

# JAHRESBERICHT 2012 | 13



IGB





**JAHRESBERICHT**  
**2012 | 13**

# INHALT

## 6 VORWORT

### PROFIL

- 8 Kurzprofil
- 9 Kuratorium des Fraunhofer IGB
- 10 Angebot und Infrastruktur
- 12 Das Institut in Zahlen
- 14 Organigramm
- 16 Fraunhofer IGB in Netzwerken
- 18 Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen
- 22 60 Jahre Fraunhofer IGB

### HIGHLIGHTS 2012

- 24 Projekte und Projektgruppen
- 29 Fraunhofer IGB international
- 34 Strategieprozess am Fraunhofer IGB
- 35 Berufungen und Preise
- 36 Nachwuchsförderung und Ausstellungen
- 38 Nachhaltige Ziele verfolgen –  
Zukunftsprojekt Erde am Fraunhofer IGB

### KOMPETENZEN

- 40 Die Fraunhofer-Gesellschaft
- 42 Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- 44 Molekulare Biotechnologie
- 46 Physikalische Prozesstechnik
- 48 Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- 50 Zellsysteme
- 52 Fraunhofer CBP
- 54 Projektgruppe BioCat
- 56 Projektgruppe Onkologie
- 58 Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik  
und Plasmatechnologie IGVP

## AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE

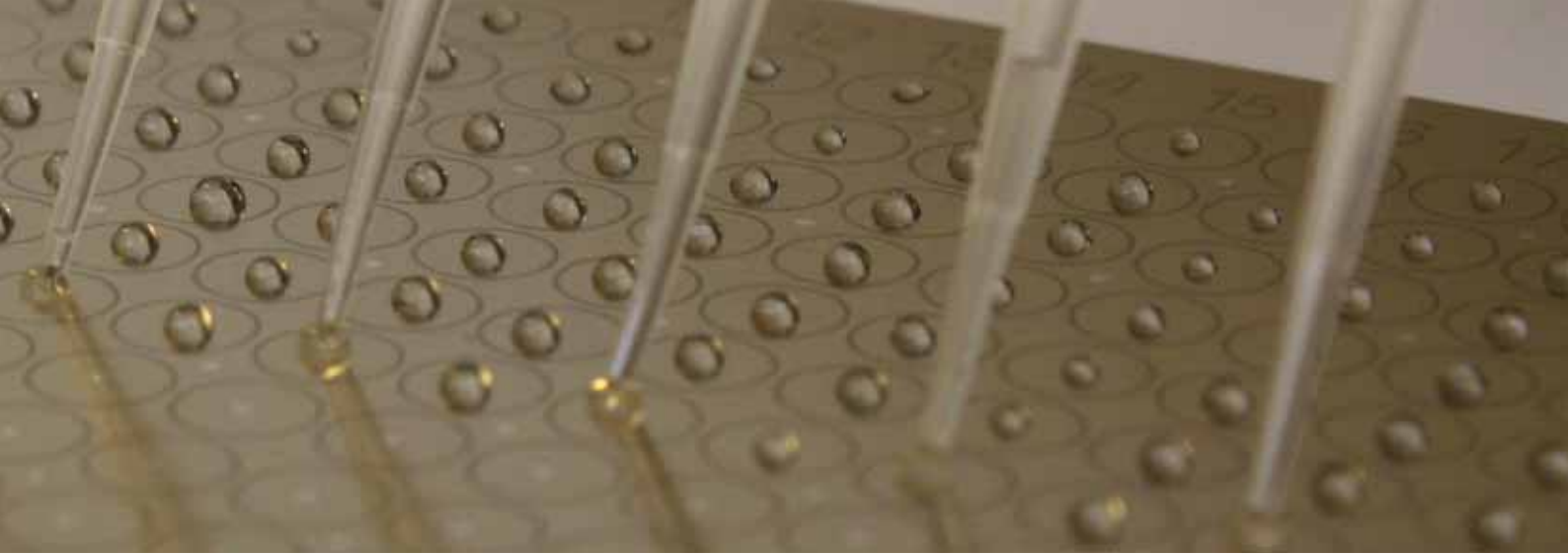
# 2012 →

### 60 MEDIZIN

- 62 Antibakterielle Knochenimplantate zur  
Vermeidung lokaler Infektionen
- 64 Humanes 3D-Lungentumormodell
- 66 Entwicklung bioinspirierter kardialer  
Regenerationstechnologien
- 68 Innovative Zell- und Gewebetherapien auf  
dem Weg in die klinische Anwendung
- 70 Entwicklung und Validierung eines Systems  
zur Pasteurisierung von Milch

### 72 PHARMAZIE

- 74 SKIN HEAL – Partikelbasierte Formulierung für  
die verbesserte Wundheilung
- 76 Bioartifizieller proximaler Tubulus
- 78 Targeted Drug Delivery –  
RNA-vermittelte Therapieoption gegen HSV-1
- 80 Synthetische Proteine in humanpathogenen Pilzen



## 82 CHEMIE

- 84 Antimikrobielle Oberflächen durch Einsatz natürlicher Wirkstoffe
- 86 Funktionale polymere Schