von Chemikalien müssen bis zu einem bestimmten Tonnagebereich neben den chemisch-physikalischen Daten auch toxikologische In-vitro-Daten, beispielsweise zu einer möglichen Hautreizung, vorgelegt werden. Dies macht die Bereitstellung valider, aussagekräftiger In-vitro-Toxizitätstests in großer Menge erforderlich. Damit ein In-vitro-Testsystem als Ersatz zum Tierversuch von der zuständigen Behörde, dem European Centre for the Validation of Alternative Methods (ECVAM), akzeptiert wird, muss nachgewiesen werden, dass die toxikologischen Eigenschaften der Substanz mit dem Testverfahren ausreichend sensitiv, spezifisch und reproduzierbar untersucht werden können.

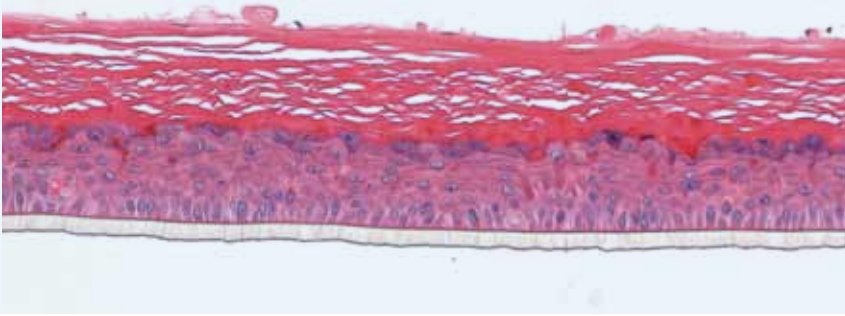
Automatische Herstellung humaner Epidermis in hoher Qualität und Stückzahl

Innerhalb nur weniger Monate ist es dem Fraunhofer-Projekt-konsortium gelungen, den Prozess zur Herstellung eines humanen Epidermismodells in der Hautfabrik zu etablieren. Dazu werden dermale Zellen (Keratinozyten) isoliert, vermehrt und dann in eigens dafür entwickelten und patentierten Kulturgefäßen zum Aufbau einer korrekt strukturierten Epidermis verwendet. So können reproduzierbar und in großer Stückzahl hochqualitative Epidermismodelle hergestellt werden, die sich morphologisch nicht von manuell hergestellten unterscheiden lassen. Zurzeit untersuchen wir in einer Reihe weiterer Untersuchungen die physiologische Vergleichbarkeit der hergestellten Modelle.

In-vitro-Irritationstest an automatisch hergestellten Epidermismodellen

Epidermismodelle eignen sich besonders zur Beurteilung der Irritationswirkung von Testsubstanzen. Manuell hergestellte Epidermismodelle werden derzeit schon in validierten Tests gemäß den ECVAM-Richtlinien zum Ersatz von Tierversuchen verwendet. Hierbei appliziert man die zu testende Probe direkt auf die Oberfläche der Epidermismodelle. Kommt es daraufhin zu einer Zellschädigung, kann diese schnell, spezifisch und reproduzierbar quantifiziert werden. Dieses

AUTOMATISCH



3

einfache wie effiziente Testsystem erlaubt es, jegliche Art von Substanzen in hohem Durchsatz auf dessen Irritationspotenzial zu analysieren. In laufenden Studien testen wir nun einige behördlich vorgeschriebene Substanzen mit bekanntem Irritationspotenzial an automatisch hergestellten Epidermismodellen im direkten Vergleich zu den manuell hergestellten, bereits validierten Modellen.

Gemeinsam mit den Behörden zum validen Testsystem

Hauptzielsetzung ist es, das erste automatisch hergestellte Hauttestsystem in enger Absprache mit der ECVAM für einen In-vitro-Irritationstest zu validieren und einer möglichst großen Anzahl von Benutzern zur Verfügung zu stellen. Dementsprechend befinden wir uns zur Abstimmung eines Validierungskonzepts im Kontakt mit der Behörde. Dabei können wir besonders von den bereits vorhandenen Daten vorhergehender Validierungsstudien sowie den bestehenden Erfahrungen der ECVAM mit diesem Testsystem profitieren. Das sollte es uns ermöglichen, das Testsystem innerhalb eines möglichst kurzen Zeitraums zu validieren und für eine kommerzielle Nutzung vorzubereiten.



Dr. Martin Funk

Telefon +49 711 970-4093
martin.funk@igb.fraunhofer.de



Dr. Michaela Kaufmann

Telefon +49 711 970-4049
michaela.kaufmann@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Zukunftsstiftung für die Förderung des Projekts »Mass Customized Organ Replicates – Tissue Engineering on Demand«.

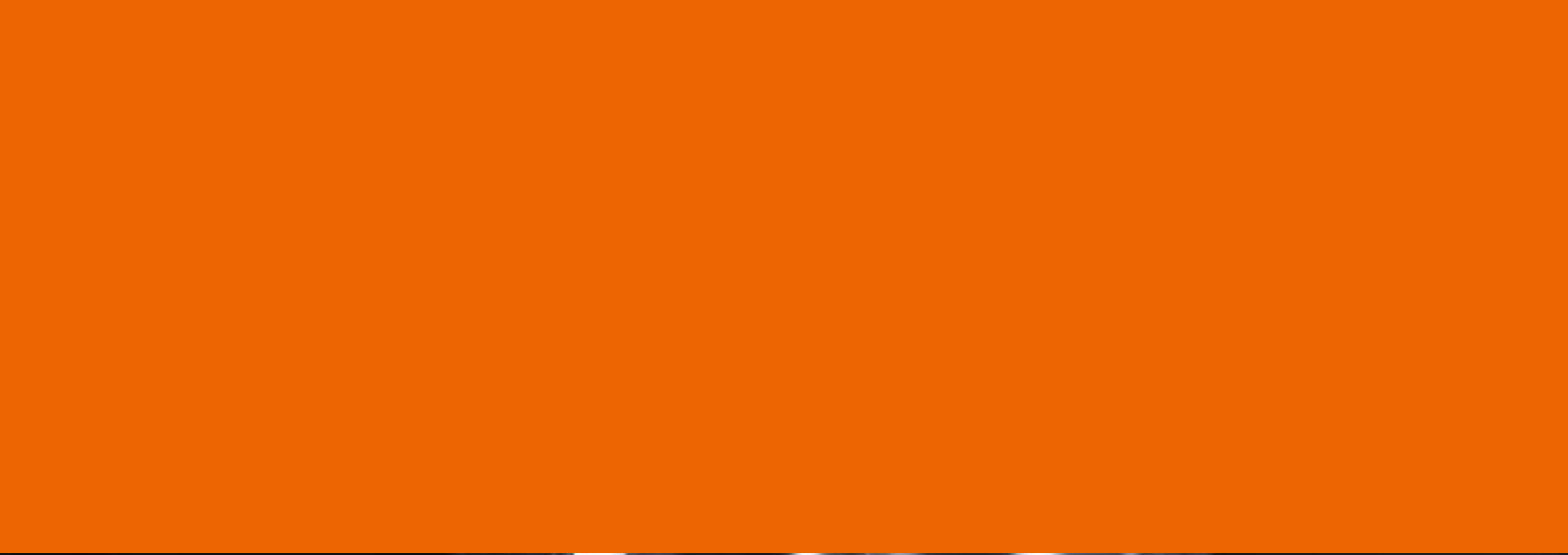
Projektpartner

Fraunhofer IPA, Stuttgart | Fraunhofer IPT, Aachen |
Fraunhofer IZI, Leipzig

Weitere Informationen

www.tissue-factory.com

- 1 Irritationstest am Epidermismodell.
- 2 Vergleich der Histologie von manuell (links) und automatisiert (rechts) hergestellten Epidermismodellen.
- 3 Anlage zur automatisierten Herstellung von Hautmodellen.



CHEMIE

Dr. Christian Oehr

Die chemische Industrie gehört zu den bedeutendsten und forschungsintensivsten Branchen in Deutschland. Viele Innovationen in anderen Branchen wie Automobil, Elektro- und Elektronikindustrie, Bauwirtschaft oder Verpackungstechnik wären ohne den Beitrag der Chemie nicht möglich. Die chemische Industrie ist 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:

Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen

Unsere Arbeiten zielen auf die Entwicklung von biotechnologischen Prozessen zur Herstellung von Chemikalien und Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen und die Kopplung mit chemischen Prozessen.

Prozessintensivierung zur effektiveren Nutzung von Rohstoffen und Energie

Hier stehen Verfahrensentwicklungen zum Upstream- und Downstream Processing mit effektiver Separation von Stoffströmen mittels Membranen und weiteren Trenntechniken oder durch Kreislaufführung von Stoffströmen (Recycling, nachhaltiges Abfallmanagement) in unserem Fokus.

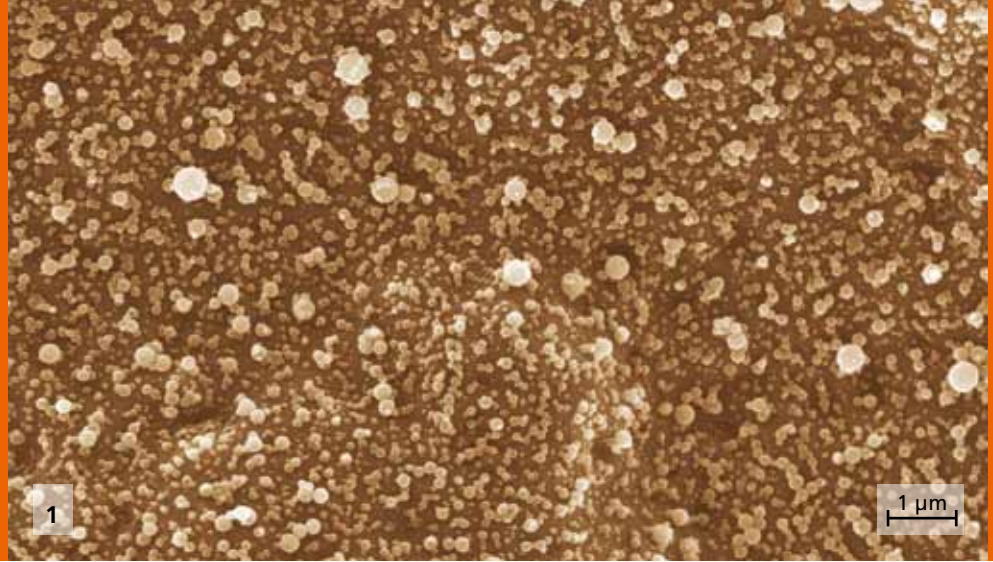
Entkopplung von Volumen- und Oberflächeneigenschaften von Materialien durch Grenzflächenverfahrenstechnik

Mit maßgeschneiderten Beschichtungen, die ihrerseits verfahrenstechnisch auf Ressourceneffizienz getrimmt sind, ergeben sich neue Wahlmöglichkeiten für die Basismaterialien von Werkstücken und damit für neue Produkte auf Basis einer nachhaltigen Rohstoffauswahl.

Bewertung und Ersatz kritischer Chemikalien

Chemikalien, sofern sie in größerem Maße am Markt vertreten sind, untersuchen wir systematisch nach Regularien der EU auf ihr Gefährdungspotenzial.

In unseren vielfältigen Forschungsarbeiten stellen wir uns, auch in Kooperation mit anderen Instituten des Fraunhofer-Verbunds Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS oder der Fraunhofer-Allianzen Nanotechnologie, Photokatalyse, Polymere Oberflächen POLO und Reinigungstechnik, den Herausforderungen dieser neuen Ansätze. Neue Impulse, die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in den industriellen Maßstab zu übertragen, gibt auch das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna, welches gemeinsam von den Fraunhofer-Instituten für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB und für Chemische Technologie ICT, Pfinztal, errichtet und betrieben wird.



BIOAKTIVE MINORKOMPONENTEN AUS PFLANZENÖLEN

Dr. rer. nat. Carmen Gruber-Traub, Dr. rer. nat. Achim Weber

Wertstoffe gewinnen

Nachwachsende Rohstoffe für die Herstellung von Biokraftstoffen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die hierbei eingesetzten Pflanzenöle aus beispielsweise Raps oder Soja enthalten auch verschiedene Minorkomponenten (Wert- oder Störstoffe). Zum einen sind im Biodiesel Störstoffe enthalten, die sich negativ auf die Qualität des Kraftstoffes auswirken können. Zum anderen finden sich in geringerer Menge auch wichtige Wertstoffe wie bioaktives Vitamin E (α -Tocopherol). Diese Wertstoffe werden bisher meist gemeinsam mit dem Biodiesel verbrannt.

Tocopherol spielt aufgrund seiner antioxidativen Eigenschaften im menschlichen Körper eine wichtige Rolle beim Schutz der Zellen vor schädlichen Sauerstoff-Einflüssen. Natürliche tocopherolhaltige Extrakte werden aus den Samen ölhaltiger Pflanzen, insbesondere Weizen, Mais, Soja und Baumwolle sowie Reis – allerdings häufig nur in geringen Konzentrationen – abgetrennt und angereichert. Synthetisch wird Vitamin E großtechnisch als ein racemisches Gemisch hergestellt. Da das synthetische Tocopherol relativ instabil ist, wird es meist mit einer Acetylgruppe versehen. Es besitzt dann keine antioxidativen Eigenschaften mehr. Bis zu 50 Prozent des aufgenommenen synthetischen Tocopherols können im Körper jedoch in natürliches Vitamin E umgewandelt werden.

Ziel dieses Vorhabens war die Entwicklung eines im Technikkonzept anwendbaren adsorptiven Verfahrens, mit dem wertvolle bioaktive Minorkomponenten als zusätzliche

wertschöpfende Produkte bei der Pflanzenverarbeitung gewonnen werden können. Hierzu haben wir polymere nanoskalige Adsorberpartikel in ein neues Verfahrenskonzept zur Stofftrennung eingebunden.

Herstellung nanoskopischer polymerer Adsorberpartikel

Für die Abtrennung von bioaktivem α -Tocopherol aus Pflanzenölen wurden nanoskopisch dimensionierte Polymerpartikel mit freien Bindestellen an den Partikeloberflächen hergestellt. In dem vom Fraunhofer IGB patentierten NANOCYTES[®]-Verfahren haben wir hierzu geeignete Monomere mit sogenannten Vernetzern gemischt. Durch Einsatz der Miniemulsionspolymerisation erhielten wir so in einem Schritt nanoskopisch dimensionierte polymere Adsorberpartikel mit Größen von 200 bis 300 Nanometern [1, 2]. Durch Zugabe geeigneter Prägemoleküle und nachfolgendes Herauslösen (Extrahieren) der Prägemoleküle werden chemische Negativabdrücke auf den Partikeloberflächen erzeugt (Bild 1). Die polymeren Adsorberpartikel wurden anschließend auf polymere Füllkörper aufgebracht und fixiert (Bild 2). Die beschichteten Füllkörper wurden in ein technisches Verfahren integriert und eine Versuchsanlage (Bild 3) am Fraunhofer IGB entwickelt.

Adsorption von Tocopherol

Im Rahmen des Projekts konnten wir erfolgreich polymere Adsorberpartikel für die Abtrennung von α -Tocopherol aus Pflanzenölen herstellen. Hierzu haben wir die Polymerzusam-



mensetzung der Adsorberpartikel hinsichtlich einer maximalen Adsorption von α -Tocopherol optimiert [3]. Es adsorbieren bis zu 24 μg Tocopherol an 1 mg spezifischem Partikelmaterial.

Adsorptionskolonne mit partikelbeladenen Füllkörpern

Um die Adsorptionsoberfläche zu vergrößern, wurden die polymeren Adsorberpartikel anschließend auf polymere Füllkörper als Trägerstrukturen aufgebracht und in eine Adsorptionskolonne integriert. Für eine optimale Adsorption von Tocopherol an die Polymerpartikel sollte deren Konzentration in der Kolonne im Bereich bis 30 $\mu\text{g}/\text{mL}$ liegen. Unbehandelte Füllkörper hingegen zeigten nur sehr geringe Adsorptionskapazitäten. Durch einen Wechsel des Lösungsmittels kann das Tocopherol anschließend mittels Extraktion vollständig von der Adsorberkolonne abgetrennt werden. Die Kolonnen stehen dann wieder für weitere Durchläufe zur Verfügung.

Somit steht nun eine Versuchsanlage für weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Abtrennung verschiedener Minorkomponenten aus pflanzlichen Ölen, Pflanzenextrakten oder Biodiesel zur Verfügung. Die Anlage kann nach der Aufarbeitung der Ölsaaten in der Ölmühle, in der pflanzenverarbeitenden Industrie oder bei Biokraftstoffherstellern direkt vor Ort eingesetzt werden.

Ausblick

Die hier entwickelte Versuchsanlage zur Abtrennung von Wert- oder Störstoffen aus Pflanzenölen kann durch Anpassung des polymeren Adsorbermaterials auf weitere Trennaufgaben für biobasierte Öle oder Pflanzenextrakte übertragen werden. Zur Erhöhung der Adsorptionsoberfläche können zukünftig auch Füllkörper mit geringeren Packungsdichten und einem damit verbundenen geringerem freien Volumen verwendet werden.



Dr. Carmen Gruber-Traub

Telefon +49 711 970-4034
carmen.gruber-traub@igb.fraunhofer.de



Dr. Achim Weber

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

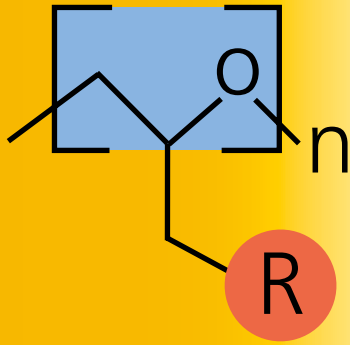
Literatur

- [1] Tovar, G. E. M.; Kräuter, I.; Gruber, C. (2003) Topics in current chemistry 227, 125-144
- [2] Schreiber, T. et al. (2009) Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 1169, 1169-Q04-07
- [3] Neumann, M. (2009) Entwicklung von molekular geprägten Polymernanopartikel zur Gewinnung von bioaktiven Minorkomponenten am Beispiel von alpha-Tocopherol, Fachhochschule Recklinghausen

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Gewinnung von bioaktiven Minorkomponenten aus Pflanzen« im Rahmen des Programms Mittelstandsorientierte Eigenforschung (MEF).

- 1 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme polymerer Adsorberpartikel auf Füllkörpern.*
- 2 *Mit Adsorberpartikeln beschichtete Füllkörper.*
- 3 *Versuchsanlage zur Abtrennung von Minorkomponenten aus Pflanzenöl.*



1

2



MULTIFUNKTIONELLE PEG – NEUE MATERIALIEN FÜR DIE LIFE SCIENCES

Dr. rer. nat. Michaela Müller, Dr. rer. nat. Christian Schuh, Dipl.-Chem. Alexander Southan

PEG – biokompatibles Allroundtalent

Polyethylenglykol (PEG), ist nicht toxisch, nicht immunogen, hydrophil und hochelastisch. Aufgrund dieser Eigenschaften findet das Polymer vielfältigen Einsatz in medizintechnischen Produkten, in der Pharmazie, der Chemie- und Kosmetikindustrie sowie im Tissue Engineering. Für die Anwendung ist meist eine Anbindung oder Vernetzung des PEG notwendig. Dabei muss die Netzwerkdicke über die Kettenlänge des PEG eingestellt werden, da sich die funktionellen Gruppen an den Kettenenden befinden. Hierzu stehen kommerziell endgruppenfunktionalisierte PEG zur Verfügung, allerdings ist die Auswahl verfügbarer Kettenlängen stark begrenzt.

Multifunktionelle PEG über Seitenkettenfunktionalisierung

Zur Umgehung dieser Einschränkung haben wir am Fraunhofer IGB in Kooperation mit dem Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT der Universität Stuttgart polymeranaloge und monomerbasierte Synthesestrategien für neuartige multifunktionelle PEG entwickelt, bei denen die chemisch reaktiven funktionellen Gruppen in Seitenketten des PEG vorliegen (Bild 1). Als reaktive Funktionen sind beispielsweise möglich:

- Thiol
- Amin (primär, sekundär)
- Carboxyl
- photoaktivierbare Gruppen

Der Anteil der enthaltenen Seitengruppen und somit der Abstand zweier funktioneller Seitengruppen kann eingestellt werden. Es sind auch Copolymere mit den entsprechend funktionalisierten PEG herstellbar.

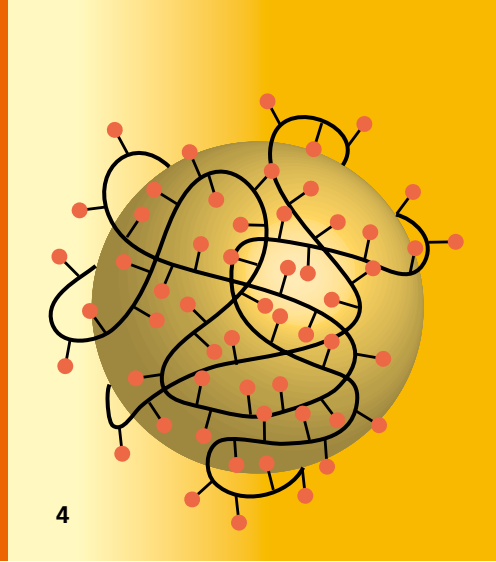
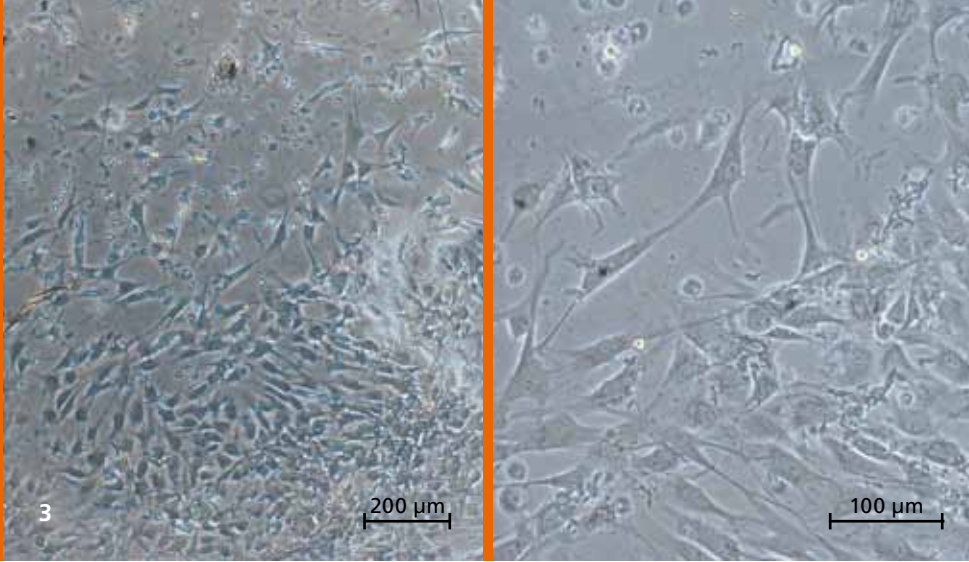
Beispiel Thiol-PEG

In den letzten Jahren hat sich die Thiol-En-Michael-Addition im Bereich des Tissue Engineering als eine biokompatible Reaktion ohne Nebenprodukte zum Aufbau von vernetzten Hydrogelmatrixmaterialien etabliert. Am Fraunhofer IGB wurde ein neuartiges PEG-Derivat synthetisiert, welches diese biokompatiblen Thiolgruppen an jeder Wiederholungseinheit trägt. Dieses multifunktionelle Thiol-PEG wurde zum Patent angemeldet und steht nun für den Einsatz in den Life Sciences zur Verfügung [1]. Mit Michael-Akzeptoren wie beispielsweise PEG-700-Diacrylat bilden sich innerhalb weniger Sekunden Hydrogele (Bild 2).

Die Eigenschaften dieser Materialien lassen sich im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen, die auf endfunktionalisierten PEG basieren, einfach über das Verhältnis der Reagenzien gezielt einstellen. Dies ist beispielhaft an der Quellbarkeit dargestellt, die wir über einen weiten Bereich von 10 Prozent bis zu 60 Prozent bei konstant hohen Gelausbeuten gezielt anpassen (siehe Grafik rechts).

Biofunktionalität

Erste Untersuchungen, in denen die auf modifizierten PEG basierenden Hydrogele mit humanen Fibroblasten besiedelt wurden, deuten auf eine gute Biokompatibilität hin.

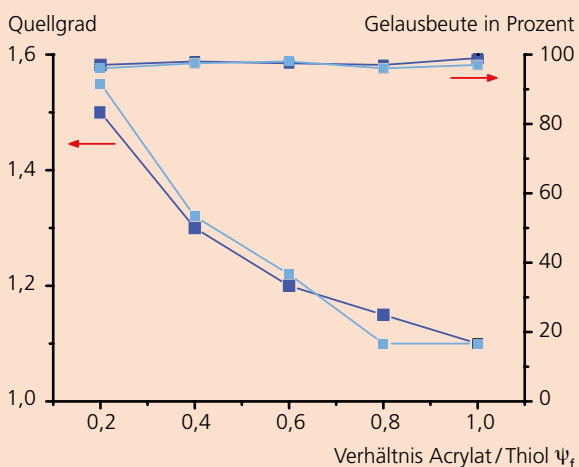


Im Gegensatz zu unfunktionalisiertem PEG scheinen unsere neuen Hydrogele darüber hinaus sogar biofunktionell zu sein. Lichtmikroskopische Aufnahmen zeigen eine hohe Zahl adherenter Zellen auf einem solchen Hydrogel nach 48 Stunden Besiedlungszeit (Bild 3).

Ausblick

Über gezielte Variationen in der Reaktionsführung lassen sich beliebige Mengen Thiolgruppen an PEG anbringen, so dass zum Aufbau von Hydrogelen eine breite Vielfalt multifunktionaler PEG zur Verfügung stehen. Eine weitere mögliche Anwendung, speziell der Thiol-PEG, ist die »PEGylierung« von Oberflächen aus Gold (Bild 4) oder von acrylgruppentragenden Oberflächen. Denkbar ist auch, multifunktionelle PEG als biokompatible Matrix von Drug-Delivery-Systemen mit maßgeschneiderten Eigenschaften einzusetzen.

Maßgeschneidertes Quellverhalten von Hydrogelen aus multifunktionellem PEG.



■ Messdaten frischer Gele
■ Messdaten nach 7 Tagen bei pH 7



Dr. Michaela Müller

Telefon +49 711 970-4140
michaela.mueller@igb.fraunhofer.de



Dr. Christian Oehr

Telefon +49 711 970-4137
christian.oehr@igb.fraunhofer.de

Literatur

[1] Southan, A.; Schuh, C.; Tovar, G.; Hirth, T., Seitenketten-funktionalisiertes PEG, Patentanmeldung DE 10 2011 114 167.0

Förderung

Wir danken der Peter und Traudl Engelhorn Stiftung für die Förderung der Arbeiten über ein Post-Doc-Stipendium und dem Landesministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts »SynElast – Desmosin-Mimetika für die Entwicklung eines synthetischen Elastinersatzes«, Förderkennzeichen 720.830-5-10a.

Projektpartner

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Stuttgart

Weitere Informationen

www.igvt.uni-stuttgart.de/forschung/projekte-cgvt/synelast.html

- 1 Chemische Struktur der multifunktionalen PEG.
- 2 Biokompatible Hydrogele aus multifunktionalen PEG-Materialien, die am Fraunhofer IGB entwickelt wurden.
- 3 Humane Fibroblasten auf multifunktionalen PEG-Hydrogelen.
- 4 Anwendungsbeispiel »PEGylierung« von Goldpartikeln zur Verbesserung der Biokompatibilität.

IONISCHE FLÜSSIGKEITEN IN DER GASABSORPTION

Dipl.-Ing. Jessica Blath, Dr. rer. nat. Thomas Schiestel

Neue Stoffklasse mit außergewöhnlichen Eigenschaften

Ionische Flüssigkeiten (ionic liquids) sind salzartige Verbindungen, die bei Temperaturen unter 100 °C flüssig sind. Sie setzen sich aus einem organischen oder anorganischen Anion und einem voluminösen organischen Kation zusammen. Aufgrund ihrer außergewöhnlichen Eigenschaften bietet diese neue Stoffklasse Lösungen für viele Herausforderungen in Industrie und Technik. Eine niedrige Schmelztemperatur und ein geringer Dampfdruck bei gleichzeitig hoher thermischer und chemischer Stabilität sowie hoher elektrischer Leitfähigkeit sind einige der signifikanten Merkmale. Die vielfältigen Möglichkeiten, verschiedene Anionen und Kationen miteinander zu kombinieren, bieten das Potenzial, ihre Eigenschaften anwendungsspezifisch maßzuschneidern.

In der Literatur [1] konnte gezeigt werden, dass ionische Flüssigkeiten Gase unterschiedlich stark absorbieren. Während N₂ und H₂ nur in geringem Maße aufgenommen werden, wird bei anderen Gasen wie CO₂ eine stärkere Absorption beobachtet. Dieser Unterschied kann für die selektive Abtrennung einzelner Gase aus Gasgemischen genutzt werden. So ist es denkbar, für die Aufbereitung von Verbrennungsgasen aus Kohle- und Gaskraftwerken anstelle der üblichen Aminlösungen in Absorbern ionische Flüssigkeiten einzusetzen.

Vorgehensweise

Um die Eignung ionischer Flüssigkeiten für die Gasabsorption einschätzen zu können, haben wir zur Untersuchung der Struktur-Eigenschaftsbeziehung ein breites Kombinationspektrum unterschiedlicher Anionen und Kationen getestet.

Mithilfe der Druckabfallmethode [1] wurde die Gasaufnahme-fähigkeit für Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Methan und Kohlenstoffmonoxid in unterschiedlichen ionischen Flüssigkeiten bestimmt.

Hohe Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid

Die höchste Gaslöslichkeit in allen ionischen Flüssigkeiten konnten wir für Kohlenstoffdioxid, gefolgt von Methan, nachweisen. Stickstoff und Kohlenstoffmonoxid lösen sich in nur sehr geringen Mengen in den untersuchten ionischen Flüssigkeiten. Aus den ermittelten Daten kann für die Physisorption von CO₂, N₂ und CH₄ in ionischen Flüssigkeiten eine lineare Abhängigkeit zwischen der reziproken molaren Masse und der Henry-Konstante, einem Maß für die Gasaufnahme-fähigkeit, abgeleitet werden [2]. Dabei steht eine kleine Henry-Konstante für eine hohe Absorptionsfähigkeit pro Mol ionischer Flüssigkeit. Die Grafik rechts zeigt dieses Modell am Beispiel von CO₂ bei 60 °C.

Daneben konnte eine chemische Wechselwirkung zwischen imidazoliumhaltigen ionischen Flüssigkeiten mit einem basischen Anion und Kohlenstoffdioxid nachgewiesen werden. Dies führt zu deutlich höheren Beladungskapazitäten [3]. Die Basizität des Anions hat dabei einen erheblichen Einfluss auf die Absorptionsfähigkeit. Kleine pK_B-Werte führen tendenziell zu kleinen Henry-Konstanten und gleichzeitig zu hohen Absorptionsraten in den ionischen Flüssigkeiten (bis zu 75 g CO₂ je kg ionische Flüssigkeit). Die CO₂-Aufnahmefähigkeit imidazoliumhaltiger ionischer Flüssigkeiten mit basischem Anion liegt damit in einer ähnlichen Größenordnung



wie bei den derzeit etablierten Aminlösungen für die Gaswäsche. Im Gegensatz zu den Aminen sind ionische Flüssigkeiten durch ihren geringen Dampfdruck aber nicht flüchtig.

Ausblick

Die Ergebnisse zeigen das große Potenzial ionischer Flüssigkeiten für die Gasaufbereitung durch die selektive Aufnahme von CO₂. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, ionische Flüssigkeiten über Kapillarkräfte in porösen Trägerstrukturen zu immobilisieren und anschließend als flüssige Membran zu verwenden (Bild 1), die aufgrund des geringen Dampfdrucks der ionischen Flüssigkeiten langfristig stabil bleiben.



Dr. Thomas Schiestel

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

Literatur

- [1] Camper, D.; Scovazzo, P.; Koval, C.; Noble, R. (2004) Gas solubilities in room-temperature ionic liquids, *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 43: 3049-3054
- [2] Blath, J.; Christ, M.; Deubler, N.; Hirth, T.; Schiestel, T. (2011) Gas solubilities in room temperature ionic liquids – correlation between RTIL-molar mass and Henry's law constant. *Chemical Engineering Journal* 172: 167-176
- [3] Blath, J.; Deubler, N.; Hirth, T.; Schiestel, T. (2012) Chemisorption of carbon dioxide in imidazolium based ionic liquids with carboxylic anions. *Chemical Engineering Journal* 181-182: 152-158

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »IL-E-CHEM« im Rahmen des Programms Marktorientierte Strategische Vorlaufforschung (MAVO).

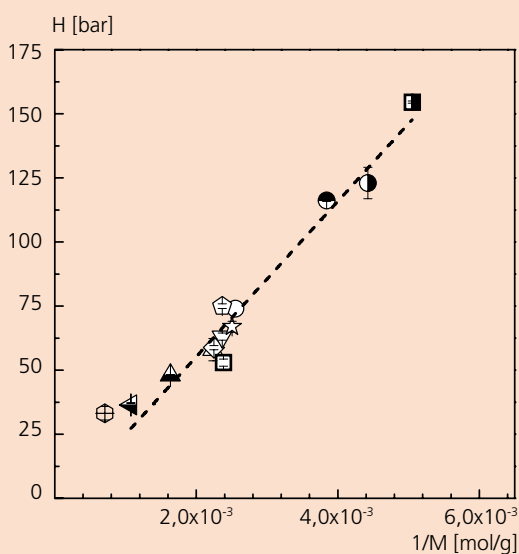
Projektpartner

Fraunhofer ICT, Pfinztal | Fraunhofer IFAM, Bremen

Weitere Informationen

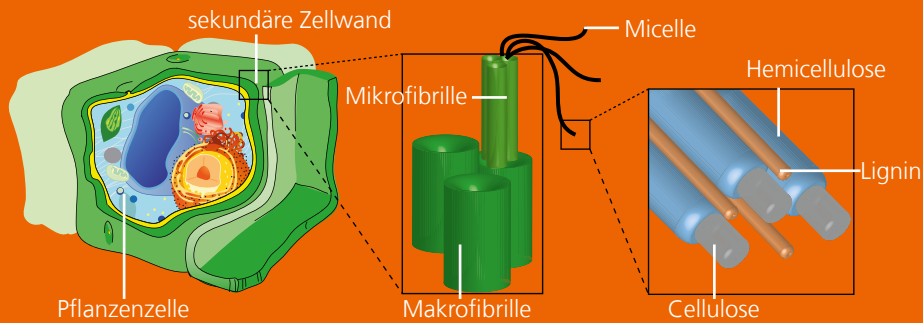
www.il-echem.fraunhofer.de

Henry-Konstante von CO₂ in verschiedenen ionischen Flüssigkeiten aufgetragen über die reziproke molare Masse – es ergibt sich eine lineare Abhängigkeit [2].



- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| ○ EMIM NTf ₂ | ▽ MP-Piperid. NTf ₂ | ■ BMIM BF ₄ |
| □ EMIM NTf ₂ | ☆ S ₂₂₂ NTf ₂ | ● EMIM CF ₃ SO ₃ |
| △ HMIM NTf ₂ | ◇ BM-Pyrrolid. NTf ₂ | ▲ HMIM FAP |
| ◇ H-Pyrid. NTf ₂ | ● EMIM BF ₄ | ◀ P _{666 14} FAP |
| ⊕ EM-Pyrid. PFBS | | |

1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme poröser Aluminiumoxidstrukturen mit ionischen Flüssigkeiten als flüssige Membran.



1



2

CELLULASEN UND XYLANASEN ZUR VERZUCKERUNG VON LIGNOCELLULOSE IN IONISCHEN FLÜSSIGKEITEN

Björn Vater B. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Nadine Staiger M. Sc., Dipl.-Biol. (t.o) Dipl.-Ing. (FH) Susanne Zibek

Lignocellulose – Der Baustoff der Natur

Lignocellulose ist einer der wichtigsten nachwachsenden Rohstoffe für eine biobasierte Wirtschaft. Sie besteht im Wesentlichen aus Cellulose, Hemicellulose und Lignin. Durch ihren Aufbau schützt sie die Pflanze gegen den Abbau durch Mikroorganismen oder Enzyme. Die Zucker der Lignocellulose sind infolgedessen schlechter zugänglich als die aus Stärke von beispielsweise Kartoffeln, Mais oder Getreide. Cellulose, die den Hauptteil der Lignocellulose stellt, besteht aus β -1,4-glykosidisch verknüpften Glukosemolekülen. Das zweite Zuckerpolymer ist Hemicellulose, ein im Gegensatz zur Cellulose heterogenes, verzweigtes Polymer. Hemicellulose besteht aus verschiedenen C6- und C5-Zuckern (z. B. Xylose); die Zusammensetzung variiert von Pflanze zu Pflanze. Lignin selbst ist ein stark quervernetztes phenolhaltiges Polymer, in dem die Phenylpropaneinheiten zufällig zusammengesetzt sind [2, 3].

Aufschluss von Lignocellulose

Für die Biokonversion von Lignocellulose zu hochwertigen Produkten muss diese zuerst aufgebrochen und in einem weiteren Schritt die Zuckerpolymere in ihre Moleküle (C6- und C5-Zucker) gespalten werden. Die Zucker können dann für die Fermentation oder die chemische Konversion eingesetzt werden. Der notwendige erste Schritt ist das sogenannte *Pretreatment*. Die hierbei eingesetzten Methoden zielen darauf ab, den Lignocellulose-Verbund aufzubrechen und die Cellulose für eine enzymatische Hydrolyse zugänglich zu machen. Beschrieben sind unterschiedliche Methoden wie Steam-Explosion oder Organosolv-Verfahren. Ihr Vorteil ist ein relativ schneller Aufschluss. Sie benötigen jedoch größere Mengen Energie und

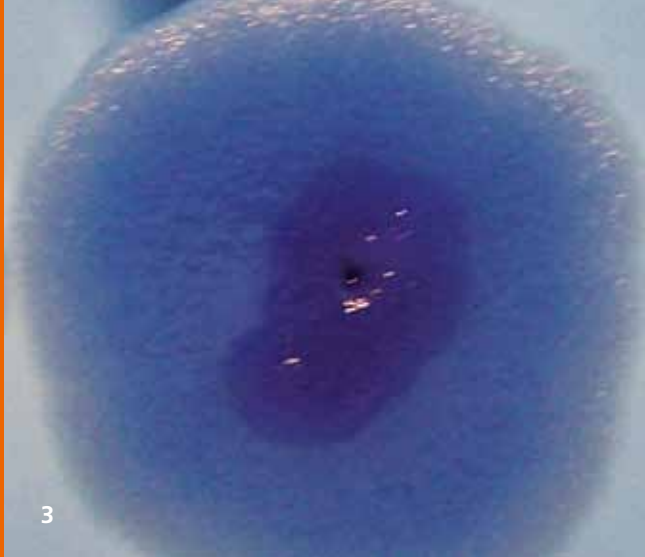
oft entstehen Nebenprodukte, beispielsweise Furfural oder Hydroxymethylfural. Diese beeinträchtigen häufig die anschließende Fermentation und verursachen so Verluste bei der Ausbeute. Eine alternative Möglichkeit, Lignocellulose ohne die Bildung von Nebenprodukten aufzuschließen, könnte der Einsatz ionischer Flüssigkeiten als Lösemittel sein, die Lignocellulose schon bei moderaten Temperaturen zu lösen vermögen [4].

Eigenschaften ionischer Flüssigkeiten

Ionische Flüssigkeiten sind Salze, deren Schmelzpunkt unterhalb von 100 °C liegt. Aufgrund beträchtlicher Ionengrößen und einer geringen Symmetrie des Kations kommt es zu einer Reduktion der Kristallgitterenergie, die Salze sind somit unter 100 °C flüssig [5]. Ionische Flüssigkeiten werden auch *Designer Solvents* genannt, da man ihre Eigenschaften variabel über unterschiedliche Anionen/Kationen-Paare einstellen kann [5, 6]. So sind z. B. Schmelzpunkt, Viskosität, Dichte und Hydrophobizität einstellbar, indem die Struktur der Ionen verändert wird [5]. Des Weiteren sind sie nicht entflammbar, chemisch sowie thermisch stabil, und sie erlauben Enzymstabilitäten ähnlicher in apolaren organischen Lösemitteln. Sie gehören zu den sogenannten *Green Solvents*, da durch die Wahl der richtigen Ionenpaare hohe Produktausbeuten erzielt und gleichzeitig die Abfallmenge reduziert werden können. Zudem können ionische Flüssigkeiten recycelt werden, was zu einer Reduzierung der Kosten für den Prozess führt [5, 6].

Robuste Cellulasen und Xylanasen

Die Umsetzung von Lignocellulose in ionischen Flüssigkeiten kann auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen. Zum einen kann Lignocellulose in der ionischen Flüssigkeit gelöst und



anschließend mit Antisolvent wieder gefällt werden. Das Präzipitat wird dann ex situ mittels Enzymen hydrolysiert. Bei der In-situ-Variante wird Lignocellulose in der ionischen Flüssigkeit gelöst und gleichzeitig mit Enzymen hydrolysiert. Für beide Fälle werden Enzyme benötigt, die gegenüber ionischen Flüssigkeiten tolerant sind. Aufgrund der hohen Salzkonzentration werden Enzyme in der Regel reversibel denaturiert. Daher haben wir 14 kommerzielle Enzyme (Cellulasen und Xylanasen) auf ihre Aktivität in fünf unterschiedlichen ionischen Flüssigkeiten unterschiedlicher Konzentrationen (0–100 Prozent) untersucht. Dabei haben wir sechs Xylanasen und drei Cellulasen ermittelt, die eine erhöhte Toleranz gegenüber einer 40-prozentigen ionischen Flüssigkeit aufzeigten. Die Stabilität der Xylanasen war höher als die der Cellulasen.

Neue cellulolytische und xylanolytische Enzyme aus halophilen Mikroorganismen

Um stabile Enzyme zu finden, die Aktivitäten in noch höher konzentrierten ionischen Flüssigkeiten zeigen, suchen wir nach neuen cellulolytischen und xylanolytischen Enzymen aus halophilen Mikroorganismen. Diese leben in stark salzhaltigen Umgebungen mit Salzkonzentrationen von bis zu 30 Prozent. Für das Screening wurden die halophilen Bakterien im Labor kultiviert (Bild 2). Xylanaseaktivitäten konnten wir in der ionischen Flüssigkeit [Emim][Ac] (1-Ethyl-3-methylimidazolium Acetat) detektieren. Genombanken mit der DNA dieser aktiven Stämme werden nun, durch die Verwendung spezifischer Agarplattenassays im Hochdurchsatz, auf enzymatische Aktivitäten durchmustert (Bild 3). Enzyme, welche die gewünschten Eigenschaften aufweisen, wollen wir dann rekombinant herstellen und für biotechnische Prozesse nutzen.

- 1 Schematischer Aufbau von Lignocellulose in der sekundären Zellwand von Pflanzen.
- 2 Kultur eines halophilen Mikroorganismus.
- 3 Agarplattenassay zur Detektion cellulolytischer Aktivitäten durch Hofbildung.
- 4 Ionische Flüssigkeiten als neue Lösemittel für Lignocellulose.



Susanne Zibek

Dipl.-Biol. (t.o) Dipl.-Ing. (FH)
Telefon +49 711 970-4167
susanne.zibek@igb.fraunhofer.de



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

Literatur

- [1] Dadi, A. P. et al. (2007) Applied Biochemistry and Biotechnology 136–140: 407-421
- [2] Jørgensen, H. et al. (2007) Biofuels, Bioproducts and Biorefining 1: 119-134
- [3] Fu, D. et al. (2010) Journal of Agricultural and Food Chemistry 58: 2915-2922
- [4] Engel, P. et al. (2010) Green Chemistry 12: 1959-1966
- [5] Earle, M. J.; Seddon, K. R. (2000) Pure Appl. Chem. 72: 1391-1398
- [6] Weingärtner, H. (2008) Angewandte Chemie 120: 664-682

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »ProLignocel – Neue nachhaltige Prozesse zur ganzheitlichen Verwertung und Materialentwicklung aus Lignocellulose« im Rahmen des Programms Marktorientierte Strategische Vorlaufforschung (MAVO).

Projektpartner

Fraunhofer IAP, Golm | Fraunhofer ISI, Karlsruhe | Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen | Fraunhofer WKL, Braunschweig

BARRIEREWIRKUNG UND VERBESSERTE RESTENTLEERBARKEIT VON KUNSTSTOFFBEHÄLTERN

Dr. rer. nat. Jakob Barz

Faktor Ressourceneffizienz

In vielen technischen Bereichen spielt die Ressourcen- und Energieeffizienz eine zunehmend wichtige Rolle. Die Optimierung der Ressourcennutzung und des Energiebedarfs hat große Auswirkungen auf Produktionsverfahren, die neben dem bisherigen Faktor Kosteneffizienz verstärkt Umweltaspekte berücksichtigen müssen. Ein Beispiel hierfür ist der Ersatz von Glas durch Kunststoffe, der aus zweierlei Gründen angestrebt wird. Zum einen sind Kunststoffverpackungen leichter und tragen somit beim Transport zur Kraftstoffeinsparung bei. Zum anderen sind diese Verpackungen bruchsicher. Von Nachteil ist jedoch die schlechte Barrierewirkung. Diese lässt sich durch eine Beschichtung der Kunststoffoberfläche mittels Plasmatechnik als ressourceneffizientes Verfahren erhöhen.

Verbesserte Eigenschaften durch Plasmabeschichtung

Um die Eigenschaften von Kunststoffbehältern zu optimieren, kommen Beschichtungsverfahren sowie Koextrusionsverfahren in Frage. Bei den Beschichtungsverfahren ist die Plasmatechnik besonders vielversprechend und darüber hinaus umweltschonend: Mit dieser Technologie lässt sich durch Variation der Beschichtungsparameter eine große Bandbreite von Oberflächeneigenschaften gezielt einstellen. So können beispielsweise die Permeation von Substanzen reduziert und die Benetzbarkeit einer Oberfläche angepasst werden. Plasmaprozesse benötigen nur eine minimale Menge von Beschichtungssubstanzen, da diese im Plasma hocheffizient zu einer Beschichtung umgesetzt werden. Am Fraunhofer IGB wurden für unterschiedliche Materialien und Anwendungen Beschichtungen entwickelt,

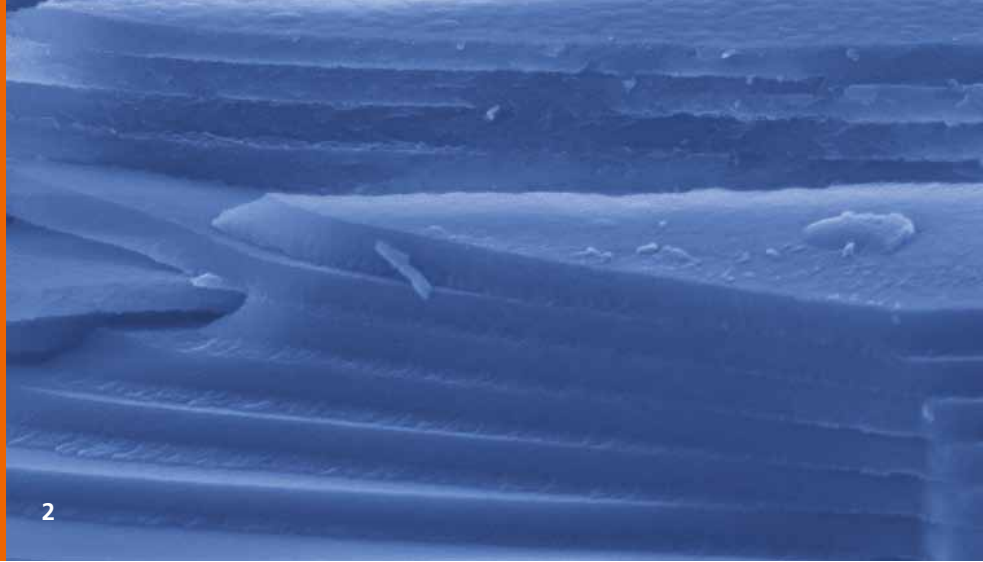
die sich durch sehr gute Barrierewirkung gegen Gase und Flüssigkeiten auszeichnen und zugleich optimierte Eigenschaften bezüglich des Ablaufverhaltens besitzen.

Plasmabeschichtung

Bei den Plasmaverfahren zur Herstellung funktionaler Beschichtungen (Plasmapolymerisation) werden die entsprechenden niedermolekularen Ausgangsverbindungen zunächst durch den Energieeintrag im Plasma teilweise fragmentiert. Diese Fragmente (Radikale) reagieren anschließend mit der Oberfläche des zu behandelnden Materials und bilden dort eine stabil angebundene Schicht. Gegenüber nasschemischen Verfahren bietet die Plasmatechnologie den Vorteil, die Beschichtungsschritte in direkter Abfolge, also ohne Zwischenschritte zur Trocknung oder zusätzliche Waschschriffe, durchführen zu können. Beschichtungen, wie sie für Barrierebeschichtungen und zur verbesserten Restentleerbarkeit eingesetzt werden, sind beispielsweise fluorkohlenstoffbasiert [1], methylbasiert [2] oder hochdichte glasartige Diffusionsbarrieren [3] sowie angepasste Mehrlagensysteme.

Effektive Barriere gegen Wasserdampf und Sauerstoff

Am Fraunhofer IGB wurden Barrierschichten hergestellt, die die Barrierewirkung des Kunststoffes Polyethylenterephthalat (PET) gegen Wasserdampf und Sauerstoff um mehr als den Faktor 1000 gegenüber dem unbehandelten Material erhöhen. Vergleicht man die Beschichtung mit einer handelsüblichen Beschichtung auf Basis von Ethylen-Vinylalkohol-Kopolymer (EVOH), so wird Sauerstoff fünfmal besser, Wasserdampf sogar 50-mal besser zurückgehalten.



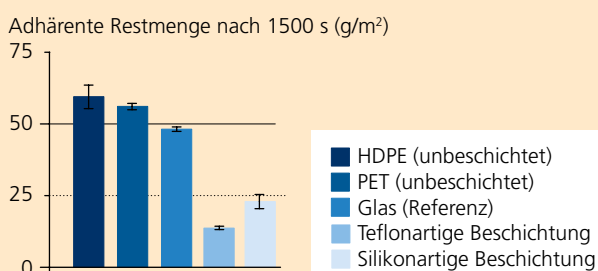
Verbessertes Ablaufverhalten

Wird durch einen direkt nachfolgenden Prozessschritt eine weitere Schicht aufgebracht, so kann die Oberfläche an weitere Anforderungen wie chemische Eigenschaften oder Benetzbarkeit angepasst werden. Verwendet man hier beispielsweise öl- und wasserabweisende Fluorkohlenstoffbeschichtungen, so erhält man eine teflonartige Oberfläche. Von dieser laufen nicht nur labortypische Testmedien wie Wasser und Öle, sondern auch industrietypische Füllgüter wie Leime, Lacke und Farben besser ab. So konnten wir zum Beispiel die Restentleerbarkeit von ausgerüsteten HDPE-Kanistern für ölhaltige Füllgüter gegenüber unbeschichteten Kanistern um zehn Prozent verbessern (siehe Grafik). Die multifunktionalen Beschichtungen wurden bereits erfolgreich auf verschiedene Flachmaterialien, aber auch auf Formkörper wie Kanister und Tanks appliziert.

Ausblick

Die Beschichtungen sind für viele Anwendungen geeignet, beispielsweise für Behälter zur Verpackung und Lagerung sowie für Displays oder auch für Sichtfenster in Feuchträumen. Die Erzeugung von multifunktionalen Schichten oder Schichtsystemen über Plasmatechnik ist besonders attraktiv, da sich mit nur einem Prozess unterschiedlichste chemische und physikalische Materialeigenschaften gezielt herstellen und an das gewünschte Eigenschaftsprofil anpassen lassen.

Ablaufverhalten eines Testöls von unbeschichteten und plasmabeschichteten Polymeroberflächen.



Dr. Jakob Barz

Telefon +49 711 970-4114
jakob.barz@igb.fraunhofer.de



Dr. Christian Oehr

Telefon +49 711 970-4137
christian.oehr@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Barz, J. et al. (2005) Ultrathin carbon-fluorine film processing, Surface and Coating Technology 200 (1-4), 453 ff
- [2] Jacoby, B. et al. (2006) Abscheidung, Charakterisierung und Anwendung von Plasma-Polymerschichten auf HMDSO-Basis, Vakuum in Forschung und Praxis 18 (4), 12 ff
- [3] Baier, M. (2009) Ultrabarriereschichten, In: Suchentrunk, R.: Jahrbuch Oberflächentechnik, Bd. 65, Leuze Verlag Bad Saulgau, 109 ff, ISBN 978-3-87480-253-6

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »INNOFUNK: Innovative funktionale Innenbeschichtung von Chemikalienbehältern mittels Plasmaverfahren«, Förderkennzeichen 033R045A.

- 1 In einem speziellen Plasmareaktor wird das reaktive Plasmagas direkt im Kanister erzeugt und so die Innenwand des Kanisters beschichtet.
- 2 Mehrlagige Schicht als Barriere gegen Sauerstoff und Wasserdampf.

GEZIELTE MODIFIKATION VON LIPIDEN DURCH INTEGRIERTE EMULGIERUNG UND ENZYMREAKTIONEN

Dr. rer. nat. Hans Weber

Herstellung von Synthesebausteinen aus nachwachsenden Rohstoffen

Angesichts der Endlichkeit unserer fossilen Ressourcen und eines steigenden Ressourcenbedarfs kommt der Nutzung nachwachsender Rohstoffe bereits heute große Bedeutung zu. Um ihren Einsatz zu steigern, entwickeln wir am Fraunhofer IGB gemeinsam mit unseren Projektpartnern in dem vom BMELV geförderten Verbundvorhaben »Integrierte Bioproduktion« einen neuartigen chemisch-biotechnologischen Produktionsprozess für die Herstellung von Synthesebausteinen aus nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel von Pflanzenölen. Hierbei fokussieren wir uns auf heimische pflanzliche Öle, die wie das Senföl nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln stehen, um biobasierte Schmierstoffe und Schmierstoffkomponenten, also Grundöle und Additive aus den Substanzklassen der Polyester (NPG-, TMP-, PE-Ester) oder der Estolide herzustellen.

Einsatz von Enzymen

Mit Biokatalysatoren sind chemo-, regio- und stereoselektive Modifikationen von Ölen, Mono- oder Diglyceriden und Fettsäuren unter milden Reaktionsbedingungen möglich. Am Fraunhofer IGB werden Lipasen für biotechnologische Konversionen von Triglyceriden genutzt. Lipasen katalysieren neben den Hydrolyse- und Umesterungsreaktionen an der Estergruppe auch Epoxylierungsreaktionen an Doppelbindungen. Einige Lipasen zeigen ausgeprägte Fettsäureselektivitäten und katalysieren unter kinetischer Kontrolle Hydrolyse- oder Umesterungsreaktionen in Abhängigkeit von der Kettenlänge oder anderen sterischen Eigenschaften wie Position und Anzahl

von Doppelbindungen mit unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten. Werden solche Lipasen bei enzymatischen Umesterungsreaktionen eingesetzt, lassen sich langkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren (long chain poly-unsaturated fatty acids, LCPUFAs) gezielt anreichern und hierüber die Produkteigenschaften und Schmelzpunkte von Triglyceriden beeinflussen.

Analytik

Für die Charakterisierung der Inhaltsstoffe, Prüfung der technischen Eignung der Rohstoffe und Untersuchung der resultierenden Synthesebausteine und Produkte wurden Verfahren zur Bestimmung der Jodzahl, der Peroxidzahl, der Säurezahl, die Fettsäureanalyse mittels Gaschromatographie (GC) und die Flüssigkeitschromatographie (LC und DC) zur Trennung der Tri-, Di- und Monoglyceride sowie der freien Fettsäuren etabliert und validiert. Für die externe Qualitätskontrolle der Verfahren haben wir an Ringversuchen teilgenommen, die vom Fraunhofer ICT organisiert wurden.

Prozessintegrierte Emulsionsherstellung ohne Emulgatoren

Damit ein Lipid enzymatisch oder chemisch umgesetzt werden kann, muss es zunächst in einer wässrigen Lösung emulgiert werden. Für eine prozessintegrierte Herstellung von O/W- und W/O-Emulsionen konnten wir zwei verschiedene Verfahren etablieren: Eines ist ein zweistufiges Verfahren mit mechanischer Voremulgierung und Feinemulgierung mittels Hochdruckhomogenisatoren oder Ultraschallbehandlung.



Das zweite ist ein einstufiges Membranverfahren mit keramischen Rohrmodulen, die für die Herstellung von W/O-Emulsionen oberflächlich modifiziert werden. In Untersuchungen zur Stabilität der Emulsionen und Verteilung der Tröpfchen konnten wir zeigen, dass mit beiden Prozessvarianten über mehrere Stunden stabile Emulsionen hergestellt werden, die für enzymatische und chemische Umsetzungen geeignet sind. Die Membranvariante zeichnet sich dabei durch kleinere Tröpfchengrößen und eine engere Größenverteilung aus.

Für den prozessintegrierten Betrieb ist bei beiden Varianten der Zusatz von Emulgatoren entbehrlich. Die in der bisherigen Projektlaufzeit hergestellten Emulsionen wurden ohne Zusatz von Stabilisatoren oder Emulgatoren hergestellt.

Untersuchung von Lipasen auf Fettsäureselektivität

Eine Fettsäureselektivität von Lipasen ist ein wertvolles Werkzeug zur gezielten Anreicherung und Herstellung von Fettsäuren, Mono- und Diglyceriden. Für die Untersuchung von Lipasen auf Fettsäureselektivität wurde eine Methode ausgearbeitet, bei der eine Gruppentrennung der Hydrolyseprodukte in Triglyceride, Diglyceride, Monoglyceride und freie Fettsäuren mittels Flüssigkeitschromatographie mit einer quantitativen gaschromatographischen Fettsäureanalyse gekoppelt wurde. Untersucht wurden Lipasen des Projektpartners EUCODIS mit Senföl, das sich durch eine breite Verteilung der Fettsäuren bis C24 auszeichnet. Es zeigte sich eine Diskriminierung langkettiger, polyungesättigter Fettsäuren, so dass die Lipasen zur Anreicherung von Mono- und Diglyceriden mit LCPUFAs eingesetzt werden können. Damit werden Ersatzprodukte aus preisgünstigen Pflanzenölen zugänglich, die im Schmelzverhalten der Kakaobutter entsprechen.



Dr. Hans Weber

Telefon +49 711 970-4245
hans.weber@igb.fraunhofer.de



**Dipl.-Biol. (t.o) Dipl.-Ing. (FH)
Susanne Zibek**

Telefon +49 711 970-4167
susanne.zibek@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), repräsentiert durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), für die Förderung des Verbundprojekts »Integrierte Bioproduktion«, Förderkennzeichen 22027407.

Projektpartner

Addinol Lube Oil GmbH, Leuna | DHW Deutsche Hydrierwerke GmbH Rodleben, Dessau-Roßlau | Dracosa AG, Bitterfeld-Wolfen | EUCODIS Bioscience GmbH, Wien | Fraunhofer ICT, Pfinztal | InfraLeuna GmbH, Leuna | Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg | Taminco Germany GmbH, Leuna | Umicore AG & Co. KG, Hanau-Wolfgang | Karlsruher Institut für Technologie (KIT) | Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Stuttgart

- 1 *W/O-Emulsion aus Senföl, Emulgierung erfolgte mechanisch.*
- 2 *O/W-Emulsion aus Senföl, Membranemulgierung.*
- 3 *Trennung von Mono-, Di- und Triglyceriden sowie Fettsäuren mittels Dünnschichtchromatographie.*



UMWELT

Dipl.-Ing. Siegfried Egener

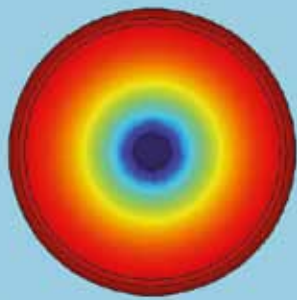
Vor dem Hintergrund der weltweiten Diskussion über den Treibhauseffekt und die Ressourcenverknappung kommt dem ressourcenschonenden Wirtschaften und dem Umweltschutz eine immer größere Bedeutung zu. Ressourcenschonendes Wirtschaften und Umweltschutz sind interdisziplinäre Aufgaben und erfordern einen hohen Aufwand an Forschung und Entwicklung. In diesem Sinne steht das Geschäftsfeld Umwelt am Fraunhofer IGB für verschiedene Technologieentwicklungen, die dazu beitragen, technologischen Fortschritt zu ermöglichen und dabei Umweltprobleme zu vermeiden – insbesondere, indem wir ökologische und wirtschaftliche Nachhaltigkeit miteinander verbinden. Aufgaben und Lösungsansätze im Geschäftsfeld Umwelt sind in vielen Fällen auch stark mit Themen der Geschäftsfelder Energie und Chemie verknüpft.

In verschiedenen europäischen und nationalen Verbundprojekten mit Partnern aus Forschung und Industrie entwickeln wir am Fraunhofer IGB Verfahren und Systemkomponenten, die helfen, Ressourcen wie Wasser und Energie sowie das Klima zu schonen, Materialien zu recyceln und erneuerbare Rohstoffe zu nutzen. Beispielhafte Aktivitäten hierzu sind die Fortentwicklung des innovativen Infrastrukturkonzepts DEUS 21 für eine dezentrale Bewirtschaftung von Energie und Wasser auch in der urbanen Sanierung und Forschungsprojekte, um die Emission von partikulären und gelösten, persistenten und endokrinen Spurenstoffen zu vermeiden.

Ansätze, den Bedarf von endlichen Rohstoffen zu minimieren, sind die Substitution chemischer Lösemittel durch trockene physikalische Prozesse, beispielsweise in der industriellen Bauteilreinigung, die Verlängerung der Standzeiten von Kühlschmierstoff-Emulsionen, die Rückgewinnung von Inhaltsstoffen aus Prozesswässern der Agroindustrie als hochwertige Dünger oder die regenerative Erzeugung von Algenbiomasse für die stoffliche und energetische Nutzung.

Typischerweise gehört zu den bearbeiteten Forschungsprojekten auch der Nachweis der Nachhaltigkeit der entwickelten Produkte und Prozesse. Dies umfasst die systematische Analyse aller Umweltauswirkungen eines Produkts während seines Lebensweges – von der Produktion über die Nutzung bis zur Entsorgung – in einer ganzheitlichen Betrachtung, welche Aspekte sowohl der Ökonomie als auch der Ökologie berücksichtigt. Diese als *Life Cycle Assessment (LCA)* bekannte Analyse erstellen wir in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern.

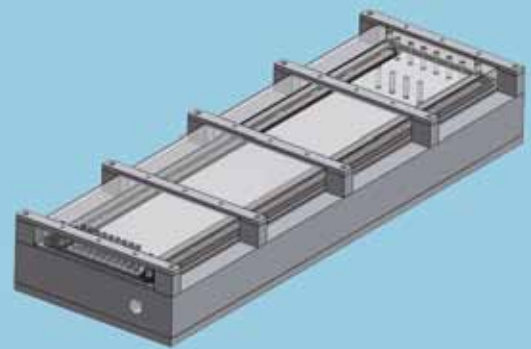
Umfassende, komplexe Projekte im Geschäftsfeld Umwelt werden durch interdisziplinäre Teams aus Natur- und Ingenieurwissenschaften bearbeitet. Zur Einbindung weiterer Fachkompetenzen und Projektkooperationen ist das Fraunhofer IGB in den Fraunhofer-Allianzen für Reinigungstechnik und SysWasser sowie in der nationalen Technologieplattform SusChem Deutschland engagiert und auch international, insbesondere innerhalb Europas, hervorragend vernetzt.



1



2



ANWENDUNG ELEKTRISCHER FELDER IN DER VERFAHRENSTECHNIK ZUR EFFIZIENTEN STOFFTRENNUNG

Alexander Karos M. Sc.

In zahlreichen verfahrenstechnischen Prozessen wie dem Downstream Processing nach biologischen Prozessstufen, Stoffumwandlungsprozessen in der Rohstoffgewinnung sowie in der Umwelttechnik muss eine Vielzahl einzelner Verfahrensschritte ausgeführt werden, um Produkte in gewünschter Konzentration, Reinheit oder Aktivität zu gewinnen. Um die Effizienz der Prozesskette zu steigern, müssen die einzelnen Unit Operations intensiviert, optimiert und mit weiteren Funktionalitäten ausgestattet werden. Hierfür werden Verfahren entwickelt, die mehr als einen spezifischen Stoffparameter nutzen, beispielsweise das Molekulargewicht und die Ladung.

Elektrische Felder als verfahrenstechnisches Instrument für die Stofftrennung

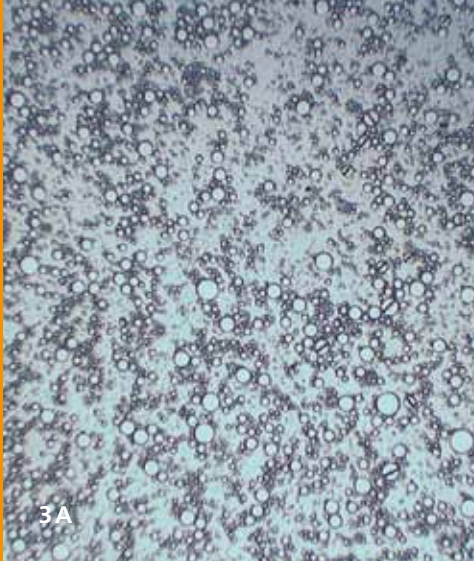
Das Fraunhofer IGB arbeitet an Prozessen, bei denen elektrische Felder mit unterschiedlichen Eigenschaften wie Form, Stärke und Dichte angewendet werden und dadurch neue Gestaltungsmöglichkeiten für die Prozessführung eröffnen. So wird durch die Anwendung der elektrischen Felder ein zusätzlicher Freiheitsgrad geschaffen, der Einfluss auf die Kinetik, Selektivität, Prozessausbeute und damit auf die Gesamteffizienz des Stofftrennprozesses hat. Die Verfahren der Elektrokoaleszenz, Elektrophorese, Elektrofiltration sowie die Kristallisation unter dem Einfluss von elektrischen Feldern werden im Rahmen von nationalen und internationalen Förderprojekten erforscht, weiterentwickelt und für neue Anwendungen nutzbar gemacht.

Elektrokoaleszenz – Abtrennung von Wasser aus Emulsionen

Im Rahmen des EU-Projektes SalinityScan wird unter anderem ein Verfahren und das entsprechende Reaktordesign entwickelt, mit dem eine effiziente Abtrennung von Wasser aus Wasser-in-Öl-Emulsionen, wie sie bei der Erdölförderung vorkommen, ermöglicht wird. Das Verfahren basiert auf Dielektrophorese-Effekten in inhomogenen elektrischen Wechselfeldern. Unter Einfluss eines elektrischen Feldes erfolgen eine Polarisierung der dispergierten Teilchen sowie eine Ausbildung und Deformation von elektrischen Doppelschichten auf molekularer Ebene. Die dispergierten Teilchen richten sich entsprechend dem induzierten Dipolmoment innerhalb der Flüssigkeit entlang der Feldlinien aus. Dies bewirkt eine Koaleszenz zu größeren Formationen, die dann mechanisch abgetrennt werden können. Mit einer am Fraunhofer IGB entwickelten Prototypanlage ist es möglich, eine 30-prozentige Wasser-in-Erdöl-Emulsionen mit einem mittleren Tröpfchendurchmesser von 30 μm innerhalb von 2 Stunden nahezu vollständig zu spalten. Eine Schwerkrafttrennung unter selbigen Randbedingungen dauert 144 Stunden und erreicht eine maximale Trennung von 71 Prozent.

Free-Flow-Elektrophorese – Fraktionierung von Metallionen und organischen Molekülen

Ein weiteres Verfahren, das ein großes Potenzial zur selektiven Trennung von Stoffgemischen hat, ist die Elektrophorese. Gerade bei Stoffgemischen, bei denen die Einzelsubstanzen chemisch und physikalisch sehr ähnlich sind, können mit der Elektrophorese gute Trennergebnisse erzielt werden.



Im Rahmen des Fraunhofer-Übermorgenprojekts »Molecular Sorting« arbeitet das Fraunhofer IGB an der Entwicklung eines Free-Flow-Elektrophoreseverfahrens zur Konzentrierung und Fraktionierung von Stoffgemischen für den industriellen Einsatz. Das Haupttrennmerkmal dabei ist das Verhältnis aus Molekülgröße und Moleülladung, wodurch die Wanderungsgeschwindigkeit im elektrischen Feld und damit die selektive Trennung definiert werden. Mithilfe der Free-Flow-Elektrophorese können Lösungen kontinuierlich aufgetrennt und sortenrein einer weiteren Verarbeitung zugeführt werden. Mit der Prototypanlage am Fraunhofer IGB können bei einem Durchsatz von 1 L/h bis zu 19 Fraktionen aus einem Stoffgemisch abgetrennt werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet dieser Technologie ist die Auftrennung von Stoffgemischen biobasierter Polymere im Rahmen von Downstream-Prozessen.

Elektrofiltration

Neben den Prozessen, bei denen elektrische Felder den Hauptwirkmechanismus darstellen, entwickelt das Fraunhofer IGB Verfahren, bei denen elektrische Felder genutzt werden, um bestehende Verfahren zu verbessern und die Produktausbeute zu steigern. Bei der Elektrofiltration wird eine Filtration durch ein elektrisches Feld überlagert. Die geladenen Feststoffpartikel erfahren eine Kraft und können gezielt in ihrer Bewegung beeinflusst werden. Dadurch wird der Aufbau einer Deckschicht auf dem Filter wesentlich reduziert, die Effizienz der Filtration gesteigert. Das Fraunhofer IGB arbeitet an Elektrofiltrationsprozessen für die Prozesswasseraufbereitung sowie die Stoffaufbereitung im Bereich der Biotechnologie.

- 1 *Computersimulation der elektrischen Feldstärke im zylindrischen Koaleszenzreaktor.*
- 2 *Free-Flow-Elektrophorese – Prototypanlage am Fraunhofer IGB.*
- 3 *Trennung einer 30-prozentigen Wasser-in-Erdöl-Emulsion:
A nach 1 min, B nach 10 min und C nach 80 min.*



Alexander Karos M. Sc.
Telefon +49 711 970-3564
alexander.karos@igb.fraunhofer.de

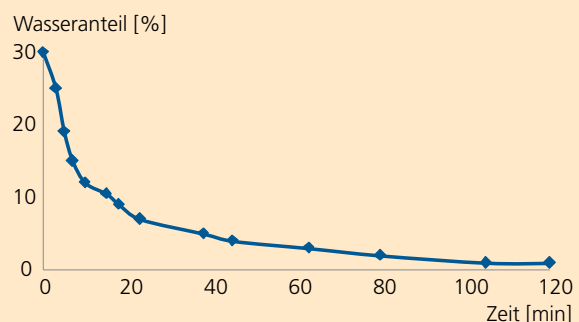


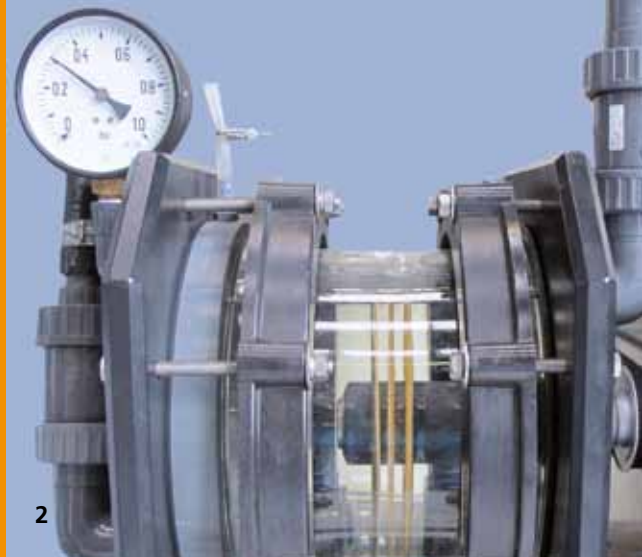
Dipl.-Ing. Siegfried Egner
Telefon +49 711 970-3643
siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »SalinityScan« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 262646, und der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Molecular Sorting« im Forschungsprogramm »Märkte von Übermorgen«.

Zeitlicher Verlauf der Trennung einer 30-prozentigen Wasser-in-Erdöl-Emulsion.





WEITERENTWICKLUNG DES ROTATIONSSCHEIBEN-FILTERS FÜR DIE ANAEROBE ABWASSERREINIGUNG

Dr.-Ing. Marius Mohr

Herausforderung Filtration anaerober Schlämme

Die Mikro- und Ultrafiltration zur Abtrennung von Feststoffen aus Flüssigkeiten ist in der Abwasserreinigung Stand der Technik und bietet aufgrund des keimarmen und feststofffreien Ablaufs große Vorteile. Einen Nachteil dieser Technologie stellen die relativ hohen Kosten sowie der Energieverbrauch dar. Beides hängt auch von dem jeweils erzielbaren Flux, dem spezifischen Durchfluss, ab, der durch das Verblocken der Membran (Fouling) limitiert wird. Dies gilt insbesondere für die Filtration anaerober Schlämme, weshalb der großtechnische Einsatz von Membrananlagen bisher zumeist auf aerobe Systeme beschränkt bleibt. Durch die Weiterentwicklung des Rotationsscheibenfilters (RSF) soll ein Apparat entstehen, mit dem die Reinigung kommunaler und industrieller Abwässer mit dem vom Fraunhofer IGB entwickelten und patentierten Verfahren des anaeroben Membranbioreaktors (AnMBR-Verfahren) wirtschaftlich wird (EP 1 968 900 Anaerobe Reinigung von Abwasser).

Rotationsscheibenfilter im technischen Maßstab eingesetzt

Die bisher verfügbaren RSF waren für den Einsatz im Rahmen der Klärschlammfäulung konstruiert und sind zu diesem Zweck auf mehreren Kläranlagen in Betrieb. Im Rahmen des Forschungsprojekts DEUS 21 (gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung) wurde am Standort Knittlingen eine Anlage zur Reinigung kommunalen Abwassers mit dem AnMBR-Verfahren ohne Temperierung in technischem Maßstab betrieben. An dieser Demonstrationsanlage konnte gezeigt werden, dass die anaerobe Reinigung kommunalen

Abwassers technisch einwandfrei funktioniert [1]. Bei der Filtration wurden im Dauerbetrieb je nach Temperatur Nettoflüsse von 12 bis 14 L/(m²·h) bereits ohne Prozessoptimierung erreicht. Dass sich dieser Prozess auch zur Reinigung industrieller organischer Abwässer (z. B. von Brauereien, Molkereien, bei der Fruchtsaftherstellung usw.) eignet, wurde bereits in Technikumexperimenten gezeigt [2]. Um den RSF in einer Vielzahl von Anwendungen wirtschaftlich einsetzen zu können, müssen jedoch die Betriebskosten und die Investitionskosten reduziert werden.

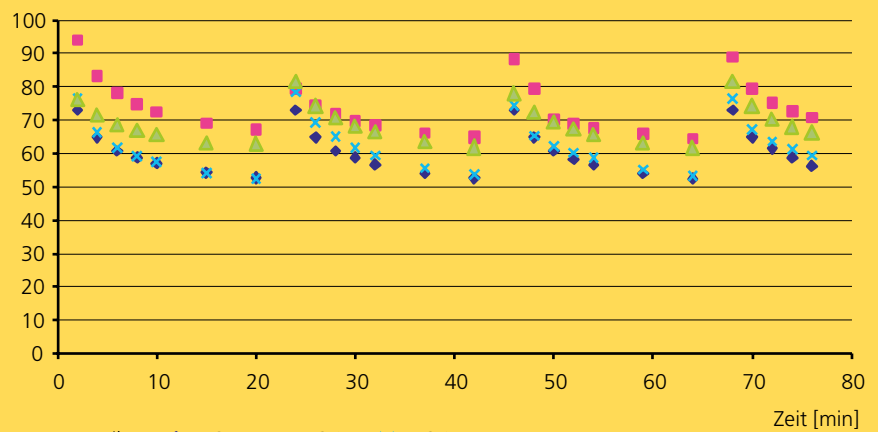
Erhöhte Wirtschaftlichkeit durch senkrechte Welle

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten ZIM-Projekts entwickeln die Firmen Eisenmann AG und Pflüger Präzision GmbH in Kooperation mit dem Fraunhofer IGB einen neuen Typ des RSF. Dabei ist die Welle, auf der sich die Scheiben befinden, nicht mehr waagrecht, sondern senkrecht angeordnet. Dies reduziert den Bedarf an Dichtungen. Zudem lässt sich der Filter dadurch leichter vor Ort demontieren, was die Wartung deutlich vereinfacht. Durch die geringere Zahl an Dichtungen und die Tatsache, dass ein Motor mehrere Wellen antreibt, wird der spezifische Energieverbrauch gesenkt. Auch die spezifischen Investitionskosten sinken, zum einen wegen der reduzierten Anzahl an Dichtungen, zum anderen, weil die Größe der Module, die mit jeweils einem Motor angetrieben werden, gesteigert wurde.

Erfolgreicher Testbetrieb

Ein erster Prototyp mit 18 m² Filterfläche wurde im Sommer 2011 auf der Anlage in Knittlingen über mehrere Monate unter Realbedingungen betrieben (Bild 1). Es wurde ein höherer Flux

Permeabilität [$L/m^2 \cdot h \cdot bar$]



3 ■ Keramik ◆ PES 1 ▲ PES 3 × PES 2

erreicht als mit dem bisher verwendeten Filter. Die Qualität des Filtrats war nach den allerersten Problemen stets einwandfrei, sowohl vom optischen Eindruck her als auch bezüglich der CSB-Konzentrationen, die ein- bis zweimal pro Woche im Filtrat der unterschiedlichen Filtermodule gemessen wurden.

Polymermembranen anstatt Keramik

Um die Investitionskosten weiter zu verringern, wurde der Ersatz der Keramikmembran durch preisgünstigere Polymermembranen aus Polyethersulfon (PES) untersucht. In Technikumsexperimenten haben wir ermittelt, ob sich Scheiben aus PES zur Verwendung im Rotationsscheibenfilter grundsätzlich eignen, ob die Verarbeitung eine zuverlässige Filtration gewährleistet und welche Flüsse mit diesem Material zu erwarten sind. Dazu haben wir an einem Filter im Technikumsmaßstab (Bild 2) nacheinander vier unterschiedliche Scheiben-Sets eingesetzt, um den in der Knittlinger Anlage verwendeten Anaerobschlamm zu filtrieren. Als Referenz wurde die auch in Knittlingen verwendete Keramikmembran genutzt, zudem wurden drei unterschiedliche Membranen aus PES getestet. Die Permeabilitäten bei Verwendung der unterschiedlichen Membranen sind in Bild 3 dargestellt. Die PES-Membranen erreichten hier nur geringfügig niedrigere Werte als die Keramikmembranen. Die Qualität des Filtrats war bei allen PES-Membranen mindestens so gut wie bei der Keramikmembran. Die prinzipielle Eignung dieses Polymers zur Verwendung im RSF wurde damit nachgewiesen.

Ausblick

Im nächsten Schritt soll ein Prototyp mit den PES-Scheiben in der Demonstrationsanlage in Knittlingen im Dauerbetrieb getestet werden. Weiterhin werden Anwendungen des RSF zur Reinigung spezieller industrieller Abwässer untersucht und umgesetzt.



Dr.-Ing. Marius Mohr

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



Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Telefon +49 711 970-4222
ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Mohr, M. (2011) Dissertation, Berichte aus Forschung und Entwicklung Vol. 040, Fraunhofer Verlag, Stuttgart
- [2] Krischke, W. et al. (2008) GWF Wasser Abwasser 149(14): 26-31

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die Förderung des Projekts »Realisierung eines Rotationsscheibenfilters in einem Membranbioreaktor«, Förderkennzeichen KU2727701MK0, im Rahmen des Programms Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM).

Projektpartner

Eisenmann AG, Holzgerlingen | Pflüger Präzision GmbH, Enzweihingen

- 1 *Prototyp des neuen Rotationsscheibenfilters in Knittlingen beim Ausbau einer Welle. © Pflüger Präzision.*
- 2 *Technikumsfilter mit PES-Membranen.*
- 3 *Permeabilitäten verschiedener Membranen bei Technikumsexperimenten mit Anaerobschlamm.*



1



2

PHOSPHORRÜCKGEWINNUNG AUS ABWASSER DURCH ELEKTROCHEMISCHE STRUVIT-FÄLLUNG

Jennifer Bilbao M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Daniel Frank

Ausgangssituation

Der Ausbau der Bioökonomie bei gleichzeitig weltweit steigendem Bedarf an Lebensmitteln führt zu einem steigenden Bedarf an Düngemitteln. Auf der anderen Seite wird das Angebot an Düngemitteln durch begrenzte Phosphorreserven und den hohen Primärenergiebedarf für die Herstellung synthetischer Stickstoffdünger eingeschränkt. Ein Ausweg aus dieser Entwicklung im Sinne der Nachhaltigkeit ist die Kreislaufführung der wesentlichen Nährstoffe Phosphor (P) und Stickstoff (N). Hierzu müssen die Nährstoffe aus den Stoffkreisläufen der Produktion und der Verwertung von Lebensmitteln, der bioenergetischen Verwertung oder der Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen (u. a. zur Bioethanolgewinnung) zurückgewonnen werden. Geeignet für eine Rückgewinnung sind im Produktionsbetrieb anfallende Reststoffe und Abwasser. Um P und N aus einer Flüssigphase (Prozess- oder Abwasser) zurückzugewinnen, bietet sich die Kristallisation von P, N und Magnesium (Mg) als Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat: $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) an [1]. Struvit ist in der Landwirtschaft direkt und hochwertig als langsam Nährstoff-freisetzendes Düngemittel einsetzbar [2] (Bild 1, Bild 2).

Stand der Technik

Da bei der Fällung von Struvit der limitierende Reaktant in der Fällungsreaktion meist Magnesium ist, muss es zugesetzt werden. In etablierten Verfahren wird zu diesem Zweck MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ oder MgO in Flüssigdosierung verwendet [1].

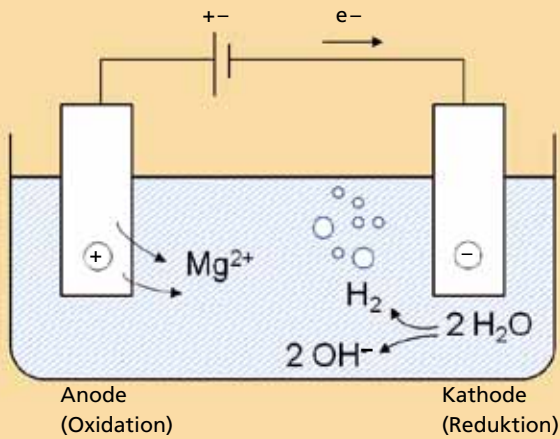
Die Nachteile dieser Verfahrensweise sind:

- Verdünnung des zu behandelnden Wassers, da die jeweiligen Chemikalien als Lösung bzw. Suspension (max. 32 Prozent MgCl_2) zugeführt werden
- Unvollständige Fällung des Produkts, da $\text{Mg}(\text{OH})_2$ und MgO eine sehr geringe Löslichkeit haben
- Überdosierung der Mg-Salze nötig ($\text{Mg:P} = 1,2$ bis $2 : 1$ [3]) und damit verbunden unnötige Chemikalienkosten

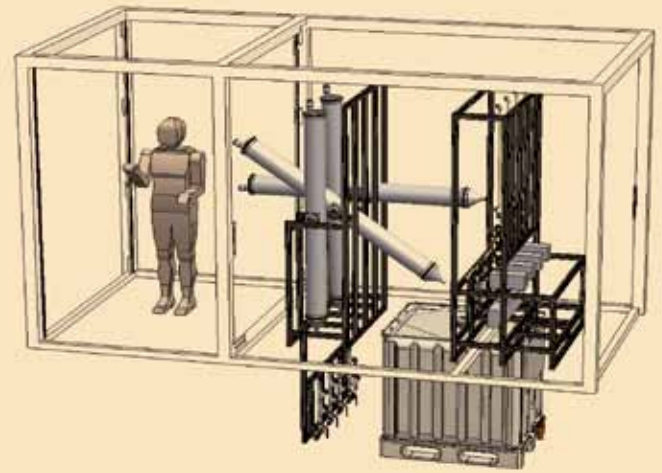
Für eine optimale Struvit-Fällung muss der pH-Wert auf einen Bereich zwischen 8,5 und 9,5 angehoben werden. Nach dem Stand der Technik wird hierzu Lauge (z. B. NaOH) eingesetzt [1]. Dadurch entstehen weitere Kosten für das Verfahren.

Neues elektrochemisches Verfahren

Um diese Nachteile zu überwinden, sollte die Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser mit einem neuartigen elektrochemischen Verfahren realisiert werden. Hierzu wurden Versuche (Batch und kontinuierlich) mit einer Elektrolysezelle durchgeführt, die aus einer inerten Kathode und einer Opferanode aus Magnesium besteht (Bild 3). Durch die kathodische Reduktion findet eine Wasserspaltung statt: OH^- Ionen werden gebildet, während Wasserstoff (H_2) frei wird. Ein Verfahren zur Rückgewinnung des entstehenden Gases wird zurzeit entwickelt. An der Anode findet eine Oxidation statt, Magnesiumionen gehen in Lösung und reagieren mit dem im Wasser enthaltenen P und N zu Struvit, Magnesium ist der limitierende Reaktant. Sowohl im Labor- als auch im Technikumsmaßstab wurden Versuche mit verschiedenen Ionenkonzentrationen (20–500 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$ und 100–1500 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$) durchgeführt. Eine Pilotanlage mit einem Volumenstrom von $1 \text{ m}^3/\text{h}$ Abwasser befindet sich derzeit in der Erprobungsphase (Bild 4).



3



4

Ergebnisse

Langzeitversuche in einer Technikumsanlage zeigten vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Struvit-Gewinnung aus Abwasser. Mithilfe der am Fraunhofer IGB entwickelten Technologie war es möglich, die Phosphorkonzentrationen im Ablauf des Prozessreaktors um 99,7 Prozent auf unter 2 mg/L zu senken. Damit wurde der Grenzwert der Abwasserverordnung (AbwV) für Anlagen bis 100 000 Einwohnergleichwerte (2 mg/L) gesichert unterschritten. Durch die elektrolytische Wasserspaltung in den Fällungsreaktoren stieg der pH-Wert des Abwassers und blieb bei pH 9 konstant. Dies hatte den Vorteil, dass keine Lauge für den Fällungsprozess des Struvits zugeführt werden musste. Ebenfalls von Vorteil war der geringe Energiebedarf, der trotz elektrolytischer Magnesiumzersetzung lediglich 70 Wh/m³ Abwasser betrug. Dieses Verfahren wurde mit kommunalem Abwasser erprobt; es ist aber auch für die Lebensmittelindustrie und die landwirtschaftliche Biogasproduktion geeignet, deren Abwässer reich an Ammonium und Phosphat sind.

Ausblick

Mit der Neuentwicklung konnte gezeigt werden, dass eine elektrolytische Struvit-Fällung möglich ist. Einerseits können somit die gesetzlichen Anforderungen der Abwasserverordnung hinsichtlich der Phosphatelimination vollständig erfüllt werden. Andererseits steht eine einfache, effiziente und flexible Technologie zur Verfügung, um die Aufgabenstellung der Kreislaufführung mit der Erzeugung eines hochwertigen Düngemittels zu erfüllen. Die Demonstrationsanlage wird nach Abschluss der Erprobung an verschiedenen Standorten für unterschiedliche Substrate getestet und mit diesen Erkenntnissen durch das Industriekonsortium zur Serienreife gebracht.

- 1 Gefällte Struvitkristalle, REM-Aufnahme.
- 2 Rückgewonnenes Struvit, direkt als Düngemittel einsetzbar.
- 3 Verfahrensprinzip der elektrochemischen Struvit-Fällung.
- 4 Schematischer Aufbau der Pilotanlage.



Jennifer Bilbao M. Sc.

Telefon +49 711 970-3646
jennifer.bilbao@igb.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Telefon +49 711 970-3643
siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

Literatur

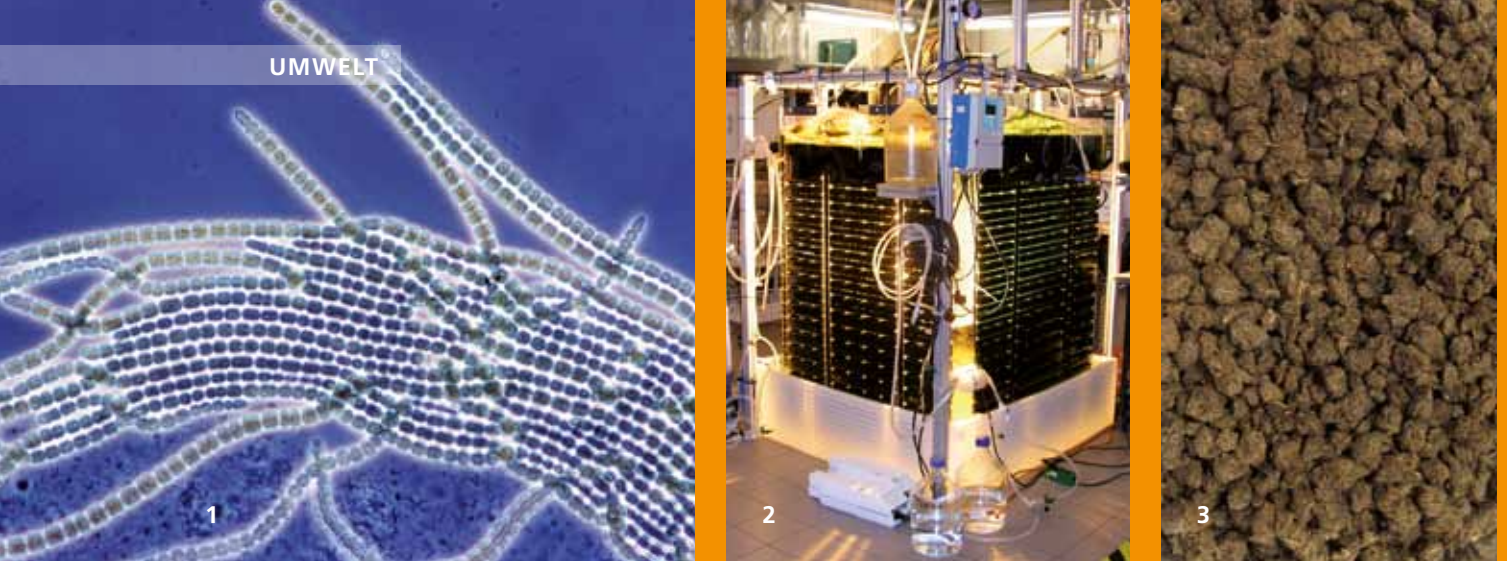
- [1] Le Corre, K. S. (2009) A review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology 39: 433-477
- [2] Weinfurtner, K. (2011) Bewertung von Sekundärphosphaten aus Abwasser, Klärschlamm und Klärschlamm asche hinsichtlich Wirkung auf Bodenparameter und technische Produktqualität. Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Aachen
- [3] Moerman, W. et al. (2009) Water Research 43: 1887-1892

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die Förderung des Projekts »Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Erprobung eines Systems zur effektiven Reinigung von Prozessabwasser durch einen elektrochemischen Fällungsprozess unter Gewinnung eines hochwertigen Düngers (Magnesium-Ammonium-Phosphat)«, Förderkennzeichen KF 2143101 RH8.

Projektpartner

Bamo IER GmbH, Mannheim | EC-Tec GmbH & Co. KG, Kellmünz
E.R.S Steuerungstechnik GmbH & Co. KG, Osterburken | Geltz Umwelttechnologie GmbH, Niefern-Öschelbronn



DÜNGEPELLETS FÜR DEN ÖKOLANDBAU MIT INSEKTEN-REPELLENTAKTIVITÄT

Dr. rer. nat. Ulrike Schmid-Staiger, Dr.-Ing. Maria Soledad Stoll

EU-Projekt EcoBug

Im Ökolandbau dürfen keine chemisch synthetisierten Pestizide oder Dünger verwendet werden. Nach Richtlinien des Ökolandbaus angebaute Kohlsorten oder Raps werden daher recht häufig von Kohlfiegen, einem weit verbreiteten Pflanzenschädling, befallen. Dies führt mitunter zu starken Ernteeinbußen.

Gärreste enthalten wertvolle Pflanzennährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium, die für das Pflanzenwachstum essenziell sind. Zudem gibt es eine Reihe von Cyanobakterien, insbesondere fädige Cyanobakterien aus der Familie der Oscillatoriales, die eine nachgewiesene Repellentaktivität gegen Kohlfiegen besitzen. Indem sie die Eiablage verhindern, wird der Kohl nicht vom Schädling befallen. Idee und Ziel des EcoBug-Projekts war es deshalb, ein neues, kombiniertes Produkt für den Ökolandbau zu entwickeln: Gärreste sollten als Dünger aufgearbeitet und mit Cyanobakterienbiomasse, die als Repellent gegen die Kohlflye wirkt, in Form von Pellets kombiniert werden.

Kultivierung der Cyanobakterien

In den vom Fraunhofer IGB entwickelten Flachplatten-Airlift (FPA)-Reaktoren können auch besonders schereempfindliche Mikroalgen photoautotroph nur mit Licht, CO₂ und mineralischen Nährstoffen kultiviert werden. Im Projekt wurden für verschiedene fädige Cyanobakterien mit nachgewiesener Repellentaktivität gegen Kohlfiegen Prozesse für Repeated Fed-batch als auch für die kontinuierliche Kultur in FPA-Reak-

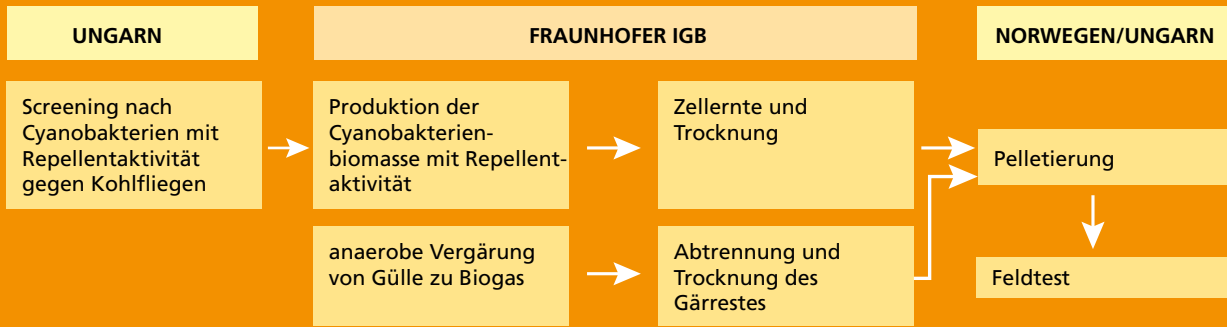
toren entwickelt. Erstmals wurden fädige, schereempfindliche Cyanobakterien in FPA-Reaktoren kultiviert und sowohl die Wachstumsrate als auch die erzielbare Biomassekonzentration optimiert. Hier ist insbesondere die Lichtintensität auf der Reaktoroberfläche im Verhältnis zur Zellkonzentration im Reaktor der wichtigste Kultivierungsparameter.

Vergärung von Rindergülle und Nährstoffrückgewinnung

Die Pellets mit Düngewirkung wurden aus Gärresten der Güllevergärung von ausgewählten Höfen des Ökolandbaus erzeugt werden. Der anaerobe Abbau von Rindergülle zu Biogas wurde in einem zweistufigen Gas-Lift-Reaktor mit 2 x 100 Litern Reaktorvolumen optimiert. Bei nur 14 Tagen hydraulischer Verweilzeit wurde eine Biogasproduktion von rund 300 Litern pro kg organische Trockenmasse erzielt. Die nicht weiter vergärbaren Reste wurden getrocknet und am Fraunhofer IME die Düngewirkung in einem Gefäßversuch mit deutschem Weidelgras untersucht und bestätigt. Weidelgras bietet den Vorteil, dass in einem relativ kurzen Zeitraum von nur drei Monaten drei Ertragschnitte durchgeführt werden können und somit ein hoher Nährstoffentzug durch die Pflanzen erreicht werden kann.

Trocknung und Pelletierung

Durch die Kultivierung der Cyanobakterien in den FPA-Reaktoren konnten wir ausreichend Biomasse zweier ausgewählter Stämme produzieren, diese trocknen und vor der Pelletierung mit den getrockneten Gärresten aus der Güllevergärung vermischen. Die Trocknung der Cyanobakterienbiomasse und der Gärreste zu stabilen Cyanobakterienflocken und Gärresten



4

erfolgte in einem ebenfalls am Fraunhofer IGB entwickelten Trockner mit überhitztem Dampf (SHS-Trockner, superheated steam) bei atmosphärischem Druck (Arbeitstemperatur 120–160 °C, Verweilzeit 20–30 min). Der Einsatz von überhitztem Dampf zur Trocknung bietet hervorragende Möglichkeiten, den Trocknungsprozess im Hinblick auf Trockenzeit, Energieverbrauch und weiteren Parametern wie die Produktqualität zu optimieren.

Kombinierte Dünger-Pflanzenschutz-Pellets in Feldversuchen

Auf diese Weise haben wir kombinierte Dünger-Pflanzenschutz-Pellets mit zwei verschiedenen Cyanobakteriengehalten hergestellt. Die Düngewirkung und die Repellentaktivität der Pellets wurden anschließend in Feldversuchen im Kohlanbau in Ungarn und Spanien überprüft. Unsere Projektpartner in Ungarn und Spanien erzielten beide ein sehr positives Ergebnis: Kohlrabi und Weißkohl, die mit den kombinierten Pellets gedüngt wurden, wuchsen erheblich besser als nicht gedüngte Pflanzen. Bei keiner der im Feldversuch mit den kombinierten Pellets gedüngten Pflanzen wurde ein Befall mit Kohlfiegen festgestellt.

Ausblick

Die positiven Feldversuche im Kohlanbau zur Repellentaktivität und Düngewirkung in Ungarn und Spanien haben gezeigt, dass mit den EcoBug-Pellets ein hervorragend geeignetes Produkt für die bislang unzulängliche Schädlingskontrolle im Ökolandbau zur Verfügung steht. In Zukunft müssen allerdings die Herstellkosten der unterschiedlichen Prozessschritte noch optimiert werden, um die Pellets zu konkurrenzfähigen Preisen anbieten zu können. Das Prinzip Düngepellets ist auch auf andere Gärreste aus der Vergärung landwirtschaftlicher Abfälle übertragbar, um weitere organische Reststoffe als Düngepellets nutzen zu können.



Dr. Ulrike Schmid-Staiger

Telefon +49 711 970-4111
ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de



Jennifer Bilbao M. Sc.

Telefon +49 711 970-3646
jennifer.bilbao@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »Development of an innovative industrial bio-reacting and fermentation process producing an organic insect-repellent-fertilizer for ecological farming« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 218467-2.

Projektpartner

Ökolandbau-Verbände aus Deutschland, Norwegen, Spanien und Litauen | KMUs aus Norwegen, Großbritannien und Deutschland | Forschungsinstitute: Nor-Tek, Oslo, Norwegen (Koordinator) | Westungarische Universität, Mosonmagyaróvár, Ungarn

- 1 *Anabaena spec. MACC 797, ein Cyanobakterium mit Wirkung gegen die Kohlflye.*
- 2 *30-Liter-Flachplatten-Airlift-Reaktor (FPA) für die Cyanobakterien-Kultivierung.*
- 3 *EcoBug-Pellets aus Gärresten der Rindergüllevergärung plus 0,1 Prozent Cyanobakterien.*
- 4 *EcoBug-Prozess-Schema.*



ENERGIE

Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas sind Rückstände von Biomassen, die im Wesentlichen in der erdgeschichtlichen Phase des Karbon eingelagert wurden, nachdem sie in der Vorkarbonphase durch Photosynthese entstanden. Der Nettoenergiegehalt der Erde hat in dieser Phase stetig zugenommen. Erst durch die anthropogen bedingte Nutzung dieser Fossilien und durch die Reduktion der Photosynthesekapazität nimmt heute der Nettoenergiegehalt der Erde wieder stetig ab. Eine Zunahme des atmosphärischen CO₂ ist die Folge, die den Klimawandel nach sich zieht.

Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist deshalb eine der zentralen Herausforderungen für das 21. Jahrhundert. Dieser Herausforderung stellt sich das Fraunhofer IGB in vielfältiger Weise: Wir leisten Beiträge zur Erhöhung der Photosynthesekapazität durch die Entwicklung eines Algenphotobioreaktors, zur Erschließung regenerativer Energiequellen mithilfe hochinnovativer Membrantechnik (Brennstoffzellen, Osmosekraftwerk), zur Verbesserung der Energieeffizienz durch die Erzeugung von Biogas aus organischen Abfällen, Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie und der landwirtschaftlichen Primärproduktion sowie zur Energieeinsparung durch Prozessoptimierungen in Klärtechnik, anaerober Abwasserreinigung und in industriellen Prozessen, beispielsweise der Trocknung von Biomasse und porösen Werkstoffen mit Dampf bei Atmosphärendruck. Darüber hinaus arbeitet das Fraunhofer IGB an Systemen zur stabilen Langzeitspeicherung von Wärmeenergie und zur Veredelung von Biogas für CNG-Fahrzeuge (compressed natural gas).

Auch integrierte Stoffstrom- und Energiekonzepte für Kommunen und Regionen werden in Angriff genommen, um die bisherigen, historisch gewachsenen Lösungen durch Systemansätze mit neuesten Technologien zu ersetzen. Deshalb engagiert sich das Fraunhofer IGB auch in den Fraunhofer-Allianzen Energie, Bau und SysWasser (siehe Seiten 20–21).



FAHRZEUGFLOTTE IN BRASILIEN FÄHRT MIT BIOMETHAN DER KLÄRANLAGE

Dr.-Ing. Werner Sternad, Barbara Waelkens M. Eng.

Großes Potenzial für mobile Biogasnutzung in Brasilien

Die Situation der Abwasserreinigung in Brasilien unterscheidet sich deutlich von der in Deutschland. Zwar ist in den industrialisierten Gebieten wie dem Staat São Paulo (SP) die Mehrzahl der Bevölkerung an ein Abwasserkanalsystem angeschlossen, doch gelangt heute noch ein großer Teil der Abwässer ungereinigt in die Vorfluter. Durch Wachstumsbeschleunigungsgesetze des brasilianischen Staates soll die Klärtechnik in Zukunft verstärkt ausgebaut werden. Zurzeit erfährt das Biogas, welches in brasilianischen Kläranlagen gebildet wird, normalerweise keine systematische Nutzung, sondern wird in offenen Fackeln verbrannt.

Gemäß der IANGV (International Association for Natural Gas Vehicles) besitzt Brasilien weltweit eine der größten Flotten an Erdgasfahrzeugen ebenso wie ein sehr großes Erdgas-tankstellennetz. 2009 lag es mit 1,6 Mio Fahrzeugen auf dem 4. Platz hinter Pakistan, Argentinien und Iran. Bei der Anzahl von Erdgastankstellen belegt es mit 1704 bereits den dritten Platz. Bereits 2003 wurden auf dem brasilianischen Markt sogenannte Flex-Motoren eingeführt, die aktuell 87 Prozent der Neuzulassungen ausmachen und mit Benzin, Methanol, Ethanol sowie beliebigen Mischungen dieser Kraftstoffe betrieben werden können. Durch Anpassung des Tanks dieser Fahrzeuge kann ebenfalls Erdgas als Kraftstoff verwendet werden. Auf dem brasilianischen Markt gibt es bereits werkseitig umgerüstete, als Tetrafuel bezeichnete Fahrzeuge, die mit reinem Benzin, brasilianischem Benzin (mit 20 Prozent Ethanol), mit Ethanol und komprimiertem Erdgas fahren können.

Faulgase der Kläranlage Franca nutzen

Im Rahmen des internationalen Teils der Klimaschutzinitiative unterstützt das BMU ausgewählte Projekte in Partnerländern, die zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen beitragen, so auch das Projekt des Fraunhofer IGB mit dem brasilianischen Wasserversorger und Abwasserentsorger SABESP. Das Ziel des Projekts besteht darin, auf der Kläranlage der Stadt Franca, SP, die von SABESP betrieben wird, die Faulgase zu sammeln, auf die Qualität von Erdgas (Biomethan) aufzureinigen und einer Fahrzeugflotte als Kraftstoff zur Verfügung zu stellen. Biomethan aus Faulgas wird heute als einer der umweltfreundlichsten Kraftstoffe betrachtet. Von besonderem Vorteil ist, dass es eine ausgeglichene CO₂-Bilanz aufweist – bei seiner Verbrennung entsteht praktisch kein neues Treibhausgas.

Vorgehensweise

Zur Verringerung bürokratischer Hürden bei der Projektdurchführung wurde das Projekt im Rahmen des deutsch-brasilianischen Rahmenabkommens über Technische Zusammenarbeit registriert. Die Projektdurchführung gliedert sich in zahlreiche Unterpunkte wie Prozessauswahl, Bestimmung der benötigten Auslegungsdaten, Festlegung des genauen Standorts, Basic und Detail Engineering, Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage, Umrüstung der Fahrzeuge und Ausbildung des Personals.

Ergebnisse

Die Kläranlage der Stadt Franca wird nach dem Belebtschlammverfahren betrieben und arbeitet mit zwei Schlammfäulungen (Bild 1), die im Mittel etwa 2700 m³/d an Faulgas produzieren, das in zwei offenen Fackeln verbrannt wird (Bild 2).



Laut unseren Analysen liegt der Methangehalt etwas über 60 Prozent. Bei einem Methangehalt von 60 Prozent und einem Heizwert von Methan von 10 kWh/m³ kann man damit etwa 1600 l/d an Benzin ersetzen. SABESP wird eine Flotte von etwa 49 Fahrzeugen umrüsten, die mit dem Biomethan betrieben werden. Weitere Fahrzeuge werden von der Stadt Franca erwartet.

Da in der Faulung auch die eisenhaltigen Schlämme des Wasserwerks verwertet werden, ist die Konzentration von H₂S sehr niedrig. Dies erleichtert die Reinigung der Faulgase. Die von uns konzipierte und ausgelegte Anlage zur Reinigung der Faulgase und Verwertung des Biomethans wird derzeit in die bestehende Kläranlage integriert. Dabei wird diese um einen Doppelmembrangasspeicher, eine Druckwechseladsorption in einem Container zur Gasreinigung und Erzeugung des Biomethans sowie eine Biomethantankstelle mit Hochdruckspeicher zur Betankung der umgerüsteten Fahrzeuge ergänzt. Im Sommer 2012 wird die Anlage in Betrieb gehen und dann von der Belegschaft der Kläranlage betrieben. Die Grafik in Bild 3 gibt einen Eindruck davon, wie die Anlage aussehen wird.

Ausblick

Sowohl die Reduzierung der Methanemissionen auf der Kläranlage als auch der Ersatz von fossilen Kraftstoffen durch Biomethan werden die Treibhausgasemissionen verringern. SABESP wird bei erfolgreichem Projektverlauf in Zukunft weitere Kläranlagen mit vergleichbarer Technik ausstatten. Zudem erwarten wir, dass dieses Projekt einen Leuchtturmeffekt in Brasilien haben wird, so dass auch andere Betreiber von Kläranlagen oder Deponien und weitere Kommunen einen ähnlichen nachhaltigen Weg zur Nutzung von Biomethan als Kraftstoff einschlagen werden.



Dr.-Ing. Werner Sternad

Telefon +49 711 970-4110
werner.sternad@igb.fraunhofer.de



Barbara Waelkens M. Eng.

Telefon +55 21 9998 9814
barbara.waelkens@igb.fraunhofer.de

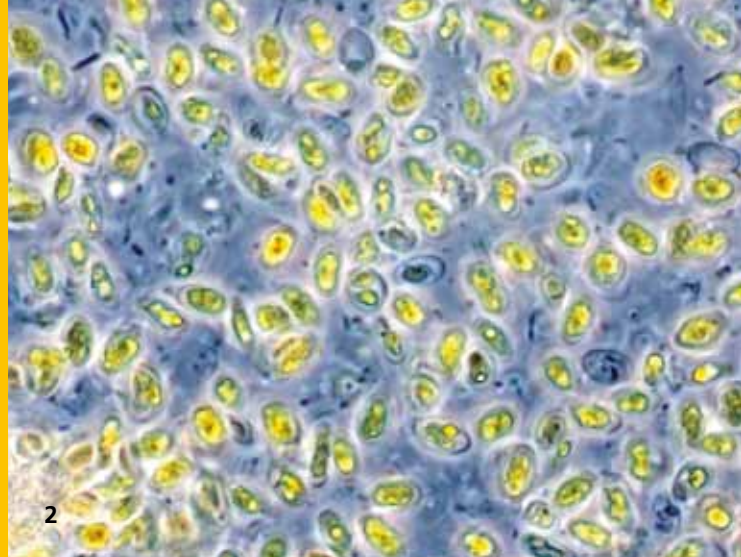
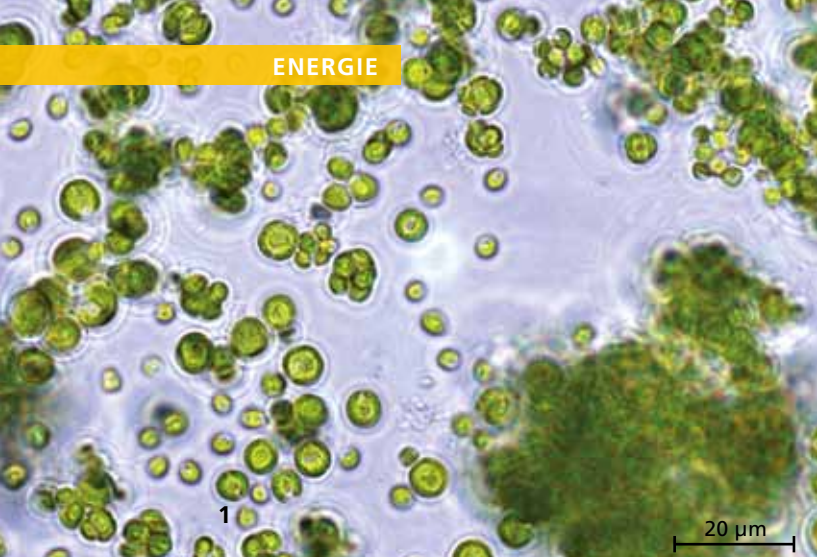
Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) für die Förderung des Projekts »Nutzung der Faulgase einer kommunalen Kläranlage für Transportzwecke«, Förderkennzeichen IKI 09_I_029.

Projektpartner

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, São Paulo und Franca

- 1 *Faulung der Kläranlage Franca.*
- 2 *Offene Fackeln auf der Kläranlage Franca.*
- 3 *Schema der Anlage auf der Kläranlage Franca.*



OPTIMIERTE VERGÄRUNG VON ALGENBIOMASSE DURCH MODELLIERUNG UND SIMULATION

Dr. rer. nat. Yasemin Sterr

Ausgangssituation

In den nächsten zwei Jahrzehnten wird weltweit eine Steigerung des elektrischen Energiebedarfs um ca. 70 Prozent erwartet. Zur Deckung des wachsenden Strombedarfs sind zusätzliche Kraftwerksressourcen erforderlich. Zudem können die Herausforderungen des weltweiten Klimaschutzes nur mit einer nachhaltigen Energieversorgung verwirklicht werden. Um diese Ziele zu erreichen, ist die verstärkte und effiziente Nutzung von Biomasse zur Produktion von Strom und Wärme unverzichtbar. Hierfür bietet sich die Kopplung eines thermischen Vergasers oder eines Biogasreaktors mit einer Mikrogasturbine an. Als Einsatzstoffe können je nach Verfahren Algen, Holz, Schlämme, Torf, Müll, Trester und weitere organische Reststoffe verwendet werden.

Projektziele

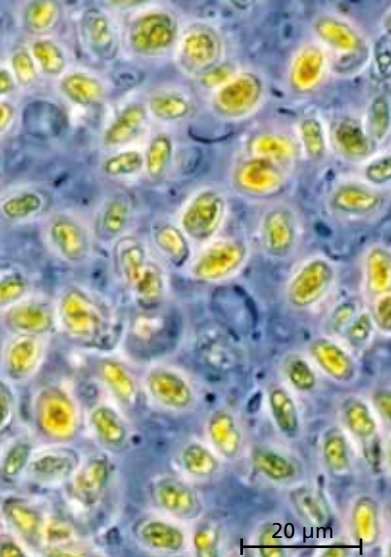
Im Rahmen des Forschungsvorhabens DeDeBio werden mathematische Modelle für die Auslegung dezentraler Biomasse-Kraftwerkskonzepte entwickelt. Zur Erzeugung von Biogas soll sowohl ein thermisches Holzvergasungsverfahren (DLR) als auch ein biologisches Verfahren, mit Algen als Ausgangsstoff, betrachtet werden. Neben der Entwicklung von Werkzeugen zur CFD-basierten Brennkammerauslegung (computational fluid dynamics) liegt der Fokus auf der Modellierung des Biogasreaktors und des Holzvergasers. Diese numerischen Modelle sollen dann zur Simulation der Produktgaszusammensetzung und in Kombination mit Mikrogasturbinenmodellen zur Auslegung und Beurteilung unterschiedlicher Anlagen- und Betriebskonzepte eingesetzt werden.

Anaerobe Vergärung von Algenbiomasse

In einem Biogasreaktor werden die eingesetzten Substrate in mehreren Reaktionsschritten zu Biogas, bestehend aus den Hauptbestandteilen CH_4 und CO_2 , umgesetzt. Die dabei erreichten Gasausbeuten und Gaszusammensetzungen sind von unterschiedlichen Faktoren wie Prozessführung, Substrataufbereitung und Substratzusammensetzung abhängig. Die Biogasausbeute von Pflanzen ist meist durch den mehr oder weniger großen Anteil an schwer verwertbarer Lignocellulose beschränkt. Die Verwendung lignocellulosearmer Mikroalgen dagegen, beispielsweise *Chlorella vulgaris* (Bild 1), *Phaeodactylum tricoratum* (Bild 2) und *Spirulina platensis* (Bild 3), ermöglicht eine nahezu vollständige Umsetzung der organischen Substanz. Im realen Prozess können so, nach einer vorherigen Extraktion von Wertstoffen aus den Algen, die Reststoffe in einem kontinuierlichen zweistufigen Gaslift-Schlaufenreaktor bei mesophilen Bedingungen zu Biogas umgesetzt werden (siehe Grafik rechts). Die verwendeten Algenarten ließen sich unterschiedlich gut vergären: Sowohl die Zusammensetzung des Biogases als auch die Ausbeute variierten in Abhängigkeit der Zellinhaltsstoffe, der Zellwandbestandteile und der Zellwandstabilität. Insbesondere der Proteingehalt der Zelle spielt eine wesentliche Rolle. Die Biogasausbeute lag je nach Algenart zwischen 280 und 400 L/kg organischer Trockenrückstand (oTR).

Modellierung des Bioreaktors

Für den Biogasreaktor hat das Fraunhofer IGB mithilfe der stöchiometrischen Abschätzung nach Buswell und Boyle ein Black-Box-Modell erstellt, welches die Zusammensetzung des Biogases in Abhängigkeit des Einsatzstoffs anhand von stöchiometrischen Zusammensetzungen wiedergibt. Berücksichtigt



man die unvollständige stöchiometrische Umsetzung der zugeführten Biomasse in Biogas im realen Prozess (ein Teil der zugeführten Biomasse geht in das Wachstum der Bakterien über) sowie die eingeschränkte Verfügbarkeit der organischen Stoffe (nicht aufgeschlossene Zellbestandteile) über einen Korrekturfaktor, so kann mithilfe des Modells sowohl die Produktgasausbeute als auch die Produktgaszusammensetzung am Ausgang des Reaktors abgeschätzt werden. Auf diese Weise können Änderungen der Prozessparameter oder der Anlagenkonfiguration simuliert und die Iterationsschritte bei der Auslegung der Anlagen zur Produktgaserzeugung zukünftig reduziert werden.

Ausblick

Die dadurch erzeugten mathematischen Modelle für die Simulation der mit Algenreststoffen betriebenen Biogasanlagen können entsprechend zur Weiterentwicklung und Optimierung von biologischen Reaktoren genutzt werden. Das erzeugte Modell kann so die Skalierung der Anlagen unterstützen. Die im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Modelle werden erstmals eine umfassende Modellierung dieser Anlagenkonzepte und der Anlagenkomponenten erlauben – und dezentralen, gasturbinen-basierten Biomasse-Kraftwerken zu einer beschleunigten Marktreife verhelfen.



Dr. Yasemin Sterr

Telefon +49 711 970-4116
yasemin.sterr@igb.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Telefon +49 711 970-4222
ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de

Literatur

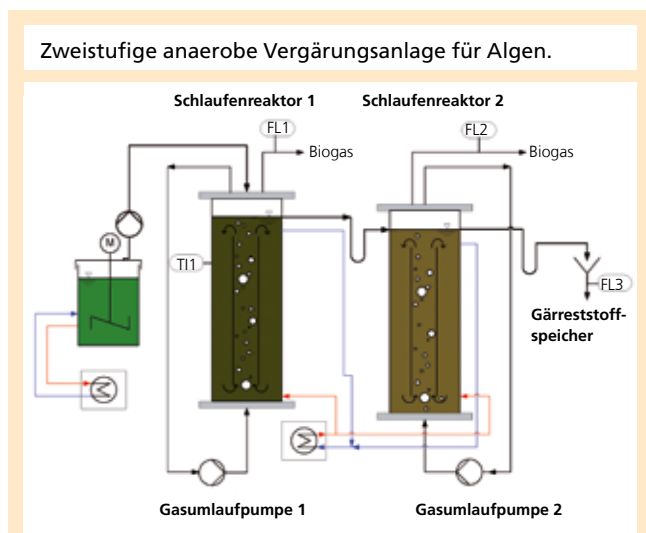
- [1] Becker, E. W. (2004) Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond, A. (ed.) Handbook of microalgal culture. Oxford: Blackwell Publishing: 312-351
- [2] Samson, R.; Leduy, A. (1982) Biogas production from anaerobic digestion of *Spirulina maxima* algal biomass, Biotechnol. Bioeng. 24: 1919-1924.

Förderung

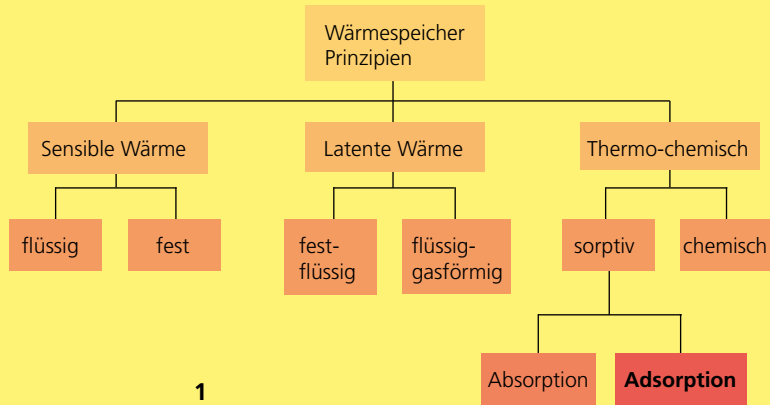
Wir danken der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts »Entwicklung und Validierung von Design-Werkzeugen für die Auslegung von dezentralen Biomasse-Kraftwerkskonzepten zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung – DeDeBio«.

Projektpartner

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart



- 1 Mikroalge *Chlorella vulgaris*, 1000fache Vergrößerung.
- 2 Mikroalge *Phaeodactylum tricornutum*, 1000fache Vergrößerung.
- 3 Mikroalge *Spirulina platensis*, 1000fache Vergrößerung.



HEATSAVER – SORPTIVE WÄRMESPEICHER-TECHNOLOGIE FÜR INDUSTRIELLE PROZESSE

Dipl.-Ing. Mike Blicher

Ein wichtiger Beitrag, die Klimaschutzziele zu erreichen und die angestrebte Energiewende zu vollziehen, ist den Nutzungsgrad für regenerative wie fossile Energie zu erhöhen, indem die in der ersten Anwendung nicht genutzte Energie sekundär eingesetzt wird. Ein Beispiel hierfür ist die Rückgewinnung der Abwärme aus einer Verbrennungsmaschine bei der Verstromung von (Bio-)Gas: Typischerweise stellt verwertbare Abwärme hier mehr als 50 Prozent des Energieinhalts des eingesetzten Brennstoffes dar. Daneben gibt es viele weitere energiewirtschaftliche, gewerbliche und industrielle Prozesse, bei denen ebenfalls große Mengen Abwärme anfallen, die aber nicht direkt einer weiteren Nutzung zugeführt werden können. Bedenkt man, dass ca. 50 Prozent des Endenergieverbrauchs in der EU für Wärme¹ benötigt werden, ist es offensichtlich, dass hier ein großes Potenzial zur Optimierung der Energienutzung besteht.

Für die effiziente Nutzung von Wärme bzw. Abwärme sind kompakte und flexible Speichersysteme notwendig, die das Angebot und den Bedarf an Wärme zeitlich und gegebenenfalls örtlich entkoppeln oder ausgleichen. Derzeit industriell hergestellte und am Markt verfügbare Systeme speichern fast ausschließlich sensible (fühlbare) Wärme, in der Regel mit Wasser als Speichermedium. Dadurch ist die Speicherdichte limitiert und die Temperatur in vielen Fällen auf maximal 100 °C beschränkt. Auch Latentwärmespeicher, die zwar eine etwas größere Speicherdichte erreichen können, sind aufgrund ihrer definierten Arbeitstemperatur nicht sehr flexibel. Der prinzipielle Nachteil beider Systeme besteht in Wärmeverlusten an die Umgebung, die im Laufe der Zeit – trotz Isolation – zu einer Selbstentladung führen.

Sorptive Wärmespeicher – eine Alternative mit großem Potenzial

Sorptive Wärmespeicher, die zu den thermo-chemischen Speichern gezählt werden (Bild 1), sind relativ neue, vielversprechende Technologieansätze mit deutlichen Vorteilen gegenüber der sensiblen oder latenten Wärmespeicherung. Die Speicherdichten können um ein Vielfaches höher sein, was kompaktere Speicher ermöglicht. Die gespeicherte Energie ist zudem durch physikalisch-chemische Prozesse und nicht fühlbar gebunden. Thermische Verluste entfallen, da es während der Speicherung keinen Temperaturgradienten zur Umgebung gibt. Es ergeben sich zudem deutliche Vorteile aufgrund der flexibleren Arbeitstemperaturen und im Hinblick auf eine verlustfreie Speicherung über längere Zeiträume. Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts HeatSaver hat sich das Fraunhofer IGB gemeinsam mit europäischen Partnern aus Industrie und Forschung zum Ziel gesetzt, die Potenziale der Technologie zu erschließen und umzusetzen.

Vom Laboraufbau zum System im Technikumsmaßstab

Die Grundlagen für die Entwicklungsarbeit sind in Laborversuchen gemeinsam mit dem Projektpartner ZeoSys gelegt worden. Mit einem ersten Versuchsreaktor mit 1,5 Litern Inhalt wurden zunächst zahlreiche Adsorbentien untersucht. Dazu zählen vor allem verschiedene Zeolithe, die in unterschiedlichen Qualitäten und Korngrößen charakterisiert wurden. Im nächsten Schritt wurde eine Versuchsanlage entwickelt und gebaut, mit der unterschiedliche Wärmetauscherkonfigurationen und Prozessbedingungen im 15-Liter-Maßstab

¹ EUREC (Europe an Renewable Energy Research Centres) Agency, 2009



4

	Spezifische Wärmespeicher- kapazität	Spezifische Wärmespeicher- kapazität	Spezifische Entladungsleistung
	Wh/kg	kWh/m ³	W/kg
Material (TG DSC)	300–380	–	–
Labor 1,5-Liter-Reaktor	160–220	109–150	100–240 fluktuierend
Labor 15-Liter-Reaktor	180–240	122 – 163	45–67
Container 750-Liter-Reaktor*	(150–220)	(102–150)	(19–50)

(Material Zeolite NaX / Kugeln 2.5–3.5 mm bzw. Pulver bei TG DSC)

*Die Ergebnisse sind Abschätzungen basierend auf ersten Versuchen.

untersucht werden können (Bild 2). Da ein guter Wärme- und Stofftransport im Speicherreaktor die Speichereffizienz maßgeblich beeinflusst, wurden hier intensive Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse dienten als Grundlage für den weiteren Up-Scale der Technologie auf einen Maßstab von 750 Liter Speichervolumen. Diese Anlage wurde in einen transportablen 10-Fuß-Container integriert, der alle nötigen Zusatzaggregate enthält. Somit kann die Technologie an unterschiedlichen Einsatzorten unter realistischen Bedingungen getestet werden (Bild 3).

Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts ist es erfolgreich gelungen, eine neuartige Wärmespeichertechnologie basierend auf einem geschlossenen, adsorptiven Wärmespeicherprozess zu entwickeln und in verschiedenen Größenordnungen umzusetzen (1,5 bis 750 Liter). Ein einfach skalierbares Wärmetauscherdesign für die Adsorbentschüttung wurde entwickelt, um den Wärmeein- und -austrag zu verbessern. Die erreichten spezifischen Energiespeicherdichten liegen bei 150 bis 240 Wh/kg Speichermaterial (Bild 4). Dies entspricht einer Steigerung um den Faktor 2 bis 3,5 im Vergleich zu Wasserspeichern mit einer Temperaturspreizung von 60 Kelvin.

Ausblick

Es steht nun ein transportabler Testspeicher zur Verfügung, der weiter optimiert und an verschiedenen industriellen Standorten getestet werden soll. In Anschlussprojekten soll die Technologie weiterentwickelt und demonstriert werden. Ziel ist es, industriell relevante Lösungen anzubieten, mit denen beispielsweise Anlagen zur Verstromung von Biogas als vollwertige Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen betrieben werden können, indem die Abwärme effizient genutzt werden kann.



Dipl.-Ing. Mike Blicher

Telefon +49 711 970-3539

mike.blicker@igb.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Timo Langhof

Telefon +49 711 970-3531

timo.langhof@igb.fraunhofer.de

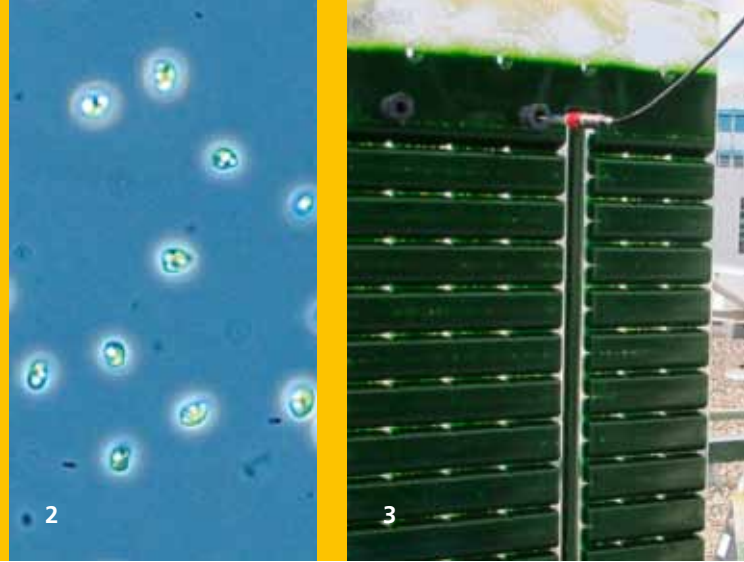
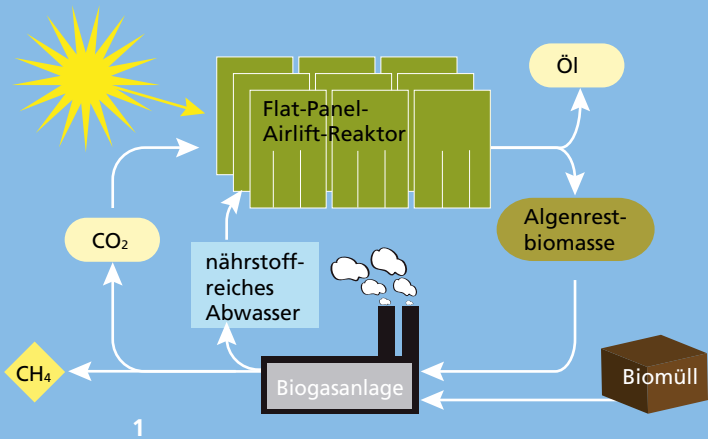
Projektpartner

ZEOSYS GmbH, Berlin | B&O Gebäudetechnik GmbH, Berlin |
Giordano Industries, Aubagne, Frankreich | Dvigatel Regital,
Tallinn, Estland | BTB GmbH, Berlin | UK ISRI, Melton Mowbray,
England

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »HeatSaver – Thermo-chemical heat storage system to save energy costs across a wide area of industrial applications« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 222116/FP7-SME-2007-1.

- 1 *Möglichkeiten der Wärmespeicherung.*
- 2 *Zeolithschüttung im Versuchsreaktor.*
- 3 *Testspeicher mit 750 Liter Speichervolumen im transportablen Container.*
- 4 *Vergleich der Ergebnisse mit verschiedenen Reaktorgößen*



LIPIDREICHE ALGENBIOMASSE ALS REGENERATIVER ENERGIETRÄGER – FREILANDPRODUKTION

Dipl.-Ing. Ronja Münkel, Dr. rer. nat. Ulrike Schmid-Staiger

Derzeit werden Biokraftstoffe in erster Linie aus pflanzlichen Rohstoffen hergestellt, beispielsweise Biodiesel aus Raps- oder Palmöl. Hierzulande stehen die Ackerflächen dann nicht mehr für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung, in Südostasien werden Regenwälder für Ölpalplantagen gerodet. Auch der hohe Wasserverbrauch beim Anbau von Landpflanzen zur Herstellung von Biokraftstoffen wird kritisch bewertet. Zudem kann die momentane Produktionskapazität und verfügbare Fläche den erforderlichen Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen für Biokraftstoffe nicht decken.

Biodiesel aus Mikroalgen stellt eine Alternative zu heutigen Biokraftstoffen dar. Gegenüber dem Anbau höherer Pflanzen weist die Kultivierung von Mikroalgen eine Vielzahl von Vorteilen auf. Hierzu zählen ein höherer Ertrag pro Fläche, ein verminderter Wasserbedarf und die Möglichkeit, Algen auf landwirtschaftlich nicht nutzbarer Fläche zu kultivieren. Ein Konzept zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Mikroalgen untersuchen wir derzeit im Rahmen des Forschungsvorhabens EtaMax. Eingebunden in einen Stoff- und Energiekreislauf wird Algenbiomasse aus Abgasen und Abwasserströmen produziert (Bild 1). Die Kultivierung der Mikroalgen findet ausschließlich autotroph unter Nutzung des Sonnenlichts statt. Von Algen produzierte Öle können energetisch als Biokraftstoff genutzt werden und entstehende Abgase werden in den Prozess rückgeführt. Die verbleibende Restbiomasse wird zu Biogas vergoren. Dieser Prozess ermöglicht aus Abfallströmen hochwertige Biomasse aufzubauen und diese vollständig energetisch zu verwerten.

Anforderungen an Biomasse und Produktionsprozess

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Nutzung und effiziente Aufarbeitung der Algenbiomasse ist ein hoher Lipidgehalt. Des Weiteren sollte das Fettsäurespektrum einen hohen Anteil gesättigter und monounsättigter Fettsäuren aufweisen, da mehrfach ungesättigte Fettsäuren die Lagerstabilität des Algenöls herabsetzen. Die Anreicherung der Fettsäuren in Form von Triglyceriden kann durch eine Stickstofflimitierung der Mikroalgenkultur induziert werden. Die Triglyceride werden als Speichermoleküle im Zellinneren eingelagert (Bild 2). In Laborversuchen im Fraunhofer IGB konnten wir unter dauerhafter künstlicher Beleuchtung Lipidgehalte von bis zu 70 Prozent [w/w] erreichen.

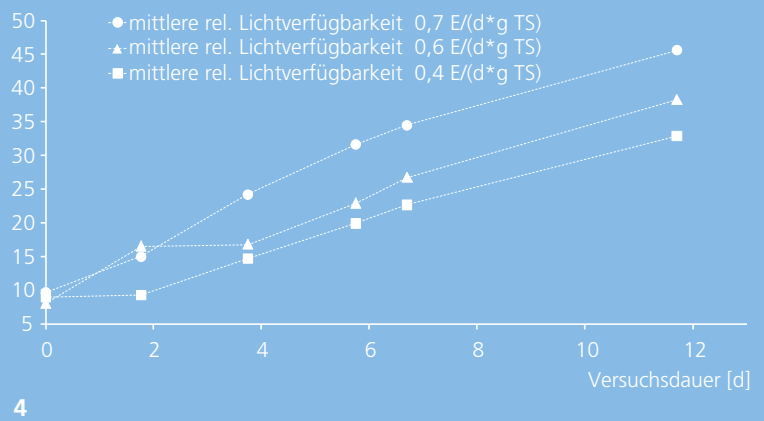
Für die Produktion von Algenbiomasse zur energetischen Verwertung ist eine Übertragung dieses Prozesses in das Freiland unter Nutzung des Sonnenlichts notwendig. Hier besteht die Herausforderung darin, einen Prozess zu etablieren, der auch unter variierenden Bedingungen im Freiland stabil läuft und Biomasse mit hohem Lipidgehalt generiert. Denn der gegebene Tag-Nacht-Rhythmus und veränderliche Witterungsbedingungen resultieren in schwankenden Prozessbedingungen.

Freilandanlage zur Lipidproduktion

Zur Charakterisierung des Lipidproduktionsprozesses mit der Mikroalge *Chlorella vulgaris* haben wir in den Jahren 2010 und 2011 eine Versuchsanlage mit fünf nach Süden ausgerichteten 30-Liter-Flachplatten-Airlift-Reaktoren im Freiland betrieben. Etabliert wurde ein zweistufiger Batch-Prozess. In einer ersten Wachstumsphase von vier bis sieben Tagen wurde bei optimaler Nährstoffversorgung Biomasse produziert. Darauf folgte die



Lipidgehalt in % [w/w]



Lipidproduktionsphase, in der die Algenzellen durch Stickstoff- und Phosphatlimitierung Lipide anreicherten. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand, den Lipidgehalt der Algen zu maximieren und einen quantitativen Zusammenhang zwischen der relativen Lichtverfügbarkeit und der Biomassekonzentration zu ermitteln. Die relative Lichtverfügbarkeit beschreibt das Verhältnis von Lichteintrag zur Biomassekonzentration im Reaktor und wird in Einstein (1 Mol Photonen) pro Gramm Trockenmasse und Tag angegeben.

Einflussgrößen auf den Lipidgehalt

Es ist uns gelungen, unter Freilandbedingungen einen stabilen Prozess zu etablieren, der die Produktion von Algenbiomasse mit einem sehr hohen Lipidgehalt erlaubt. So konnten wir mit *Chlorella vulgaris* eine maximale Lipidproduktivität im Freiland von 0,3 g Fettsäuren/(L*d) erzielen. Es zeigt sich, dass der hier eingesetzte Flachplatten-Airlift-Reaktor, der vor einigen Jahren am Fraunhofer IGB entwickelt wurde, für diesen Prozess optimal geeignet ist. Aus der Literatur ist beispielweise bekannt, dass bei der Kultivierung in Photobioreaktoren, wie sie in Italien entwickelt und betrieben wurden, eine maximale Lipidproduktivität von nur 0,2 g Fettsäuren/(L*d) erreicht wurde [1]. Den Einfluss der relativen Lichtverfügbarkeit auf den Lipidgehalt der Biomasse haben wir durch den parallelen Betrieb von Flachplatten-Airlift-Reaktoren mit jeweils unterschiedlichen Biomassekonzentrationen im Freiland ermittelt. Wir konnten zeigen, dass hohe Lipidgehalte von über 45 Prozent [w/w] bei niedrigen Biotrockenmassekonzentrationen und damit hohen relativen Lichtverfügbarkeiten erzielt werden.

Ausblick

Resultierend aus diesen Ergebnissen kann der hohe Lipidgehalt der Biomasse bei einer Produktion im Freiland gezielt durch die Prozessführung eingestellt werden. Eine definierte, gleichbleibende Qualität der Biomasse mit hohem Lipidgehalt stellt eine optimale Grundlage für die Entwicklung eines Aufarbeitungsprozesses zur Gewinnung von Biodiesel aus Algen dar.



Dipl.-Ing. Ronja Münkel

Telefon +49 711 970-4069
ronja.muenkel@igb.fraunhofer.de



Dr. Ulrike Schmid-Staiger

Telefon +49 711 970-4111
ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de

Literatur

[1] Rodolfi, L. et al. (2009) *Biotechnology and Bioengineering* 102(1): 100-12

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »EtaMax – Mehr Biogas aus lignocellulosearmen Abfall- und Mikroalgenreststoffen durch kombinierte Bio-/Hydrothermalvergassung«, Förderkennzeichen 03SF0350A.

Projektpartner

Daimler AG | EnBW Baden-Württemberg AG; FairEnergie GmbH | Fraunhofer IVV | Karlsruher Institut für Technologie (KIT) | Netzsch Mohnopumpen GmbH | Paul Scherrer Institut PSI | Stadt Stuttgart | Stulz Wasser- und Prozesstechnik GmbH

- 1 *Kreislaufschema der Freilandkultivierung von Mikroalgen.*
- 2 *Chlorella vulgaris mit eingelagerten Speicherlipiden.*
- 3 *Freilandanlage mit 30-Liter-Flachplatten-Airlift-Reaktoren.*
- 4 *Lipidgehalt einer stickstofflimitierten Freilandkultur von Chlorella vulgaris bei unterschiedlichen Lichtverfügbarkeiten.*



ANHANG

Patenterteilungen 2011

Im Jahr 2011 wurden zehn Schutzrechte erteilt, die wie folgt unseren Geschäftsfeldern zugeordnet sind:

MEDIZIN

Automatisches Trennen von Gewebeschichten
DE 10 2009 022 349,
erteilt am 3. Februar 2011

Automatisches Abtrennen von Fettgewebe
DE 10 2009 022 346,
erteilt am 19. Mai 2011

Isolated nature-identical Collagen
US 8,013,121,
erteilt am 6. September 2011

Verbesserte dreidimensionale biokompatible Gerüststruktur, die Nanopartikel beinhaltet
DE 10 2007 020 302,
erteilt am 10. November 2011

Pipettenkopf, Pipettenvorrichtung
DE 10 2009 022 350,
erteilt am 3. November 2011

PHARMAZIE

Dreidimensionales Hautmodell
JP 4751005,
erteilt am 27. Mai 2011

Verbesserte strukturiert-funktionale Bindematrix für Biomoleküle
EP 1 461 619,
erteilt am 27. April 2011

CHEMIE

Verfahren zur Gewinnung von Fettbegleitstoffen aus Kraftstoffen und Verwendung dieses Verfahrens
EP 2 072 102,
erteilt am 29. Juni 2011

UMWELT

Anaerobe Reinigung von Abwasser
EP 1 968 900,
erteilt am 8. Juni 2011

Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphatsalzen aus einer Flüssigkeit
DE 10 2010 050 691,
erteilt am 9. November 2011

Messen und Veranstaltungen 2011

**Messen und
Ausstellungskongresse**

Internationale Grüne Woche
Messe für Ernährung, Land-
wirtschaft und Gartenbau
21.-30. Januar 2011, Berlin

Forum Life Sciences
»Pharma Development,
Food and Nutrition, Industrial
Biotechnology«
7. Internationaler Kongress
mit Ausstellung
Fraunhofer-Verbund Life Sciences
23.-24. März 2011, Technische
Universität München-Garching

Hannover Messe Energy
Internationale Leitmesse
der erneuerbaren und kon-
ventionellen Energieerzeu-
gung, Energieversorgung,
-übertragung, -verteilung
und -speicherung
Fraunhofer-Allianz Energie
4.-8. April 2011, Hannover

Euro BioMat
European Symposium on Bio-
materials and Related Areas
13.-14. April 2011, Jena

Standortmesse
»Leuna – Dialog 2011«
5. Mai 2011, Kulturhaus Leuna

MS Wissenschaft
Ausstellung »Neue Wege
in der Medizin«
19. Mai bis 29. September 2011

Ausstellung »Entdeckungen
2011: Gesundheit«
20. Mai bis 4. September 2011,
Insel Mainau

Nanotech
Fraunhofer-Allianz
Nanotechnologie
13.-16. Juni 2011, Boston, USA

BIO International Convention
Fraunhofer-Verbund Life Sciences
27.-30. Juni 2011,
Washington D. C., USA

Deutsch-Brasilianische
Wirtschaftstage
18.-20. September 2011,
Rio de Janeiro, Brasilien

BIOTECHNICA
Europas Branchentreff für Bio-
technologie und Life Sciences
11.-13. Oktober 2011, Hannover

parts2clean
9. Internationale Leitmesse für
industrielle Teile- und Oberflä-
chenreinigung
Fraunhofer-Allianz
Reinigungstechnik
25.-27. Oktober 2011, Stuttgart

World Conference on
Regenerative Medicine
2.-4. November 2011, Leipzig

Veranstaltungen

Workshop mit Kooperations-
partner Instituto de Pesquisas
Tecnológicas IPT im Rahmen
des Deutsch-Brasilianischen
Wissenschaftsjahres, gefördert
vom BMBF (IB)
22.-23. März 2011,
São Paulo, Brasilien

Fraunhofer Talent School
Workshop »CSI Stuttgart – vom
genetischen Fingerabdruck zur
Täteridentifizierung«
1.-3. April 2011, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

15. Kolloquium zur
kommunalen Abwasser-
und Abfallbehandlung
»Technologie mit Zukunft«
13. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

Girls' Day
Mädchen-Zukunftstag
14. April 2011, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

IHK Technologie-Akademie
für den Mittelstand
»Oberflächen charakteri-
sieren, modifizieren und
reinigen«
20. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

4. FEBS Advanced Lecture
Course Human Fungal
Pathogens:
Molecular Mechanisms of
Host-Pathogen Interactions
and Virulence
7.-13. Mai 2011,
La Colle sur Loup, Frankreich

OTTI-Fachtagung
»Reinigen und Vorbehandeln
vor der Beschichtung«
18.-19. Mai 2011, Neu-Ulm

Tag der Wissenschaft
»Einsteigen in die Zukunft«
2. Juli 2011, Universität Stuttgart

Auszeichnung der Fraunhofer-
Hautfabrik als ausgewählter
Ort im Wettbewerb
»365 Orte im Land der Ideen«
26. Oktober 2011, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

Tag der technischen Biologie
5. November 2011,
Zentrum für Bioverfahrenstechnik,
Universität Stuttgart

unitag
Studieren an der Uni Stuttgart
16.-17. November 2011,
Universität Stuttgart

Besuch der Green Talents
6. Dezember 2011, Fraunhofer
IGB, Stuttgart

Science Tour 2011:
Health Research in Germany
Deutscher Akademischer
Austauschdienst e.V. (DAAD)
8. Dezember 2011, Fraunhofer
IGB, Stuttgart

Vorschau 2012

Checkpoint Zukunft Tag für Studierende bei Fraunhofer

16. Januar 2012, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

BMBF-Statusseminar

»BioEnergie 2021«

14.-15. Februar 2012, Fraunhofer
IGB, Stuttgart

16. Kolloquium zur kommunalen Abwasser- und Abfallbehandlung

»Technologie mit Zukunft«

16. Februar 2012, Fraunhofer
IGB, Stuttgart

Energy Storage

International Summit for the Storage of Renewable Energies

Fraunhofer-Allianz Energie
13.-14. März 2012, Düsseldorf

Anuga FoodTec

Internationale Fachmesse für Lebensmittel- und Getränketechnologie

Fraunhofer-Allianz Food Chain
Management
27.-30. März 2012, Köln

Workshop von DGM, BioRegio STERN und BIO Deutschland

»Neue Biomaterialien und Technologien für die Regenerative Medizin«

29. März 2012, Stuttgart

Hannover Messe Research & Technology

Internationale Leitmesse für Forschung, Entwicklung und Technologietransfer

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
23.-27. April 2012, Hannover

Hannover Messe Energy

Internationale Leitmesse der erneuerbaren und kon- ventionellen Energieerzeu- gung, Energieversorgung, -übertragung, -verteilung und -speicherung

Fraunhofer-Allianz Energie
23.-27. April 2012, Hannover

Hannover Messe Metropolitan Solutions & IndustrialGreenTec Internationale Leitmesse für Umwelttechnologien

Fraunhofer-Allianz Bau
23.-27. April 2012, Hannover

Girls' Day

Mädchen-Zukunftstag

26. April 2012, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

BIOPRO-

Jubiläumsveranstaltung

»Biotechnologie zum Anfassen«

2. Mai 2012, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

Frühjahrssitzung von Plasma Germany

7.-8. Mai 2012, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

IFAT Entsorga

Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft

Fraunhofer-Allianz SysWasser
7.-11. Mai 2012, München

Workshop

»BioRap – 3D-strukturiertes Biomaterial mittels Rapid Prototyping«

16. Mai 2012, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

3rd International Conference Strategies in Tissue Engineering

Fraunhofer-Verbund Life Sciences
23.-25. Mai 2012, Würzburg

MS Wissenschaft

»Auf der Suche nach der Welt von morgen«

30. Mai bis Mitte Oktober 2012

ACHEMA

Weltforum der Prozess- industrie und richtungswei- sender Technologiegipfel für Chemische Technik, Umwelt- schutz und Biotechnologie

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
18.-22. Juni 2012,
Frankfurt am Main

BIO International Convention

Fraunhofer-Verbund Life Sciences
18.-21. Juni 2012, Boston, USA

LOPE-C

4th International Conference and Exhibition for the Organic and Printed Electronics Industry

Fraunhofer-Allianz Polymere
Oberflächen POLO
19.-21. Juni 2012, München

Tag der Nachhaltigkeit

29. Juni 2012, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

Tag der Wissenschaft

30. Juni 2011,
Universität Stuttgart

13. Wörlitzer Workshop

»Membrantechnologien und Modifizierung von Membranen«

4. Juli 2012, Wörlitz

IHK Technologie-Akademie für den Mittelstand

»Wirtschaftlichkeit durch Ressourceneffizienz – vom Wärmespeicher bis zum Wasserrecycling«

18. Juli 2012, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

Tag der offenen Tür am Chemiestandort Leuna

1. September 2012, Leuna

PSE 2012

13th International Conference on Plasma Surface Engineering

10.-14. September 2012,
Garmisch-Partenkirchen

Fraunhofer Talent School

12.-14. Oktober 2012,
Fraunhofer-Institutszentrum
Stuttgart

parts2clean

10. Internationale Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung

Fraunhofer-Allianz
Reinigungstechnik
23.-25. Oktober 2012, Stuttgart

unitag

Studieren an der Uni Stuttgart

21. November 2012,
Universität Stuttgart

Checkpoint Zukunft Tag für Studierende bei Fraunhofer

10. Dezember 2012, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

Änderungen vorbehalten.

Aktuelle Infos:

www.igb.fraunhofer.de

Mitarbeit in Fachverbänden/Gremien, Gutachtertätigkeiten

Anadere, I.

Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie e. V. (BPI), Arbeitsgruppe »Advanced Therapies«, Mitglied

Borchers, K.

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM), Fachausschuss »Biomaterialien«, Leiterin Querschnittsarbeitskreis »Biomimetische Biomaterialien«

Bryniok, D.

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA), Fachsektionen »Biotechnologie« und »Chemische Biologie«, Mitglied

Fraunhofer-Allianz SysWasser, Geschäftsführer

German Water Partnership, Länderforum Kroatien, Mitglied

Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (ITVA), Mitglied

Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), Fachgesellschaften »Umwelttechnik« und »Reinhaltung der Luft«, Mitglied

Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie e. V. (VAAM), Fachgruppe »Umweltmikrobiologie«, Mitglied

Funk, M.

Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie e. V. (BPI), Arbeitsgruppe »Advanced Therapies«, Mitglied

Hirth, T.

Bio^MWB, Beirat, Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA), Fachsektionen »Reaktionstechnik« und »Chemische Nanotechnologie«, Mitglied

Forschungs- und Technologie-Rat Bioökonomie (BioÖkonomieRat) bei der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech), Mitglied

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), AG »Nachhaltige Chemie«, Mitglied

Gesellschaft für Umweltsimulation e. V. (GUS), Mitglied

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV), Kuratorium, Mitglied

Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Kuratorium, Mitglied

ProcessNet – eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, Mitglied im Vorstand; Leiter Arbeitsausschuss »Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe«; Leiter Fachgemeinschaft »SuPER«

SusChem Deutschland, Koordinierungskreis, Mitglied

Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), Mitglied

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), Beirat, Mitglied

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC), Beirat, Mitglied

Kluger, P. J.

Deutsche Gesellschaft für Biomaterialien, Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM), Fachausschuss »Biomaterialien«, Leiterin Arbeitskreis »Tissue Engineering«

VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie für die Medizintechnik«, Mitglied

Müller, M.

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM), Fachausschuss »Biomaterialien«, Arbeitskreis »Grenzflächen«, Mitglied

Oehr, C.

BALTIC-NET, Mitglied

Bundesverband der pharmazeutischen Industrie e. V. (BPI), AG »Medizinprodukte«, Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V., Mitglied

Europäischer Verein Dünne Schichten e. V. (EFDS), Mitglied

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO, Stellvertretender Direktor

13th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE 2012, Vice Chairman; Editorial Board

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS, Mitglied im Vorstand; Leiter der Arbeitsgruppe »Plasmapolymere und biofunktionale Schichten«

PLASMA Germany, Vorsitzender; Mitglied im Koordinierungsausschuss; Mitglied im Fachausschuss »Plasmaabehandlung von Polymeren«

Plasma Processes and Polymers, WILEY-VCH, Weinheim, Editor in Chief

Vakuum in Forschung und Praxis, WILEY-VCH, Weinheim, Editorial Board

Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), Richtlinienausschuss »Qualitätssicherung bei der Vakuumbeschichtung von Kunststoffen«, Mitglied

VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie für die Medizintechnik«,
Stellvertretender Vorsitzender

Pusch, J.

Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie e. V. (BPI),
Arbeitsgruppe »Advanced Therapies«, Mitglied

Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI),
Richtlinienausschuss
»Technische GMP«, Mitglied

Rupp, S.

Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM),
Fachgruppe »Eukaryontische Krankheitserreger«, Vorstand

Deutschsprachige Mykologische Gesellschaft e. V. (DMykG),
Mitglied

Europäische Union EU,
Gutachter im
7. Forschungsrahmenprogramm

FEBS Advanced Lecture Course,
Organization Committee,
Mitglied

Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie e. V. (GBM),
Mitglied

Schenke-Layland, K.

L'Agence nationale de la recherche – ANR,
Fachgutachterin für Einzelantragsverfahren

American Association of Anatomists,
Scientific Affairs Committee;
Gutachterin für Young Investigator Awards

Arthritis Research UK,
Fachgutachterin für Einzelantragsverfahren

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),
Fachgutachterin für Forschungsstipendien und Einzelantragsverfahren

Research Council – Katholieke Universiteit Leuven,
Fachgutachterin für Einzelantragsverfahren

Schiestel, T.

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM),
Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis
»Keramische Membranen«, Mitglied

Schließmann, U.

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA),
Fachsektion »Membrantechnik«, Mitglied

Sieber, V.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF),
Fachgutachter

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),
Fachgutachter

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA),
Mitglied

Forschungszentrum für Weiße Biotechnologie der Technischen Universität München (TUM),
Mitglied des Direktoriums

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh),
Mitglied

Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie e. V. (GBM),
Mitglied

Sternad, W.

HACH LANGE GmbH,
Kundenbeirat, Mitglied

Tovar, G. E. M.

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie (DBG),
Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA),
Fachsektion »Nanotechnologie«, Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM),
Fachausschuss »Biomaterialien«, Leiter Querschnittsarbeitskreis
»Biomimetische Biomaterialien«

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie,
Zweiter Sprecher;
Lenkungsreis

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh),
Mitglied

Kolloid-Gesellschaft,
Mitglied

NanoMAT,
Mitglied

Strategiekreis »Nanowelten«,
Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft,
Mitglied

Trösch, W.

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA),
Fachsektion »Biotechnologie«, Mitglied

European Network Architecture ENA,
Mitglied

Fraunhofer-Allianz SysWasser,
Sprecher

German Water Partnership,
Mitglied im Vorstand

Rumänisch-deutsche Stiftung »Aquademica«,
Mitglied

Vohrer, U.

Deutsche Bunsengesellschaft (DBG),
Mitglied

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG),
Mitglied

Fachtagung »Reinigung und Vorbehandlung vor der Beschichtung« des Ostbayerischen Technologie-Transfer-Institut e. V. (OTTI),
Tagungsbeirat/Fachlicher Leiter

Forschungs-Allianz Kulturerbe (FALKE),
Gründungsmitglied

Mitarbeit in Fachverbänden/Gremien, Gutachtertätigkeiten

Fraunhofer-Allianz
Reinigungstechnik,
Gründungsmitglied

Gesellschaft Deutscher
Chemiker (GDCh),
Mitglied

Hauptkommission der
Fraunhofer-Gesellschaft,
Mitglied

Verein Deutscher
Ingenieure e. V. (VDI),
Mitglied

Wissenschaftlich-Technischer
Rat der Fraunhofer-
Gesellschaft (WTR),
Mitglied

Walles, H.

Bundesministerium für Bil-
dung und Forschung (BMBF),
Fachgutachterin

Bundesverband der Pharma-
zeutischen Industrie e. V. (BPI),
Ausschuss »Zulassung«, Mitglied;
Arbeitskreis »Tissue Engineering«,
Mitglied

Deutscher Akademischer
Austausch Dienst (DAAD),
Fachgutachterin im Sonder-
programm »Moderne Anwen-
dungen in der Biotechnologie«

Deutscher Ethikrat,
Mitglied

Deutsche Forschungs-
gemeinschaft (DFG),
Fachgutachterin für SFB
(TransRegio), Graduiertenkolleg,
Einzelantragsverfahren

Deutsche Gesellschaft für
Chemische Technik und Bio-
technologie e. V. (DECHEMA),
Arbeitsausschuss »Medizinische
Biotechnologie«

Deutsche Gesellschaft für
Regenerative Medizin e. V.,
Arbeitskreis »Regenerative
Medizin«, Mitglied;
Advisory Board

DIN Deutsches Institut für
Normung e. V., Normenausschuss
Feinmechanik und
Optik NAFuO,
Mitarbeit im Arbeitsausschuss
»Medizinische Produkte auf Basis
des Tissue Engineering«

Europäische Union EU,
Gutachterin im
7. Forschungsrahmenprogramm

Gesundheitsforschungsrat
des BMBF,
Medizintechnischer Ausschuss,
Mitglied

Studienstiftung des deutschen
Volkes,
Vertrauensperson

VDI-Fachausschuss
»Nanotechnologie für die
Medizintechnik«,
Mitglied

Weber, A.

Deutsche Gesellschaft für
Chemische Technik und Bio-
technologie e. V. (DECHEMA),
Mitglied

GMM VDE/VDI-Gesellschaft
Mikroelektronik, Mikrosystem-
und Feinwerktechnik,
Fachausschuss 4.7 (Mikro-
Nano-Integration), Gutachter im
Programmkomitee

Lehrtätigkeiten

**Duale Hochschule Baden-
Württemberg Karlsruhe**

SS 2011

Unkelbach, G.
Vorlesung »Organische
Chemie«
Studiengang Papiertechnik,
2 SWS

**Hochschule
Hamm-Lippstadt**

SS 2011

Bryniok, D.
Vorlesung »Bioenergie I«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung, 1 SWS

Bryniok, D.
Vorlesung
»Technische Mechanik II«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung, 1 SWS

Bryniok, D.
Übungen zur Vorlesung
»Technische Mechanik II«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung, 3 SWS

Bryniok, D.
Vorlesung »Umwelttechnik«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung, 1 SWS

WS 2011/2012

Bryniok, D.
Vorlesung
»Technische Mechanik I«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung, 2 SWS

Bryniok, D.
Übungen zur Vorlesung
»Technische Mechanik I«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung, 4 SWS

Bryniok, D.
Betreuung Praxissemester
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung

Hochschule Offenburg

WS 2011/12

Kluger, P. J.
Vorlesung »Werkstoffe
in der Medizintechnik – Bio-
logische Aspekte«
Fakultät Elektrotechnik und
Informationstechnik,
Bachelor Medizintechnik, 1 SWS

Universität Stuttgart

SS 2011

Bach, M.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Vorlesung »Komplexe Fluide«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik, 2 SWS

Hirth, T.; Rupp, S.
Vorlesung »Biomaterialien –
Herstellung, Struktur und
Eigenschaften von biobasier-
ten Materialien«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Bachelor Technische Biologie,
2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Vorlesung »Grenzflächenver-
fahrenstechnik I – Chemie und
Physik der Grenzflächen«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
(mit Masuch, K.)
Vorlesung »Grundlagen
der Verfahrenstechnik I«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Bachelor Technische Biologie,
2 SWS

Hirth, T.
Vorlesung »Nachhaltige Rohstoffversorgung – Von der Erd-ölraffinerie zur Bioraffinerie«
Fachübergreifende
Schlüsselqualifikation, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Kluger, P. (mit Doser, M. und Planck, H.)
Vorlesung »Medizinische Verfahrenstechnik I«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau), Diplom und Master Verfahrenstechnik, Diplom Maschinenbau, 2 SWS

Kluger, P.; Tovar, G. E. M.
Vorlesung »Biomaterialien – Biokompatible Materialien«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Technische Biologie, 2 SWS

Rupp, S.
»Ausgewählte Kapitel der modernen Biochemie«
Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 1 SWS

Rupp, S.
Beiträge zur Vorlesung »Moderne Methoden in der Biochemie«
Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 1 SWS

Rupp, S.
Beiträge zum »Biochemischen Forschungspraktikum für Diplom-Chemiker«
Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 8 SWS

Tovar, G. E. M.; Hirth, T.
Vorlesung »Nanotechnologie I – Chemie und Physik der Nanomaterialien«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, 2 SWS

Tovar, G. E. M.
Vorlesung »Produktgestaltung mit Nano-, Bio- und Hybridmaterialien«
Fakultät Chemie,
Diplom Chemie, 3 SWS

Tovar, G. E. M., Hirth, T.
»Praktikum Grenzflächenverfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, 2 SWS

Tovar, G. E. M.
»Praktikum Nanotechnologie – Nanomaterialien«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, 2 SWS

WS 2011 / 12

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Schiestel, T.
Vorlesung »Grenzflächenverfahrenstechnik II – Technische Prozesse«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Vorlesung »Grundlagen der Grenzflächenverfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M. (mit Masuch, K.)
Vorlesung »Grundlagen der Verfahrenstechnik II«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Technische Biologie, 2 SWS

Hirth, T.; Rupp, S.; Tovar, G. E. M.; Kluger P. (mit Doser, M. und Planck, H.)
Vorlesung »Medizinische Verfahrenstechnik II«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau), Diplom und Master Verfahrenstechnik, Diplom Maschinenbau, 2 SWS

Hirth, T.
Vorlesung »Nachhaltige Rohstoffversorgung und Produktionsprozesse«
Master Verfahrenstechnik, 2 SWS

Hirth, T.
Vorlesung »Sustainable Production Processes«
Master WASTE, 2 SWS

Lemuth, K.; Hampel, M.; Tovar, G. E. M.
»Praktikum Medizinische Verfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik und Kybernetik, Diplom Technische Biologie, einmalig

Oehr, C.
Vorlesung »Plasmaverfahren für die Dünnschicht-Technik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, 2 SWS

Rupp, S.
Beiträge zum »Biochemischen Praktikum für Technische Biologen«
Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 8 SWS

Rupp, S.
»Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«
Fachrichtung Verfahrenstechnik, Chemie, Technische Biologie

Tovar, G. E. M.
Vorlesung »Biofunktionale Oberflächen – Chemie, Struktur und Funktion«
Fakultät Chemie,
Diplom Chemie, 2 SWS

Tovar, G. E. M.; Hirth, T.
Vorlesung »Nanotechnologie II – Technische Prozesse und Anwendungen für Nanomaterialien«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, 2 SWS

SS 2011 und WS 2011 / 12

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Mitarbeiterseminar für DoktorandInnen und DiplomandInnen«
Fachrichtung Verfahrenstechnik, Chemie, Technische Biologie, 1 SWS

Hirth, T.
»Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«
Fachrichtung Verfahrenstechnik, Chemie, Technische Biologie

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Grenzflächenverfahrenstechnisches Kolloquium«
Fachübergreifende Veranstaltung, 1 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Exkursion Grenzflächenverfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, 2 SWS

Tovar, G. E. M.
»Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«
Fachrichtung Verfahrenstechnik, Technische Biologie

Lehrtätigkeiten

Tovar, G. E. M. und weitere
»Arbeitstechniken und Projektarbeit (Übung)«
 Fakultät Energie-,
 Verfahrens- und Biotechnik,
 Bachelor Verfahrenstechnik,
 2 SWS

Technische Universität München

SS 2011

Sieber, V.
»Einführung in die Weiße Biotechnologie«
 Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS

Sieber, V.
»Technische Biokatalyse«
 Fachrichtung Industrielle Biotechnologie, 2 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung »Technologie und Verwertung sonstiger biogener Rohstoffe«
 Fachrichtung Forstwirtschaft,
 5 SWS

WS 2011/12

Sieber, V.
»Enzymengineering«
 Fachrichtung Industrielle Biotechnologie, 2 SWS

Sieber, V.
»Grundstoffe und Werkstoffe aus der Natur«
 Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung »Biokunststoffe und ihre Herstellung«
 Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 4 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung »Bioraffinerie und Naturstofftechnologien«
 Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 4 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung »Grundlagen Chemie«
 Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung »Spezielle Biotechnologie«
 Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS

Universität Heidelberg BZH

SS 2011

Sohn, K.
Beiträge zum Seminar und Praktikum »Nervensystem: Biochemische Analyse neuronaler Proteine und Lipide«
 Medizinische Fakultät,
 Fachrichtung Biochemie,
 Seminar: 2 SWS,
 Praktikum: 6 SWS

WS 2011/12

Sohn, K.
Beiträge zum Seminar und Praktikum »Leber und Harnstoff«
 Medizinische Fakultät,
 Fachrichtung Biochemie,
 Seminar: 2 SWS,
 Praktikum: 6 SWS

Universität Hohenheim

SS 2011

Kluger, P. J.
Vorlesung »Tissue Engineering«
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Bachelor Ernährungswissenschaft, Bachelor Biologie,
 Bachelor Technologie der Life Science 2 SWS

WS 2011/2012

Schließmann, U.
»Mikroalgen – Rohstoffquelle zwischen Vision und Wirklichkeit«
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
 einmalig

Trösch, W.
Beiträge zur Vorlesung »Wasser-, Abwasser- und Abfallbehandlung«
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
 2 SWS

Trösch, W.
Beiträge zur Vorlesung »Allgemeine Biotechnologie«
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
 2 SWS

Trösch, W.
Beiträge zur Vorlesung »Biochemie für Technologen«
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
 2 SWS

Universität Tübingen

WS 2011/2012

Schenke-Layland, K.
»Medizintechnik«
 Medizinische Fakultät,
 Bachelorstudiengang, 2 SWS

Universität Würzburg

Walles, H.
Vorlesung »Grundlagen des Tissue Engineering«
 Masterstudiengang Technologie der Funktionswerkstoffe

Walles, H.
Vorlesung/Übung »Mikrosysteme für biologische und medizinische Anwendungen«
 Masterstudiengang Technologie der Funktionswerkstoffe

Walles, H.
Vorlesung »Tissue Engineering«
 Masterstudiengang Biomedizin

Walles, H.
Praktikum »Modellorganismen«
 Masterstudiengang Biomedizin

Walles, H.
»Stammzellen«
 Integriertes Seminar für Studenten der Medizin

Angegeben sind die gesamten Semesterwochenstunden (SWS) der jeweiligen Lehrveranstaltung.

Wissenschaftliche Kooperationen

Mit Hochschulen

Aristotle University of Thessaloniki, Griechenland	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	Universität Stuttgart	Centre for Process Innovation CPI, Wilton, Redcar, UK
Charles University, Prag, Tschechien	McGill University, Montreal, Kanada	Universität Wien, Österreich	Centro tecnológica CARTIF, Valladolid, Spanien
Comenius University, Bratislava, Slowakei	Medizinische Hochschule Hannover MHH	Université Paul Sabatier Toulouse III, Toulouse, Frankreich	Chemical Process Engineering Research Institute (CPERI), Thessaloniki, Griechenland
Cranfield University, Cranfield, UK	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen	Universitetet for Miljo og Biovitenskap, Aas, Norwegen	Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg
Eberhard Karls Universität Tübingen	Ruhr-Universität Bochum	Universitetet i Bergen, Bergen, Norwegen	Deutsches Zentrum für Biomaterialien und Organersatz, Stuttgart-Tübingen
Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz GmbH, Österreich	Stanford University, USA	University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, USA	Dr. Margarete Fischer-Bosch-Institut für Klinische Pharmakologie (IPK), Stuttgart
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald	Stockholms Universitet, Stockholm, Schweden	University of Novi Sad, Novi Sad, Serbien	European Molecular Biology Laboratory EMBL, Heidelberg
Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP), Brasilien	Technische Universität Darmstadt	University of Southern California (USC), Los Angeles, USA	Flanders Institute for Biotechnology (VIB), Gent, Belgien
Escola Superior de Agricultura »Luiz de Queiroz« (ESALQ), Piracicaba, Brasilien	Technische Universität Dortmund	University of West Hungary, Sopron, Ungarn	Institut Dr. Schrader Creachem GmbH, Holzminden
Hochschule Hamm-Lippstadt	Technische Universität Kaiserslautern	Univerza v Mariboru, Maribor, Slowenien	Institut für Textilchemie und Chemiefasern ITCF, Denkendorf
Julius-Maximilians-Universität Würzburg	Tierärztliche Hochschule Hannover	Uppsala Universitet, Uppsala, Schweden	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik ITV, Denkendorf
Katholieke Universiteit Leuven, Belgien	Trinity College Dublin, Irland	VTT Technical Research Centre of Finland, Finnland	Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Salammbou, Tunesien
Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA	Universidad de Sevilla, Spanien	-----	Institut Pasteur, Paris, Frankreich
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover	Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Brasilien	Acondicionamiento tarrasense asociación, LEITAT, Terrassa (Barcelona), Spanien	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
Letterkenny Institute of Technology, Letterkenny, Irland	Universita degli Studi di Bari, Italien	AIT – Austrian Institute of Technology, Wien, Österreich	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Hamburg
Linnéuniversitetet, Kalmar, Schweden	Universita degli Studi di Milano-Bicocca, Italien	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe
Ludwig-Maximilians-Universität München	Universität Hamburg	Carnot institute CIRIMAT, Toulouse, Frankreich	Leibniz-Institut für Katalyse e. V. (LIKAT), Rostock
Lunds Universitet, Lund, Schweden	Universität Heidelberg	Centre de Recerca i Investigació de Catalunya CRIC, Barcelona, Spanien	
	Universität Hohenheim		
	Universität Innsbruck, Österreich		
	Universität Konstanz		

Mit anderen Forschungseinrichtungen

Wissenschaftliche Kooperationen

Leibniz-Institut für Plasma-
 forschung und Technologie e. V.
 (INP), Greifswald

Ludwig Institute for Cancer Re-
 search, Stockholm, Schweden

Max-Planck-Institut für
 Festkörperforschung, Stuttgart

Max-Planck-Institut für
 Intelligente Systeme, Stuttgart

Max-Planck-Institut für
 Kolloid- und Grenzflächen-
 forschung, Golm

Max-Planck-Institut für
 Polymerforschung, Mainz

National Institute of Laser,
 Plasma and Radiation Physics,
 Magurele-Bucharest, Rumänien

Nederlandse Organisatie voor
 Toegepast Natuurwetenschappe-
 lijk Onderzoek TNO, Niederlande

Norwegian Institute of Food,
 Fisheries and Aquaculture Re-
 search Nofima, Oslo, Norwegen

PROFACTOR GMBH, Steyr-Gleink,
 Österreich

Research & Development centre
 Re/genT, Helmond, Niederlande

Robert-Koch-Institut, Berlin

Teknologisk Institut (TI),
 Oslo, Norwegen

Vlaamse Instelling Voor Techno-
 logisch Onderzoek N.V (VITO),
 Mol, Belgien

Mit Kliniken

Haukeland University Hospital,
 Bergen, Norwegen

Herz- und Diabeteszentrum
 Nordrhein-Westfalen der Univer-
 sitätsklinik der Ruhr-Universität
 Bochum

Klinik Charlottenhaus, Stuttgart

Klinik Schillerhöhe, Gerlingen

Robert-Bosch-Krankenhaus,
 Stuttgart

Universitätsklinikum Innsbruck,
 Österreich

Universitätsklinikum Lübeck

Universitätsklinikum Frankfurt
 am Main

Universitätsklinikum Tübingen

Universitätsklinikum Würzburg

University Hospital Lausanne,
 Schweiz

Mit Museen

Bayerisches Hauptstaatsarchiv,
 München

Deutsches Bergbaumuseum,
 Bochum

Deutsches Museum, München

Deutsches Schiffahrtsmuseum,
 Bremerhaven

Germanisches Nationalmuseum,
 Nürnberg

Landesmuseum Württemberg,
 Stuttgart

Stiftung Preußischer Kulturbesitz,
 Rathgen-Forschungslabor, Berlin

Zentrum für Bucherhaltung,
 Leipzig

Hochschularbeiten

Doktorarbeiten

Brachhold, M.
 Lokalisation von Tsa1p,
 einem thioispezifischen Anti-
 oxidant-ähnlichen Protein
 aus *Candida albicans* und
 dessen Einfluss auf die Wirt-
 Pathogen-Interaktion,
 Universität Stuttgart
 Fraunhofer Verlag,
 ISBN 978-3-8396-0287-4

Lindemann, E.
 Identifizierung und verglei-
 chende Charakterisierung ei-
 nes zentralen Regulationsfak-
 tors der Morphogenese und
 des Stickstoffmetabolismus in
 humanpathogenen Pilzen,
 Universität Stuttgart

Mohr, M.
 Betrieb eines anaeroben
 Membranbioreaktors vor dem
 Hintergrund der Zielstellung
 des vollständigen Recyclings
 kommunalen Abwassers und
 seiner Inhaltsstoffe,
 Technische Universität Darmstadt,
 Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-
 8396-0336-9

Schmidt, M. C.
 Untersuchung und Ver-
 besserung des Entleerungs-
 verhaltens von Füllgut-
 Verpackungssystemen,
 Universität Stuttgart

Diplomarbeiten

Brückner, M.
 Elektrische Anforderungen
 zur Zündbarkeit von Plasmen
 in Lumen von langen Hohl-
 körpern,
 Westsächsische Hochschule
 Zwickau

Bublinski, M.
 Titel geschützt,
 Universität Stuttgart

Fischer, A.
 Charakterisierung primärer
 humaner Endothelzellen
 auf Thiolheparin- und RGD-
 funktionalisierten Polymer-
 substraten,
 Universität Stuttgart

Groeger, C.
 Gewinnung von Omega-3-EPA
 aus Mikroalgen – Untersuchung
 des Zellaufschlusses und der
 Extraktion,
 Universität Braunschweig

Kahlig, A.
 Definition physikalischer
 Parameter zur Entwicklung
 eines Bioreaktors zur Her-
 stellung von vaskularisiertem
 Knochengewebe,
 Universität Stuttgart

Klechowitz, N.
 Adhäsion und Proliferation
 humaner primärer Endothel-
 zellen auf heparinisierten und
 RGD-funktionalisierten Poly-
 meroberflächen,
 Hochschule Niederrhein

Kotzan, J.
 Titel geschützt,
 Universität Hohenheim

Kotzur, M.
 Titel geschützt,
 Universität Stuttgart

Kraft, B.
 Wirkung von UV-Strahlung als
 Hauptkomponente in Plasmen
 auf zelluläre Signalkaskaden
 in Hautzellen und in einem
In-vitro-Hautmodell,
 Universität Hohenheim

Liedke, A.
 Charakterisierung einer konti-
 nuierlichen Prozessstrategie
 zur Lipidproduktion mit *Chlo-
 rella vulgaris* im FPA Reaktor,
 Universität Stuttgart

Mattmer, E.-M.
Hydrogele durch Aza-Michael-Reaktion-Darstellung, Charakterisierung, Stabilität,
Hochschule Isny

Michalowski, A.
Eine Methode zur Kreuzvernetzung interagierender Proteine *in vivo*,
Universität Stuttgart

Schuster, J.
**Anodische Oxidation zur Abwasserbehandlung im Hinblick auf die Anwendung zur Depo-
niesickerwasseraufbereitung,**
Universität Stuttgart

Schwarzkopf, P.
Titel geschützt,
Technische Universität Clausthal

Schweinlin, M.
Isolation, Kultivierung und Charakterisierung jejunaler porciner Epithelzellen,
Universität Hohenheim

Masterarbeiten

Cerces, D.-M.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Chaudhari, V. N.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Czelejewska, W.
Titel geschützt,
Technische Universität
Hamburg-Harburg

Dominas, F.
Titel geschützt,
Hochschule Mannheim und EN-
SIC Nancy (Frankreich)

Fukohani, S.
Titel geschützt,
Hochschule Bremerhaven

Haro de la Pena, R.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Jong, W. N.
Study of heat transfer and the effect of process parameters on the efficiency of a closed sorption thermal storage unit,
Universität Stuttgart

Morawietz, T.
Titel geschützt,
Hochschule Esslingen

Priyanka, P.
Titel geschützt,
Hochschule für Wirtschaft
und Recht Berlin

Rentea, B.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Rottenfußer, S.
Titel geschützt,
Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg

Simon Legorreta, N.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Stillhammer, M.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Terán Camarena, F. M.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Toro Santamaria, J. M.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Zhang, C.
Oberflächenfunktionalisierung von Kunststofffolien zur Verminderung der Eisbildung und Eishaftung („Anti-Icing“),
Hochschule Reutlingen

Bachelorarbeiten

Baum, M.-D.
Untersuchung der Proteinadsorption auf plasmabehandeltem Polyethersulfon,
Universität Stuttgart

Berio, D. A. C.
Non-invasive Raman spectroscopy of cardiovascular matrix,
Hochschule Bremerhaven

Bitz, A.
Titel geschützt,
Hochschule Furtwangen

Bladocha, J.
Titel geschützt,
Hochschule Esslingen

Blaschke, L.
Titel geschützt,
Hochschule Furtwangen

Brüderle, K.
Experimentelle Untersuchungen zur Biogasproduktion aus Mikroalgen,
Universität Hohenheim

Egger, S.
Entwicklung eines Messsystems zur automatisierten Beurteilung von Epidermismodellen mittels Impedanzspektroskopie,
Universität Stuttgart

Frisenborg, L.
Fluor-Kohlenstoff-Plasma-beschichtungen von Hybrid-Wälzlagern zur Minimierung der Reibung und deren Charakterisierung hinsichtlich deren Eignung für den Einsatz in der Lebensmittelproduktion,
Universität Stuttgart

Gretzinger, S.
Herstellung Chitosan-basierter partikulärer Protein-formulierungen mittels Sprühtrocknung,
Hochschule Biberach

Hamm, J.
Titel geschützt,
Hochschule Reutlingen

Jesswein, I.
Strukturierung der Oberflächen von Polyurethan- und Polytetrafluorethylen-Folien durch kombinierte Plasma- und Materialdruckverfahren für Anti-Eis-Eigenschaften,
Universität Stuttgart

Kayser, M.
Design of enabling tools for the engineering of elastin structures for application in cardiovascular regenerative medicine,
Universität Stuttgart

Knopf, A.
Nutzung der Raman-Spektroskopie zur nicht-invasiven Charakterisierung des Differenzierungszustandes von pluripotenten Stammzellen,
Fachhochschule Frankfurt
am Main

Kunz, H.
Titel geschützt,
Hochschule Fulda

Löder, J.
Titel geschützt,
Hochschule Esslingen

Mächler, S.
Titel geschützt,
Hochschule Heilbronn

Minarik, W.-C.
Titel geschützt,
Fachhochschule Aachen

Prinz, S.
Entwicklung von quantitativen und qualitativen Messtechniken für Eis-abweisend funktionalisierte Oberflächen in Bezug auf die Eisbildung,
Universität Stuttgart

Queck, S.
Titel geschützt,
Universität Stuttgart

Hochschularbeiten

Raible, M.
Inbetriebnahme einer Ammoniumsonde zur kontinuierlichen Messung des Ammoniumgehalts in Mikroalgenkulturen, Universität Hohenheim

Schäfer, T.
Phenoladsorption aus Filtraten sowie Aufkonzentrierung von Algenbiomasse und Schlämmen mittels Rotationsscheibenfilter, Fachhochschule Furtwangen

Schmid, F. F.
Titel geschützt, Hochschule Esslingen

Schneider, S. K.
Evaluierung der osteogenen Differenzierung von humanen mesenchymalen Stammzellen auf plasmamodifizierten Oberflächen, Hochschule Biberach

Schrade, D.
Abscheidung von Schichten aus Silizium- und Titandioxid in einem induktiv gekoppelten Plasma, Universität Stuttgart

Steuer, K.
Untersuchung eines Azolresistenten klinischen *Candida albicans*-Isolats, Hochschule Furtwangen

Weiss, C.
Niederdruckplasmaprozess zur Herstellung von TiO₂-Schichten und deren Charakterisierung, Universität Stuttgart

Winter-Emden, C.
Entwicklung einer Sensorzelle für Bioreaktoren im Tissue Engineering, Hochschule Ulm

Werner, A.
Charakterisierung und Optimierung des Lipidproduktionsprozesses mit der Mikroalge *Chlorella vulgaris* hinsichtlich Kohlenstoffdioxidverfügbarkeit und Begasungsrate, Universität Stuttgart

Studienarbeiten

Hamm, J.
Evaluierung der Zellzahl und Morphologie primärer humaner mikrovaskulärer Endothelzellen in Abhängigkeit der Spender- und Biopsatvariabilität, Hochschule Reutlingen

Jando, J.
Titel geschützt, Universität Stuttgart

Runaf, S.
Comparison of electrode materials in the treatment of leachate model solution, Universität Stuttgart

Schneider, S. K.
Evaluierung der Biokompatibilität von Polymeren zum Aufbau eines synthetischen Hydrogels nach dem Vorbild des natürlichen Elastins, Hochschule Biberach

Praktikumsberichte

Blaschke, L.
Titel geschützt, Hochschule Mannheim

Held, T.
Validierung der SNP-Detektion in DLBCL mittels ZIP-Code-Array, Hochschule Furtwangen

Jückstock, J.
Versuche zu Parylenbeschichtungen und zur Plasmareinigung, Technische Universität München

Knopp, S.
Partikelherstellung im Nanometerbereich mittels Rotor/Stator und mittels Sprühtrocknung, Hochschule Furtwangen

Kotljaraova, O.
Titel geschützt, Technische Hochschule Mittelhessen

Kotzan, J.
Titel geschützt, Universität Hohenheim

Kroner, J.
Titel geschützt, Hochschule Furtwangen

Möbeler, J.
Synthese von Cyclodextrin-Monomeren und Herstellung molekular geprägter Nanopartikel, Georg Simon Ohm Hochschule Nürnberg

Schneider, V.
Titel geschützt, Hochschule Esslingen

Schneidt, V.
Titel geschützt, Hochschule Esslingen

Weisser, S.
Titel geschützt, Hochschule Furtwangen

Semesterarbeiten

Baum, M.-D.
Verminderung von Membranfouling durch plasmamodifizierte Oberflächen, Universität Stuttgart

Prinz, S.
Oberflächenfunktionalisierung von Kunststofffolien zur Verminderung der Eisbildung und Eishaftung, Universität Stuttgart

Veröffentlichungen 2011

In Fachzeitschriften

- Barz, J. (2011)
Barriere mit Wirkung,
Journal für Oberflächentechnik
JOT 51 (7): 56-57
- Barz, J. (2011)
**Fraunhofer-Beschichtung
verringert Permeation,**
Gefährliche Ladung 7: 22
- Barz, J.; Oehr, C.; Lunk, A. (2011)
**Analysis and modeling
of gas-phase processes in a
CHF₃/Ar discharge,**
Plasma Processes and
Polymers 8 (5): 409-423
- Bauer, J.; Kinast, S.; Burger-
Kentischer, A.; Finkelmeier, D.;
Kleymann, G.; Rayyan, W. A.;
Schroppel, K.; Singh, A.; Jung,
G.; Wiesmüller, K. H.; Rupp, S.;
Eickhoff, H. (2011)
**High-throughput-screening-
based identification and
structure-activity relationship
characterization defined
(S)-2-(1-aminoisobutyl)-1-(3-
chlorobenzyl)benzimidazole
as a highly antimycotic agent
nontoxic to cell lines,**
Journal of Medicinal Chemistry
54 (19): 6993-6997
- Blath, J.; Christ, M.; Deubler, N.;
Hirth, T.; Schiestel, T. (2011)
**Gas solubilities in room
temperature ionic liquids –
Correlation between
RTIL-molar mass and Henry's
law constant,**
Chemical Engineering Journal
172 (1): 167-176
- Borchers, K.; Schönhaar, V.;
Hirth, T.; Tovar, G. E. M.;
Weber, A. (2011)
**Ink formulation for inkjet
printing of Streptavidin and
Streptavidin functionalized
nanoparticles,**
Journal of Dispersion Science and
Technology 32 (12): 1759-1764
- Brockbank, K. G. M.;
Heacox, A. E.;
Schenke-Layland, K. (2011)
**Guidance for removal of fetal
bovine serum from cryopre-
served heart valve processing,**
Cells Tissues Organs 193 (4):
264-273
- Brockbank, K. G. M.;
Wright, G. J.; Yao, H.;
Greene, E. D.; Chen, Z. Z.;
Schenke-Layland, K. (2011)
**Allogeneic heart valve storage
above the glass transition at
-80 °C,**
The Annals of Thoracic Surgery
91 (6): 1829-1835
- Burger-Kentischer, A. (2011)
**Human immune system in a
microtiter plate: Innate immu-
ne assay for the examination
of receptor activity,**
G.I.T. Laboratory Journal Europe
3-4: 2
- Burger-Kentischer, A.;
Finkelmeier, D.; Keller, P.;
Bauer, J.; Eickhoff, H.;
Kleymann, G.; Rayyan, W. A.;
Singh, A.; Schroppel, K.;
Lemuth, K.; Wiesmüller, K.-H.;
Rupp, S. (2011)
**A screening assay based on
host-pathogen interaction
models identifies a set of
novel antifungal benzimid-
azole derivatives,**
Antimicrobial Agents and Che-
motherapy 55 (10): 4789-4801
- Dally, I.; Schandar, M.; Linke,
K.; Pusch, J.; Walles, T.;
Walles, H. (2011)
**In vitro development of a
vascularized tracheal patch
to restore airway defects after
resection,**
Tissue Engineering
Part A 17 (3-4): 578
- Engelhardt, S.; Hoch, E.;
Borchers, K.; Meyer, W.;
Krüger, H.; Tovar, G.;
Gillner, A. (2011)
**Fabrication of 2D protein
microstructures and 3D
polymer-protein hybrid mi-
crostructures by two-photon
polymerization,**
Biofabrication 3 (2): 025003
- Genov, S.; Riester, D.; Hirth, T.;
Tovar, G.; Borchers, K.; Weber, A.
(2011)
**Preparation and characterisa-
tion of dry thin native protein
trehalose films on titanium-
coated cyclo-olefinpolymer
(COP) foil generated by spin-
coating/drying process and
applied for protein transfer by
Laser-Induced-Forward Trans-
fer (LIFT),**
Chemical Engineering and
Processing 50 (5-6): 558-564
- Göhler, S.; Pusch, J.;
Sawodny, B.; Walles, H.;
Hirth, T. (2011)
**Development of a dynamic
intestinal tissue equivalent
that enables the analysis of
new drug candidates *in vitro*,**
Tissue Engineering
Part A 17 (3-4): 562-563
- Groeber, F. K.; Hansmann, J.;
Kaufmann, M.; Walles, H. (2011)
**Development of a vascularized
skin equivalent,**
Tissue Engineering
Part A 17 (3-4): 556
- Groeber, F. K.; Holeiter, M.;
Hampel, M.; Hinderer, S.;
Schenke-Layland, K. (2011)
**Skin tissue engineering – *In
vivo* and *in vitro* applications,**
Advanced Drug Delivery Reviews
63 (4-5): 352-366
- Heine, J.; Schmiedl, A.;
Cebotari, S.; Mertsching, H.;
Karck, M.; Haverich, A.;
Kallenbach, K. (2011)
**Preclinical assessment of a
tissue-engineered vasomotive
human small-calibered vessel
based on a decellularized xe-
nogenic matrix. Histological
and functional characterization,**
Tissue Engineering
Part A 17 (9-10): 1253-1261
- Hiller, E.; Zavrel, M.; Hauser, N.;
Sohn, K.; Burger-Kentischer, A.;
Lemuth, K.; Rupp, S. (2011)
**Adaptation, adhesion and
invasion during interaction
of *Candida albicans* with the
host – focus on the function
of cell wall proteins,**
International Journal of Medical
Microbiology 301 (5): 384-389
- Hinderer, S.; Novosel, E.;
Hansmann, J.; Walles, H. (2011)
**Angiogenetic structures in
a 3-dimensional dynamic
cultivation system,**
Tissue Engineering
Part A 17 (3-4): 551-552
- Huf, S.; Krügener, S.; Hirth, T.;
Rupp, S.; Zibek, S. (2011)
**Biotechnological synthesis
of long-chain dicarboxylic
acids as building blocks for
polymers,**
European Journal of Lipid Science
and Technology 113 (5): 548-561
- Kluger, P.; Pretzsch, F.; Buth, H.;
Novosel, E.; Maierle, J.; Wenzel,
C.; Walles, H. (2011)
**Development of high
volume producible nano-
and microstructured surfaces,**
Tissue Engineering
Part A 17 (3-4): 547

Veröffentlichungen 2011

- Koch, S.; Pudlas, M.; Bolwien, C.; Walles, H. (2011)
Detection and discrimination of cells and cell viability in tissue engineering by Raman micro-spectroscopy,
Tissue Engineering Part A 14 (3-4): 541-542
- Labouta, H. I.; Hampel, M.; Thude, S.; Reutlinger, K.; Kostka, K.-H.; Schneider, M. (2011)
Depth profiling of gold nanoparticles and characterization of point spread functions in reconstructed and human skin using multiphoton microscopy,
Journal of Biophotonics 5 (1): 85-96
- Lemuth, K.; Steuer, K.; Albermann, C. (2011)
Engineering of a plasmid-free *Escherichia coli* strain for improved *in vivo* biosynthesis of astaxanthin,
Microbial Cell Factories 10: 29
- Linke, K.; Schandar, M.; Pusch, J.; Anadere, I.; Kaufmann, M.; Walles, H. (2011)
GMP conform manufacturing process of an autologous melanocyte graft,
Tissue Engineering Part A 17 (3-4): 577-578
- Maucher, T.; Schnabel, U.; Volkwein, W.; Köhnlein, J.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.; Trick, I.; Oehr, C. (2011)
Assembly of standardized test specimen for microbial quantification of plasma sterilization processes of fine PTFE tubes as used in thermo sensitive medical devices like flexible endoscopes,
Plasma Processes and Polymers 8 (3): 200-207
- Michel, T.; Betz, D.; Cokoja, M.; Sieber, V.; Kühn, F. E. (2011)
Epoxidation of α -pinene catalyzed by methyltrioxorhenium(VII): Influence of additives, oxidants and solvents
Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 340 (1-2): 9-14
- Müller, M.; Oehr, C. (2011)
Comments on "An Essay on Contact Angle Measurements" by Strobel and Lyons,
Plasma Processes and Polymers 8 (1): 19-24
- Novosel, E. C.; Kleinhans, C.; Kluger, P. J. (2011)
Vascularization is the key challenge in tissue engineering,
Advanced Drug Delivery Reviews 63 (4-5): 300-311
- Novosel, E. C.; Meyer, W.; Klechowicz, N.; Krüger, H.; Wegener, M.; Walles, H.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T.; Kluger, P. J. (2011)
Evaluation of cell-material interactions on newly designed, printable polymers for tissue engineering applications,
Advanced Engineering Materials 13 (12): B467-B475
- Panowitz, S.; Barz, J.; Müller, M.; Franzke, J.; Oehr, C.; Hirth, T. (2011)
Diagnostics of low pressure microplasmas for surface modification,
Surface and Coatings Technology 205 (Supplement 2, PSE 2010 Special Issue): S381-S383
- Pudlas, M.; Berrio, D. A. C.; Votteler, M.; Koch, S.; Thude, S.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. (2011)
Non-contact discrimination of human bone marrow-derived mesenchymal stem cells and fibroblasts using Raman spectroscopy,
Medical Laser Application 26 (3): 119-125
- Pudlas, M.; Koch, S.; Bolwien, S.; Thude, S.; Jenne, N.; Hirth, T.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. (2011)
Raman spectroscopy – a non-invasive analysis tool for the discrimination of human skin cells,
Tissue Engineering Part C 17 (10): 1027-1040
- Pusch, J.; Votteler, M.; Göhler, S.; Engl, J.; Hampel, M.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. (2011)
The physiological performance of a three-dimensional model that mimics the microenvironment of the small intestine,
Biomaterials 32 (30): 7469-7478
- Qi-he, C.; Krügener, S.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2011)
Co-cultured production of lignin-modifying enzymes with white-rot fungi,
Applied Biochemistry and Biotechnology 165: 700-718
- Roelofs, K.; Hirth, T.; Schiestel, T. (2011)
Dihydrogenimidazole modified silica-sulfonated poly(ether ether ketone) hybrid materials as electrolyte membranes for direct ethanol fuel cells,
Materials Science and Engineering B 176 (9): 727-735
- Roetzer, A.; Klopff, E.; Gratz, N.; Marcet-Houben, M.; Hiller, E.; Rupp, S.; Gabaldon, T.; Kovarik, P.; Schuller, C. (2011)
Regulation of *Candida glabrata* oxidative stress resistance is adapted to host environment,
FEBS Letters 585 (2): 319-327
- Schenke-Layland, K. (2011)
Multiphoton imaging of extracellular matrix,
Tissue Engineering Part A 17 (3-4): 542
- Schenke-Layland, K. (2011)
From tissue engineering to regenerative medicine – the potential and the pitfalls,
Advanced Drug Delivery Reviews 63 (4-5): 193-194
- Schenke-Layland, K.; Nerem, R. M. (2011)
***In vitro* human tissue models – moving towards personalized regenerative medicine,**
Advanced Drug Delivery Reviews 63 (4-5): 195-196
- Schenke-Layland, K.; Nsair, A.; Van Handel, B.; Angelis, E.; Gluck, J.; Votteler, M.; Goldhaber, J. I.; Mikkola, H. K.; Kahn, M.; MacLellan, W. R. (2011)
Recapitulation of the embryonic cardiovascular progenitor cell niche,
Biomaterials 32 (11): 2748-2756
- Schild, L.; Heyken, A.; de Groot, P. W.; Hiller, E.; Mock, M.; de Koster, C.; Horn, U.; Rupp, S.; Hube, B. (2011)
Proteolytic cleavage of covalently linked cell wall proteins by *Candida albicans* Sap9 and Sap10,
Eukaryotic Cell 10 (1): 98-109
- Schmitt, R.; Marx, U.; Walles, H.; Schober, L. (2011)
Validation of artificial skin equivalents as *in vitro* testing systems,
Proceedings SPIE (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers) 7897 (Optical Interactions with Tissue and Cells XXII) (1): B1-B8

Veröffentlichungen 2011

Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A. (2011)

Surface functionalization of toner particles for three-dimensional laser-printing in biomaterial applications, Materials Research Society Proceedings 1340 (Symposium T – High-Speed and Large-Area Printing of Micro/Nanostructures and Devices): mrs11-1340-t05-09 (6 pages)

Votteler, M.; Berrio, D. A. C.; Pudlas, M.; Walles, H.; Stock, U. A.; Schenke-Layland, K. (2011)

Raman spectroscopy for the non-contact and non-destructive monitoring of collagen damage within tissues, Journal of Biophotonics 5 (1): 47-56

Waelkens, B. E.; Sternad, W. (2011)

Potencial de otimização da produção de biogás gerado por uma digestão anaeróbia em etes, Revista AIDIS 4 (1): 65-75

Walles, T. (2011)

Tracheobronchial bio-engineering: Biotechnology fulfilling unmet medical needs, Advanced Drug Delivery Reviews 63 (4-5): 367-374

Weber, C. G.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T. (2011)

Biofilmvermeidung durch natürliche Wirkstoffe – gezielte und langfristige Freisetzung durch ein PEG-basiertes Depotsystem, Biomaterialien (Journal of functional materials, biomechanics, and tissue engineering) 12 (1-4): 2

Veröffentlichungen 2011 | Poster

Poster

Barz, J.; Baier, M.; Schmidt, M.; Haupt, M.; Oehr, C.
Scaling of plasma processes for barrier coatings and drain-off coatings from 2D to 3D substrates, 15. Fachtagung Plasmatechnologie (PT15), 28. Februar - 2. März 2011, Stuttgart, Germany

Bilbao, J.; Frank, D.; Egner, S.; Trösch, W.
Phosphorrückgewinnung aus Abwasser durch elektrochemische Struvitfällung, DECHEMA/DWA Industrietage Wassertechnik 2011, 7.-8. November 2011, Frankfurt am Main, Germany

Carrillo Riveros, P. A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Chemo-enzymatic epoxidation of fatty acids and triacylglycerides from various plant oils, 4th Workshop on Fats and Oils as Renewable Feedstock for the Chemical Industry, 20.-22. März 2011, Karlsruhe, Germany

Carrillo Riveros, P. A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Chemo-enzymatic epoxidation of fatty acids and triacylglycerides from various plant oils, Forum Life Science 2011, 23.-24. März 2011, München, Germany

Dally, I.
In vitro development of a vascularized tracheal patch to restore airway defects after resection, TERMIS-EU Chapter Meeting, 7.-10. Juni 2011, Granada, Spain

Groeger, C.; Seibert, A.; Schmid-Staiger, U.; Trösch, W.; Hirth, T.
Untersuchung des Zellaufschlusses von *Phaeodactylum tricornutum*, 4. Bundesalgenstammtisch, 3.-4. Mai 2011, Hamburg, Germany

Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Suitable microorganisms for lactic acid production out of wheat straw hydrolysate, 8th European Congress of Chemical Engineering/ProcessNet-Annual Meeting 1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany

Gronen, A.; Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
From lignocellulose to fermentation products, Forum Life Science 2011, 23.-24. März 2011, München, Germany

Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Gretzinger, S.; Hirth, T.
Loaded micro- and nanoparticles by spray drying Particles 2011 – Stimuli-Responsive Particles and Particle Assemblies, 9.-12. Juli 2011, Berlin, Germany

Grumaz, C.; Lorenz, S.; Stevens, P.; Lindemann, E.; Retey, J.; Schöck, U.; Rupp, S.; Sohn, K.
Species- and condition-specific adaptation of the transcriptional landscapes in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis*, 4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France

Hänel, C.; Roelofs, K. S.; Schiestel, T.
Development of high performing pressure retarded osmosis membranes, International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2011), 23.-29. Juli 2011, Amsterdam, Netherlands

Hiller, E.; Dörflinger, M.; Brunke, S.; Jabobsen, I.; Marcet-Houben, M.; Gabaldon, T.; Schwarzmüller, T.; Hube, B.; Kuchler, K.; Rupp, S.
Comprehensive gene deletion study to identify cell wall organisation and structure in *Candida glabrata*, 4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France

Hiller, E.; Dörflinger, M.; Brunke, S.; Jabobsen, I.; Marcet-Houben, M.; Gabaldon, T.; Schwarzmüller, T.; Hube, B.; Kuchler, K.; Rupp, S.
Comprehensive gene deletion study to identify cell wall organisation and structure in *Candida glabrata*, 63. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) e. V., 25.-28. September 2011, Essen, Germany

Hinderer, S.
Formation of angiogenic structures in a 3D dynamic cultivation system, The Annual Hilton Head Workshop, 16.-19. März 2011, Hilton Head, SC, USA

Veröffentlichungen 2011 | Poster

- Hinderer, S.; Bayrack, A.; Hampel, M.; Seifert, M.; Walles, T.; Schenke-Layland, K. **Electrospin proteoglycan scaffolds for tracheal tissue engineering applications**, 24th European Conference on Biomaterials (ESB 2011), 4.-8. September 2011, Dublin, Ireland
- Hinderer, S.; Kayser, M.; Schesny, M.; Reinhardt, D. P.; Schenke-Layland, K. **Design of an electrospinning system for generation of elastic scaffolds**, Gordon Research Conferences: Elastin and Elastic Fibers, 24.-29. Juli 2011, Biddeford, ME, USA
- Hinderer, S.; Novosel, E. C.; Hansmann, J.; Kluger, P.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. **Three-dimensional dynamic *in vitro* angiogenesis system**, 4th International Conference on Tissue Engineering, 31. Mai - 5. Juni 2011, Chania, Kreta, Greece
- Hoch, E.; Jando, J.; Pufky-Heinrich, D.; Kluger, P.; Hirth, T.; Tovar, G.; Borchers, K. **Photopolymerizable gelatin for the generation of artificial cartilage**, European Symposium on Biomaterials and Related Areas (Euro BioMat), 13.-14. April 2011, Jena, Germany
- Hoch, E.; Schuh, C.; Hirth, T.; Tovar, G.; Borchers, K. **Photopolymerizable biopolymer-based hydrogels for the generation of artificial cartilage**, World Conference on Regenerative Medicine 2.-4. November 2011, Leipzig, Germany
- Hoch, E.; Schuh, C.; Hirth, T.; Tovar, G.; Borchers, K. **Gelatin-based cell-laden hydrogels covering a wide range of viscoelastic properties for the generation of artificial cartilage**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien 2011, 10.-12. November 2011, Gießen, Germany
- Kahlig, A.; Kleinhans, C.; Hansmann, J.; Steinmüller-Nehl, D.; Walles, H. **Development of a bioreactor to cultivate bone tissue *in vitro* supported by using fluid simulations**, World Conference on Regenerative Medicine, 2.-4. November 2011, Leipzig, Germany
- Keller, P.; Burger-Kentischer, A.; Finkelmeier, D.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Rupp, S. **Identification and characterization of novel antifungal compounds using a screening assay based on host-pathogen interaction models**, 4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France
- Keller, P.; Burger-Kentischer, A.; Finkelmeier, D.; Kleymann, G.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Rupp, S. **Identifizierung und Charakterisierung von neuen antimykotischen Komponenten mittels einer Screening-Methode, die auf einem Wirt-Pathogen-Interaktionsmodell basiert**, 45. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e. V., 1.-3. September 2011, Kiel, Germany
- Kerger, C.; Weber, C.; Burger-Kentischer, A.; Hirth, T. **Expressionsoptimierung und Aufarbeitung der rekombinanten N-Acyl-Homoserinlacton Lactonase AiiA**, GVC/DECHEMA Vortrags- und Diskussionstagung: Bioverfahrenstechnik an Grenzflächen, 30. Mai - 1. Juni 2011, Potsdam, Germany
- Klechowitz, N.; Novosel, E. C.; Meyer, W.; Wegener, M.; Krüger, H.; Schuh, C.; Borchers, K.; Walles, H.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Kluger, P. J. **Studies on cell-material interactions on new developed 3D-printable biomaterials with covalently linked thioheparin**, European Symposium on Biomaterials and Related Areas (Euro BioMat), 13.-14. April 2011, Jena, Germany
- Kleinhans, C.; Kluger, P.; Müller, M.; Walles, H.; Hirth, T. **Einfluss plasmafunktionalisierter Biomaterialien auf das Adhäsions- und Proliferationsverhalten mesenchymaler Stammzellen**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien 2011, 10.-12. November 2011, Gießen, Germany
- Kleinhans, C.; Schneider, S.; Müller, M.; Barz, J.; Schiestel, T.; Heymer, A.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. J. **Plasma-functionalized bone substitutes for better adhesion and proliferation of human mesenchymal stem cells**, TERMIS-EU Chapter Meeting, 7.-10. Juni 2011, Granada, Spain
- Kleinhans, C.; Schneider, S.; Müller, M.; Schiestel, T.; Heymer, A.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. **Evaluation of plasma-functionalized bone substitutes on the adhesion, proliferation and differentiation of human mesenchymal stem cells**, 24th European Conference on Biomaterials (ESB 2011), 4.-8. September 2011, Dublin, Ireland
- Kleinhans, C.; Schneider, S.; Müller, M.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. J. **Impact of plasma-functionalized biomaterials on proliferation and differentiation of human mesenchymal stem cells**, European Symposium on Biomaterials and Related Areas (Euro BioMat), 13.-14. April 2011, Jena, Germany
- Kluger, P. J.; Wurster, S.; Kleinhans, C.; Maierle, J.; Büth, H.; Pretzsch, F.; Zschörper, N.; Hirth, T.; Müller, M.; Walles, H. **Generation of optimized culture substrates for primary human cells by chemically and topographically modified interfaces**, 24th European Conference on Biomaterials (ESB 2011), 4.-8. September 2011, Dublin, Ireland
- Knopf, A.; Koch, S.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. **Utilization of Raman spectroscopy for the non-invasive characterization of mouse embryonic stem cell differentiation state**, 4th International Conference on Tissue Engineering, 31. Mai - 5. Juni 2011, Chania, Kreta, Greece

- Krügenger, S.; Qi-he, C.; Hirth, T.; Zibek, S.; Rupp, S.
Co-cultured production of lignin-modifying enzymes with white-rot fungi and its potential application, Annual Conference of the Association for General and Applied Microbiology (VAAM 2011) 3.-6. April 2011, Karlsruhe, Germany
- Lass-Seyoum, A.; Blicher, M.; Borozdenko, D.; Langhof, T.; Friedrich, T.
Experimental characterization and technical evaluation on zeolites in different sized sorption thermal energy storage systems, 5th International FEZA Conference, 3.-7. Juli 2011, Valencia, Spain
- Lemuth, K.; Steuer, K.; Mai, M.; Knabbe, C.; Weile, J.; Rupp, S.
High-level azole-resistance in a clinical *Candida albicans* isolate, 4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France
- Liedke, A.; Münkkel, R.; Schmid-Staiger, U.; Trösch, W.; Hirth, T.
Characterization and comparison of continuous and two-stage batch cultivation strategies for the lipid production process in FPA reactors with *Chlorella vulgaris*, 8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting 1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Lorenz, S.; Grumaz, C.; Rupp, S.; Sohn, K.
CountBases – A bioinformatic platform for next-generation transcriptome analyses, Functional Genomics – Next Generation Applications and Technologies (successor of Status Seminar Chip Technologies), 3.-4. Februar 2011, Frankfurt am Main, Germany
- Ludwig, D.; Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
From lignocellulose to platform chemicals, 7th International Conference on Renewable Resources and Biorefineries (RRB 7), 8.-10. Juni 2011, Brügge, Belgium
- Maucher, T.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.
Evaluation of sterilization process efficiency with endospores and pyrogens, How dead is dead II (The ins and outs of bacterial dormancy), 16.-17. Juni 2011, Tübingen, Germany
- Maucher, T.; Geiger, G.; Burger-Kentischer, A.; Trick, I.
Influence of substances of different origin on fluorescence of a whole cell sensor, 5th European Summerschool («Proteomics Basics»), 31. Juli - 6. August 2011, Brixen, Italy
- Maucher, T.; Geiger, G.; Burger-Kentischer, A.; Trick, I.; Hirth, T.
Detection of B- and C-substances in the water supply system using a novel biosensor system, 8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting 1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Mohr, M.; Sternad, W.; Schließmann, U.; Trösch, W.; Ante, A.
Optimierung des Rotations-scheibenfilters für die anaerobe Abwasserreinigung, DECHEMA/DWA Industrietage Wassertechnik 2011 7.-8. November 2011, Frankfurt am Main, Germany
- Mohr, M.; Trick, I.; Trösch, W.
Municipal wastewater after anaerobic treatment and membrane filtration: Possibilities for irrigation and fertilization, 8th IWA International Conference on Water Reclamation & Reuse, 26.-29. September 2011, Barcelona, Spain
- Münkkel, R.; Liedke, A.; Schmid-Staiger, U.; Trösch, W.; Hirth, T.
Charakterisierung einer kontinuierlichen Prozessstrategie zur Lipidproduktion mit *Chlorella vulgaris* im FPA Reaktor und deren Vergleich mit einem zweistufigen Batch-Prozess, 4. Bundesalgenstammtisch, 3.-4. Mai 2011, Hamburg, Germany
- Palzer, S.; Kazenwadel, F.; Berg, M.; Rupp, S.; Sohn, K.
Expanding the genetic code of *Candida albicans* for the incorporation of unnatural photocrosslinker amino acids *in vivo*, 4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France
- Pudlas, M.
Detection of different cartilage characteristics by Raman microspectroscopy, The Annual Hilton Head Conference, 16. -19. März 2011, Hilton Head, SC, USA
- Purschke, F.; Hiller, E.; Burger-Kentischer, A.; Rupp, S.; Trick, I.; Hirth, T.
Analysis of the secretome during formation of biofilms by *Candida albicans*, 4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France
- Pusch, K.
Bioreactor system for the development of an *in vitro* fascia-/hernia model, The Annual Hilton Head Workshop, 16.-19. März 2011, Hilton Head, SC, USA
- Pusch, K.; Hansmann, J.; Dietz, U.; Walles, H.; Schenke-Layland, K.
Development of a hernia disease model for the analysis of altered collagen ratios, Gordon Research Conference: Collagen, 17.-22. Juli 2011, New London, NH, USA
- Roelofs, K.; Barz, J.; Wietschorke, W.; Zink, J.; Geng, J.; Schiestel, T.; Hirth, T.
Development of novel high-performance membranes for filtration, 6th IWA Specialist Conference on Membrane Technology for Water & Wastewater Treatment, 4.-7. Oktober 2011, Aachen, Germany
- Roelofs, K.; Cremers, C.; Hirth, T.; Schiestel, T.
Functionalized mixed matrix membranes for direct ethanol fuel cells, International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2011), 23.-29. Juli 2011, Amsterdam, Netherlands

Veröffentlichungen 2011 | Poster

- Roelofs, K.; Moller, B.; Barz, J.; Schiestel, T.; Hirth, T.
Surface modification of mixed matrix membranes for the reduction of fouling,
International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2011), 23.-29. Juli 2011, Amsterdam, Netherlands
- Roelofs, K.; Moller, B.; Barz, J.; Schiestel, T.; Hirth, T.
Surface modification of mixed matrix membranes for the reduction of fouling,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Roelofs, K.; Moller, B.; Barz, J.; Schiestel, T.; Hirth, T.
Surface modification of mixed matrix membranes for the reduction of fouling,
6th IWA Specialist Conference on Membrane Technology for Water & Wastewater Treatment, 4.-7. Oktober 2011, Aachen, Germany
- Schandrar, M.; Dally, I.; Pusch, J.; Linke, K.; Walles, H.; Hirth, T.
In vitro development of a vascularised tracheal patch to restore airway defects after resection,
Forum Life Science, 23.-24. März 2011, München, Germany
- Schenke-Layland, K.
Extracellular matrix imaging in Biomedical Research,
Extracellular Matrix and Cardiovascular Remodeling Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology, 23.-28. Januar 2011, Granlibakken Resort, Tahoe City, CA, USA
- Schenke-Layland, K.; Nasair, A.; Van Handel, B.; MacLellan, W. R.
Characterization and bioengineering of the embryonic cardiovascular progenitor cell niche,
Extracellular Matrix and Cardiovascular Remodeling Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology, 23.-28. Januar 2011, Granlibakken Resort, Tahoe City, CA, USA
- Schmid, F. F.; Ghodbane, S.; Schober, L.; Ruff, M.; Hirth, T.; Walles, H.; Steinmüller-Nethl, D.; Kluger, P.
Interactions of primary human skin cells and diamond coated implant material for endo-exo-prosthesis,
Molecular and Applied Biosciences Austria 2011 (3. Jahrestagung ÖGMBT), 28.-30. September 2011, Puch/Salzburg, Austria
- Schmid, F. F.; Schober, L.; Hirth, T.; Walles, H.; Kluger, P. J.
Artificial human skin as in vitro test system for implant materials,
European Symposium on Biomaterials and Related Areas (Euro BioMat), 13.-14. April 2011, Jena, Germany
- Southan, A.; Schuh, C.; Hirth, T.; Tovar, G.
Side-chain-functionalized poly(ethylene glycol)s for the formation of hydrogels by click-chemistry,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Southan, A.; Schuh, C.; Hirth, T.; Tovar, G.
Novel hydrogels based on side-chain-functionalized poly(ethylene glycol),
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien 2011, 10.-12. November 2011, Heilbad Heiligenstadt, Germany
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Polymeric particles for three-dimensional laser printing in biomaterial applications,
Gordon Research Conference: Polymers, 12.-17. Juni 2011, South Hadley, MA, USA
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Hirth, T.; Weber, A.; Tovar, G.
Surface functionalization of toner particles for three-dimensional laser printing in biomaterial applications,
Nanotech 2011, 13.-16. Juni 2011, Boston, MA, USA
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Surface functionalization of toner particles for three-dimensional laser printing in biomaterial applications,
MRS Spring Meeting 2011, 25.-29. April 2011, San Francisco, CA, USA
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Partikeloberflächenmodifikationen mittels Klick-Chemie in der Elektrophotographie: Effiziente Funktionalisierung für den Aufbau dreidimensionaler Objekte,
5. Symposium »Produktgestaltung in der Partikeltechnologie«, 19.-20. Mai 2011, Pfinztal, Germany
- Votteler, M.
Non-invasive Raman spectroscopy of cardiovascular matrix,
The Annual Hilton Head Workshop, 16.-19. März 2011, Hilton Head, SC, USA
- Votteler, M.; Hinderer, S.; Kayser, M.; Pusch, K.; Stock, U. A.; Reinhardt, D. P.; Aikawa, E.; Schenke-Layland, K.
Elastic fiber formation in developing human outflow tract heart valves,
Gordon Research Conferences: Elastin and Elastic Fibers, 24.-29. Juli 2011, Biddeford, ME, USA
- Weber, C.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T.
Biofilmvermeidung durch natürliche Wirkstoffe – gezielte und langfristige Freisetzung durch ein PEG-basiertes Depotsystem,
GVC/DECHEMA Vortrags- und Diskussionstagung: Bioverfahrenstechnik an Grenzflächen, 30. Mai - 1. Juni 2011, Potsdam, Germany

Veröffentlichungen 2011 | Vorträge

Weber, C.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T.

Preparation and characterization of PEG-based hydrogels as antibiofilm agent delivery systems

GVC/DECHEMA Vortrags- und Diskussionstagung: Bioverfahrenstechnik an Grenzflächen, 30. Mai - 1. Juni 2011, Potsdam, Germany

Weber, C.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T.

PEG-based hydrogels as antibiofilm-agent delivery systems,

Eurobiofilms II – 2nd European Congress on Microbial Biofilms, 6.-8. Juli 2011, Kopenhagen, Denmark

Weishaupt, S.; Hoheisel, J.; Thorns, C.; Merz, H.;

Integrated genomic profiling for improved sub-classification of aggressive B-cell lymphoma based on a universal array platform

Functional Genomics – Next Generation Applications and Technologies (successor of Status Seminar Chip Technologies), 3.-4. Februar 2011, Frankfurt am Main, Germany

Zipperle, M.; Schirmeister, S.; Caro, J.; Schiestel, T.

BCFZ capillary membranes for oxygen separation,

International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2011), 23.-29. Juli 2011, Amsterdam, Netherlands

Vorträge

Nanostrukturierte Komposit-adsorbermembran zur Anreicherung von Spurenstoffen aus Wasser am Beispiel von Bisphenol A,

86. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium, 13. Oktober 2011, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, Germany

Barz, J.

Kein Durchlass – Permeationsbarriereschichten, IHK Technologie-Akademie für den Mittelstand »Oberflächen charakterisieren, modifizieren und reinigen«, 20. April 2011, Fraunhofer IGB, Stuttgart, Germany

Blath, J.; Hirth, T.; Schiestel, T. Supported ionic liquid ceramic membranes for gas separation,

International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2011), 23.-29. Juli 2011, Amsterdam, Netherlands

Blath, J.; Hirth, T.; Schiestel, T. Physical gas absorption in various RTILs in comparison to chemical absorption in imidazolium based ionic liquids containing a basic anion,

1st International Conference on Ionic Liquids in Separation and Purification Technology (ILSEPT), 4.-7. September 2011, Sitges, Spain

Blath, J.; Schiestel, T.; Hirth, T.

Ionic liquids and their application in gas separation,

8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting,
25.-29. September 2011, Berlin, Germany

Blicker, M.

Investigation and up-scale of a closed thermo-chemical heat storage technology to be used in industrial processes and heating applications, 6th International Renewable Energy Storage Conference and Exhibition (IRES 2011), 28.-30. November 2011, Berlin, Germany

Borchers, K.; Bierwisch, C.; Engelhardt, S.; Graf, C.; Hirth, T.; Hoch, E.; Jaeger, R.; Kluger, P.; Krüger, H.; Meyer, W.; Novosel, E.; Refle, O.; Schuh, C.; Seiler, N.; Tovar, G.; Wegener, M.; Ziegler, T.
Material- und Prozessentwicklung für die Herstellung kleinlumiger, verzweigter Gefäßsysteme mittels Inkjetdruck und Zweiphotonenpolymerisation,
8. Thüringer Biomaterialkolloquium, 15. September 2011, Zeulenroda, Germany
In: Tagungsband, S. 309

Burger-Kentischer, A.

Pyrogene Rückstände – Risiko – Nachweismethoden, V2011 »Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik« (Industrierausstellung & Workshop-Woche), Sitzung des Fachausschusses »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und Medizintechnik«, 18.-20. Oktober 2011, Dresden, Germany

Dally, I.

Reconstruction of tracheal lesions by bioartificial tissue – From R&D to GMP, World Conference on Regenerative Medicine, 2.-4. November 2011, Leipzig, Germany

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.

Automatisierte Herstellung von tissue-engineerten Produkten, Innovationsforum Bio-Logistik, 17.-19. Mai 2011, Leipzig, Germany

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.
Development of an vascularized skin equivalent,
TERMIS-EU Chapter Meeting, 7.-10. Juni 2011, Granada, Spain

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.
Development of a vascularized skin model,
41st Annual European Society for Dermatological Research Meeting, 7.-10. September 2011, Barcelona, Spain

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.
Development of a vascularized skin model,
XXXVIII Congress of the European Society for Artificial Organs (ESAO 2011), 9.-12. Oktober 2011, Porto, Portugal

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.

Development of a vascularized skin model, World Conference on Regenerative Medicine, 2.-4. November 2011, Leipzig, Germany

Veröffentlichungen 2011 | Vorträge

- Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Parallel bacterial conversion of C5- and C6 sugars from wheat straw hydrolysate to lactic acid,
International Conference on Materials and Technologies for Green Chemistry, 5.-9. September 2011, Tallinn, Estonia
- Gruber-Traub, C.; Hirth, T.; Tovar, G.; Weber, A.
Biomimetische Nanopartikel: Konzept, Design und Anwendungen,
Symposium »Wissenschaft, die Schönheit schafft« im Rahmen der health&pharma, 18. September 2011, Bern, Switzerland
- Grumaz, C.; Lorenz, S.; Stevens, P.; Lindemann, E.; Retey, J.; Schöck, U.; Rupp, S.; Sohn, K.
Species- and condition-specific adaptation of the transcriptional landscapes in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis*,
4th FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 7.-13. Mai 2011, La Colle sur Loup, France
- Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Microbial synthesis and purification of cellobiose lipids and mannosylerythritol lipids,
8th European Congress of Chemical Engineering/ProcessNet-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Chemo-enzymatic epoxidation of fatty acids and triacylglycerides from various plant oils,
7th International Conference on Renewable Resources and Biorefineries (RRB 7), 8.-10. Juni 2011, Brügge, Belgium
- Haupt, M.
Charakterisierung, mechanisch, zellbiologisch, Grenzfläche,
OTTI-Fachtagung: Implantate – Einsatzbereiche, Materialien, Beschichtung und Infektionsbekämpfung, 23.-24. Mai 2011, Regensburg, Germany
- Haupt, M.
Oberflächenanalytik zur Qualitätskontrolle,
Fachforum zur Fachmesse parts2clean, 25.-27. Oktober 2011, Stuttgart, Germany
- Hirth, T.
Vom Rohstoff zum Produkt – neue Strategien zur stofflichen Nutzung von Holz,
Presse-Dinner »Forstwirtschaft und BioÖkonomie – Auf nachhaltigem Weg in die Zukunft« der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Waldbesitzerverbände e. V., 19. Januar 2011, Berlin, Germany
- Hirth, T.
Vom Rohstoff zum Biopolymer durch Integration von Biotechnologie und Chemie,
3. Biopolymer-Kolloquium, 25. Januar 2011, Fraunhofer IAP, Berlin, Germany
- Hirth, T.
Bioökonomie – Der Beitrag der industriellen Biotechnologie zu Innovation, Rohstoffwandel und Klimaschutz,
Neujahrsempfang der Fakultät Pharmazeutische Biotechnologie der Hochschule Biberach, 2. Februar 2011, Biberach, Germany
- Hirth, T.
Mit regenerativen Rohstoffen dem Wandel begegnen – Von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie,
BIO-raffiniert VI – Nachwachsende Rohstoffe nachhaltig nutzen, 15.-16. Februar 2011, Oberhausen, Germany
- Hirth, T.
Monomere und Polymere auf der Basis nachwachsender Rohstoffe,
22. Stuttgarter Kunststoffkolloquium, 16.-17. März 2011, Universität Stuttgart, Germany
- Hirth, T.
Rohstoffwandel – Anforderungen an biotechnologische und chemische Prozesse,
Forum Life Sciences 2011, 23.-24. März 2011, München, Germany
- Hirth, T.
Mit nachwachsenden Rohstoffen dem Wandel begegnen – von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie,
11th Leibniz Conference of Advanced Science – »Solarzeitalter 2011«, 12.-13. Mai 2011, Lichtenwalde, Germany
- Hirth, T.
Funktionalisierte Kunststoffe in der Medizintechnik – Materialien, Prozesse und Produkte,
Cluster-Workshop: Funktionalisierte Kunststoffe in der Medizintechnik – Innovationsimpuls für den Mittelstand, 17. Mai 2011, Tuttlingen, Germany
- Hirth, T.
Herausforderung Rohstoffwandel – Alternativ mit nachwachsenden Rohstoffen dem Wandel begegnen,
InnovationsForum: Bioökonomie, Herausforderungen und Chancen für Industrie, Landwirtschaft und Umwelt, 8. Juni 2011, Frankfurt am Main, Germany
- Hirth, T.
Challenges of raw material change from biomass to bio-products,
Taminco Green Footsteps Event, 17. Juni 2011, Vilvoorde, Belgium
- Hirth, T.
Bioökonomie – Innovation, Rohstoffwandel und Klimaschutz,
Seminar »Junge Wissenschaft und Praxis 2011 – Wissensgesellschaft und Expertentum«, 24. Juni 2011, Leipzig, Germany
- Hirth, T.
Rohstoffwandel – Anforderungen an biotechnologische und chemische Prozesse,
Wissenschaftliches Kolloquium, 3. August 2011, Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg, Germany
- Hirth, T.
Challenges in change of the raw material source. The Leuna biorefinery project,
European Congress »Plant based Chemistry for 2020«, 5.-7. September 2011, Paris, France
- Hirth, T.
Mit nachwachsenden Rohstoffen dem Wandel begegnen – von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie,
Workshop »Klimagarten«, 14. September 2011, Halle, Germany

- Hirth, T.
Grundzüge einer Bioökonomie in Deutschland – Folgen für die Holznutzung,
Gartower Oktobergespräche
»Management von Nährstoffkreisläufen im Wald«,
15. Oktober 2011,
Gartow, Germany
- Hirth, T.
Monomere und Polymere auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, Biobasierte Polymere – Nachwachsende Rohstoffe – Nachhaltige Produktion,
VDI-Expertenforum: Bio-Kunststoffe und Grüne Werkstoffe – reif für die Anwendung?,
17. Oktober 2011,
Reutlingen, Germany
- Hirth, T.
Natürliche Ressourcen schonend nutzen – Potenziale der neuen Biotechnologie,
Niedersächsisches Forum Kunststofftechnik 2011,
17. November 2011,
Hannover, Germany
- Hirth, T.
Monomere und Polymere auf der Basis nachwachsender Rohstoffe,
Tag der Industriellen Biotechnologie, Zentrum für Bioverfahrenstechnik der Universität Stuttgart,
25. November 2011,
Stuttgart, Germany
- Hirth, T.
Stoffliche Nutzung von biogenen Roh- und Reststoffen – Auf dem Weg zur Bioökonomie,
8. Dezember 2011,
TU Darmstadt, Germany
- Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Walles, H.
Establishment of a human *in vitro* model of the renal proximal tubule
TERMIS-EU Chapter Meeting,
7.-10. Juni 2011, Granada, Spain
- Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Walles, H.
Human kidney-derived cells cultured on small intestinal submucosa to generate a renal proximal tubule model,
World Conference on Regenerative Medicine,
2.-4. November 2011,
Leipzig, Germany
- Kahlig, A.; Hansmann, J.; Walles, H.; Hirth, T.
Using simulations to evaluate the proper conditions of the *in vitro* culture of bone tissue,
COMSOL Conference,
26.-28. Oktober 2011,
Stuttgart, Germany
- Kleinhans, C.; Schneider, S.; Barz, J.; Schiestel, T.; Müller, M.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P.
Plasma-functionalization of polystyrene and bone substitute material-better adhesion and proliferation conditions for human mesenchymal stem cells,
45. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (BMT 2011),
27.-30. September 2011,
Freiburg, Germany
- Kluger, P. J.
Material- und Prozessentwicklung für die Herstellung kleinlumiger verzweigter Gefäßsysteme mittels Inkjetdruck und Zweiphotonenpolymerisation,
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien 2011,
10.-12. November 2011,
Gießen, Germany
- Kluger, P. J.; Borchers, K.; Refle, O.; Engelhard, S.; Meyer, W.; Novosel, E. C.; Graf, C.; Bierwisch, C.; Schuh, C.; Seiler, N.; Wegener, M.; Krüger, H.; Jaeger, R.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Fabricating small diameter, branched vascular systems by combining inkjet printing and multiphoton polymerization,
TERMIS-EU Chapter Meeting,
7.-10. Juni 2011, Granada, Spain
- Kluger, P. J.; Borchers, K.; Refle, O.; Engelhard, S.; Meyer, W.; Novosel, E. C.; Graf, C.; Bierwisch, C.; Schuh, C.; Seiler, N.; Wegener, M.; Krüger, H.; Jaeger, R.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Generation of small diameter, branched vascular systems by a combination of inkjet printing and multiphoton polymerization,
45. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (BMT 2011),
27.-30. September 2011,
Freiburg, Germany
- Kluger, P. J.; Borchers, K.; Refle, O.; Engelhard, S.; Meyer, W.; Novosel, E. C.; Graf, C.; Bierwisch, C.; Schuh, C.; Seiler, N.; Wegener, M.; Krüger, H.; Jaeger, R.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Artificial branched blood vessel systems with small diameter generated by combining inkjet printing and multiphoton polymerization,
European Symposium on Biomaterials and Related Areas (Euro BioMat),
13.-14. April 2011,
Jena, Germany
- Kluger, P. J.; Schmid, F. F.; Ghodbane, S.; Steinmüller-Nethl, D.
Optimierung von diamantbeschichteten Implantatmaterialien für Endo-Exo-Prothesen,
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien 2011,
10.-12. November 2011,
Gießen, Germany
- Lemuth, K.; Hiller, E.; Hartmann, S. C.; Weishaupt, S.; Keller, P.; Rupp, S.
DNA-Microarrays für die Infektionsforschung und Diagnostik am Fraunhofer IGB,
Genepix Summit 2011,
20. Oktober 2011,
Berlin, Germany
- Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Lignocellulose biorefinery: Producing precursors for chemical industry,
International Conference on Materials and Technologies for Green Chemistry,
5.-9. September 2011,
Tallinn, Estonia
- Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Optimization and model-based description of lignocellulose biorefinery processes,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting,
25.-29. September 2011,
Berlin, Germany
- Mohr, M.
Rückgewinnung von Stickstoff und Phosphor aus Schlammwasser,
15. Kolloquium zur kommunalen Abwasser- und Abfallbehandlung – Technologie mit Zukunft,
13. April 2011,
Stuttgart, Germany

Veröffentlichungen 2011 | Vorträge

- Mohr, M.
**Semi-dezentrales Wasser-
management in Knittlingen
und Heidelberg-Neurott –
Konzepte und Ergebnisse,**
Deutsch-Russisches
Umweltforum,
23.-24. November 2011,
Meleus, Russia
- Müller, M.
**Veränderte Haftung mit
Plasmatechnik,**
IHK Technologie-Akademie
für den Mittelstand
»Oberflächen charakterisieren,
modifizieren und reinigen«,
20. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart, Germany
- Müller, M.
**Plasma treatment of
contact lenses,**
38th Annual European
Federation of Contact Lens
Industries Congress,
12.-14. Mai 2011,
Barcelona, Spain
- Müller, M.; Burger-Kentischer, A.;
Trick, I.
**Biologische Dekontamination
von thermolabilen Materialien
mit Niederdruckplasma,**
V2011 »Vakuumbeschichtung
und Plasmaoberflächentechnik«
(Industrieausstellung & Work-
shop-Woche),
Workshop: Beschichtung für
Biologie und Medizintechnik,
17.- 20. Oktober 2011,
Dresden, Germany
- Müller, M.; Burger-Kentischer, A.;
Trick, I.; Barz, J.
**Plasma sources for the decon-
tamination of spores in long
and narrow polymeric tubes
using low pressure plasmas,**
International Symposium on
Plasma Chemistry (ISPC 20),
24.-29. November 2011,
Philadelphia, PA, USA
- Novosel, E. C.; Klechowicz, N.;
Fischer, A.; Meyer, W.; Schuh, C.;
Borchers, K.; Wegener, M.;
Krüger, H.; Walles, H.; Hirth, T.;
Tovar, G. E. M.; Kluger, P. J.
**Dynamic culture of endothelial
cells on new biofunctional-
ized 3D-printable polymers for
small diameter grafts,**
TERMIS-EU Chapter Meeting,
7.-10. Juni 2011, Granada, Spain
- Novosel, E.; Klechowicz, N.;
Fischer, A.; Meyer, W.; Schuh, C.;
Borchers, K.; Wegener, M.;
Krüger, H.; Walles, H.; Hirth, T.;
Tovar, G.; Kluger, P.
**Dynamic culture of endothelial
cells on thioheparin and
RGDC functionalized polyacry-
lates for vascular tissue engi-
neering,**
45. Jahrestagung der Deutschen
Gesellschaft für Biomedizinische
Technik (BMT 2011),
27.-30. September 2011,
Freiburg, Germany
- Novosel, E.; Klechowicz, N.;
Meyer, W.; Schuh, C.; Borchers,
K.; Wegener, M.; Krüger, H.;
Walles, H.; Hirth, T.; Tovar, G.;
Kluger, P.
**Artificial small diameter
blood vessels based on new
biofunctionalized 3D-print-
able polymers,**
Jahrestagung der
Deutschen Gesellschaft für
Biomaterialien 2011,
10.-12. November 2011,
Gießen, Germany
- Novosel, E.; Klechowicz, N.;
Schuh, C.; Fischer, A.; Meyer, W.;
Wegener, M.; Krüger, H.;
Borchers, K.; Walles, H.; Hirth, T.;
Tovar, G.; Kluger, P.
**Biofunctionalization and dy-
namical culture of endothelial
cells on new 3D-printable
polymers for small diameter
grafts,**
24th European Conference
on Biomaterials (ESB 2011),
4.-8. September 2011,
Dublin, Ireland
- Novosel, E. C.; Meyer, W.;
Klechowicz, N.; Fischer, A.;
Wegener, M.; Krüger, H.;
Schuh, C.; Walles, H.; Hirth, T.;
Tovar, G. E. M.; Kluger, P. J.
**Biofunctionalized rapid proto-
typing generated blood ves-
sels for vascularization of tis-
sue engineering constructs,**
European Symposium on
Biomaterials and Related Areas
(Euro BioMat),
13.-14. April 2011,
Jena, Germany
- Oehr, C.
**Auf die Oberfläche
kommt es an,**
IHK Technologie-Akademie für
den Mittelstand
»Oberflächen charakterisieren,
modifizieren und reinigen«,
20. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart, Germany
- Oehr, C.
**Plasma treatment of materials
for medical application,**
Lecture at Department of
Macromolecular Physics,
Charles University Prague,
24. April 2011,
Prag, Czech Republic
- Oehr, C.
**Plasma treatment and
deposition of materials for
medical application,**
18th International Colloquium on
Plasma Processes (CIP 2011)
4.-8. Juli 2011, Nantes, France
- Rupp, S.
**Host-pathogen interaction
models to analyze *Candida
albicans* virulence mechanisms,**
Defense, KU Leuven,
6. April 2011, Leuven, Belgium
- Rupp, S.
BioSurf,
ERA-IB Meeting,
13.-14. April 2011,
Warschau, Poland
- Rupp, S.
Introduction,
4th FEBS Advanced Lecture
Course Human Fungal Patho-
gens: Molecular Mechanisms
of Host-Pathogen Interactions
and Virulence,
7.-13. Mai 2011,
La Colle sur Loup, France
- Rupp, S.
**Wirt-Pathogen-Interaktion
bei *Candida albicans*,**
50 Jahre Deutschsprachige
Mykologische Gesellschaft e. V.
(DMyKG),
17.-18. Juni 2011, Essen, Germany
- Rupp, S.
Molekulare Biotechnologie,
Hochschule Biberach,
28. Juni 2011,
Biberach, Germany
- Rupp, S.
**Biotenside – Biotechnologi-
sche Herstellung und Anwen-
dungsmöglichkeiten,**
Forum industrielle
Biotechnologie/Biotechnica,
12. Oktober 2011,
Hannover, Germany
- Rupp, S.
**Glycoshield-Protein
gekoppelte Zuckerstrukturen
des pathogenen Pilzes
Candida albicans,**
6. BMBF-Projektforum Bio-
technologie auf der Biotechnica,
13. Oktober 2011,
Hannover, Germany
- Rupp, S.
**Pathogenitätsmechanismen
des Humanpathogens *Candida
glabrata*,**
6. BMBF-Projektforum Bio-
technologie auf der Biotechnica,
13. Oktober 2011,
Hannover, Germany

- Rupp, S.
Neue Produktionssysteme in der Biotechnologie,
1. Sitzung des temporären AK »Neue Bioproduktionssysteme«, 20. Dezember 2011, Frankfurt am Main, Germany
- Schmid-Staiger, U.
Algen für die Biokraftstoffproduktion – Übersicht und Forschungsausblick,
ForNeBik-Fachgespräche, 7. September 2011, Straubing, Germany
- Schmid-Staiger, U.
Algen eine neue Rohstoffquelle für Wertstoffe und Energie,
VDMA-Ausschuss »Forschung und Innovation«, 14. November 2011, Berlin, Germany
- Schmid-Staiger, U.; Trösch, W.; Hirth, T.
Microalgae biorefinery – steps towards economic feasible production of chemicals and energy,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Seibert, A.
Process integration of extraction and transesterification of eicosapentaenoic acid ethyl esters from microalgae with supercritical fluids,
Jahrestreffen des Fachausschusses Hochdruckverfahrenstechnik, 10.-11. März 2011, Maribor, Slovenia
- Seibert, A.; Unkelbach, G.; Schmid-Staiger, U.; Trösch, W.; Hirth, T.
Process development for the production of EPA-ethyl ester from micro algae with supercritical fluids,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Tovar, G.; Weber, A.; Hirth, T.
A new and flexible synthesis route for surface functionalized spherical toner particles via suspension polymerization,
7th Zsigmondy Colloquium, 21.-23. Februar 2011, Münster, Germany
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Tovar, G.; Weber, A.; Hirth, T.
A flexible synthesis route of surface functionalized toner particles for three dimensional electro photography,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Entwicklung von laserdruckbaren Polymerpartikeln mit funktionalisierbarer Oberfläche,
22. Stuttgarter Kunststoffkolloquium, 16.-17. März 2011, Stuttgart, Germany
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Toner particles for three-dimensional laser printing in biomaterial applications,
European Symposium on Biomaterials and Related Areas (Euro BioMat), 13.-14. April 2011, Jena, Germany
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Seifarth, C.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Printing technology for the efficient production of three-dimensional multifunctional surfaces,
2nd International Symposium on Functional Surfaces, 14.-15. September 2011, Aachen, Germany
- Sternad, W.
Schlamm-trocknung – eine Frage der richtigen Energie,
15. Kolloquium zur kommunalen Abwasser- und Abfallbehandlung – Technologie mit Zukunft, 13. April 2011, Stuttgart, Germany
- Sternad, W.; Waelkens, B. E.
Sustainable utilization of biogas,
German-Brazilian Workshop on Value Creation from Bio-resources, 17. März 2011, São Paulo, Brazil
- Sternad, W.; Waelkens, B. E.
Biogas production at wastewater treatment plants,
5th German-Brazilian Symposium on Sustainable Development, 19. Juli 2011, Stuttgart, Germany
- Sterr, Y.
Energieeinsparung durch Primärschlammverwertung für kleinere Kläranlagen,
15. Kolloquium zur kommunalen Abwasser- und Abfallbehandlung – Technologie mit Zukunft, 13. April 2011, Stuttgart, Germany
- Sterr, Y.; Kohlhammer, J.-D.; Bilbao, J.; Stoll, M. S.; Egner, S.; Bryniok, D.; Trösch, W.; Hirth, T.
Anaerobic digestion of olive mill liquid wastewater to avoid environmental pollution,
8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 22.-24. Juni 2011, Cesme, Turkey
- St-Georges-Robillard, A.; Ruiz, J. R.; Petit, A.; Mwahle, F.; Wirges, W.; Elkin, B.; Gerhard, R.; Oehr, C.; Wertheimer, M. R.
Adhesion of U937 monocytes on polymer surfaces: Chemistry or electrostatics?,
14th International Symposium on Electrets (ISE 14), 28.-31. August 2011, Montpellier, France
- Trick, I.
Microbiological evaluation of antimicrobial and/or photocatalytic surfaces
Workshop »Hygiene« bei Dräger, 26. Januar 2011, Lübeck, Germany
- Trick, I.
Biomimetische Strategien im Einsatz gegen Biofilme,
V2011 »Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik« (Industrieausstellung & Workshop-Woche),
Workshop: Beschichtung für Biologie und Medizintechnik, 17.-20. Oktober 2011, Dresden, Germany

Veröffentlichungen 2011 | Vorträge

- Trick, I.
Antibakterielle Biomaterialien auf der Basis biomimetischer Calciumphosphate,
Symposium »Netzwerk« 2011, 28.-29. November 2011, München, Germany
- Vohrer, U.
Bewertung des Reinigungserfolges,
OTTI-Fachtagung: Reinigen und Vorbehandeln vor der Beschichtung, 18.-19. Mai 2011, Neu-Ulm, Germany
- Vohrer, U.
Was ist sauber ? – Anforderungen an Reinigungstechnik,
OTTI-Fachtagung: Reinigen und Vorbehandeln vor der Beschichtung, 18.-19. Mai 2011, Neu-Ulm, Germany
- Vohrer, U.
Analytik I – Prozess und Schadensanalytik, Oberflächenanalytische Methoden zur Sauberheitskontrolle,
3. Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion, 7.-9. Juni 2011, Dresden, Germany
- Vohrer, U.
Charakterisierung von CNT/Polymerkompositen,
10. Würzburger Tage der instrumentellen Analytik in der Polymertechnik, 30. November - 1. Dezember 2011, Würzburg, Germany
- Waelkens, B. E.; Sternad, W.
Sustainable utilization of biogas,
1st Brazil-Germany Innovation Learning Laboratory, 24. März 2011, São Paulo, Brazil
- Weber, A.
Functional core-shell micro-and nanoparticles for technical applications,
Métodos anticorrosão e monitoramento das condições voltadas à indústria de óleo e gás, 22. März 2011, IPT, São Paulo, SP, Brazil
- Weber, A.
Biomimetic particles: Concept, design and applications in biotechnology and biomedicine,
Micro uídica e nanobiotecnologia aplicada à saúde, 23. März 2011, IPT, São Paulo, SP, Brazil
- Weber, A.
Particles for applications in medical technology and biomedicine,
1st Brazil-Germany Innovation Learning Laboratory 2011, 24.-25. März 2011, São Paulo, SP, Brazil
- Weber, A.; Gruber-Traub, C.; Burger-Kentischer, A.; Pusch, J.; Gretzinger, S.; Hirth, T.
Spray drying of protein-loaded chitosan-based particles,
8th European Congress of Chemical Engineering/Process-Net-Annual Meeting
1st European Congress of Applied Biotechnology/29th DECHEMA's Biotechnology Annual Meeting, 25.-29. September 2011, Berlin, Germany
- Weber, A.; Gruber-Traub, C.; Burger-Kentischer, A.; Tovar, G.; Hirth, T.
NANOCYTES – Maßgeschneiderte Kern-Schale-Partikel,
5. Symposium »Produktgestaltung in der Partikeltechnologie«, 19.-20. Mai 2011, Pfinztal, Germany
- Weber, C.;
Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T.
Biofilmvermeidung durch natürliche Wirkstoffe – gezielte und langfristige Freisetzung durch ein PEG-basiertes Depotsystem,
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien 2011, 10.-12. November 2011, Gießen, Germany
- Zibek, S.
Industrial biotechnology on the way to large-scale facilities,
The World Congress on Industrial Biotechnology and Bioprocessing, 8.-11. Mai 2011, Toronto, Canada

INFORMATIONSSERVICE

**Wünschen Sie weitere Informationen?
Wir informieren Sie gern!**

Bitte markieren Sie auf diesem Blatt die entsprechenden Felder und senden Sie es per Fax oder Post an:

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

Telefon +49 711 970-3601
Fax +49 711 970-4200
info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

Periodika

- Jahresbericht
- CD Jahresbericht/Annual Report

Broschüren zu den Geschäftsfeldern

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

Produktblätter zu den Geschäftsfeldern

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

Absender/in

Name, Vorname, Titel

Firma

Abteilung

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Fax

E-Mail

IMPRESSUM

REDAKTION

Dipl.-Kom.-Des. Joanna Amor (Bild),
Ina Andrees M. A.,
Dipl.-Kfm. Michael Bangert,
Dr. Tobias Gärtner,
Dipl.-Geoökol. Birgit Haller,
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Antje Hetebrüg,
Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg,
Katja Rösslein M. A.,
Dipl.-Kfm. Brigitte Steinmetz,
Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach,
Dr. Claudia Vorbeck,
und die jeweils als Ansprechpartner oder
Autoren genannten Wissenschaftler.

GESTALTUNG UND PRODUKTION

Dipl.-Kom.-Des. Joanna Amor

DRUCK

Fraunhofer Verlag, Mediendienstleistungen, Stuttgart

ANSCHRIFT DER REDAKTION

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

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.
© Fraunhofer IGB, Stuttgart 2012

NANOCYTES® ist eine eingetragene Marke
der Fraunhofer-Gesellschaft.

BILDQUELLEN

Matthias Heyde, Berlin:
Seite 8

Fotolia:
Seiten 18, 19, 21, 28, 29, 112

Thomas Ernsting, Bonn:
Seiten 44, 45

Matthias Heyde, Berlin:
Seite 17

Marina Kloess, Stuttgart:
Seiten 12, 23, 46, 65

Frank Kleinbach, Stuttgart:
Seiten 16, 17

Rafael Kroetz, Stuttgart:
Seiten 16, 17, 76, 77, 78, 82

MEV:
Seite 11

Bernd Müller, Augsburg:
Seiten 26, 56, 68, 102

Stefan Müller-Naumann, München:
Seite 50

Tom Pingel, Stuttgart:
Seite 13

Alle anderen Abbildungen
© Fraunhofer IGB/Fraunhofer-Gesellschaft

Biotenside – eine nachhaltige Alternative

Immer mehr Alltagsprodukte basieren auf nachwachsenden Rohstoffen. Auch in Putzmitteln finden sich waschaktive Substanzen – Tenside – aus pflanzlichen Ölen und Zuckern. Besonders umweltschonend und effektiv sind diese Fett- und Schmutzlöser, wenn sie mithilfe von Pilzen und Bakterien biotechnologisch hergestellt werden. Im EU-Projekt O4S befasst sich das Fraunhofer IGB unter anderem mit der Herstellung von Biotensiden aus cellulose- oder ölhaltigen Reststoffen der ökologischen Landwirtschaft (siehe Seite 33).

**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

Institutsleiter
Prof. Dr. Thomas Hirth
Telefon +49 711 970-4400
thomas.hirth@igb.fraunhofer.de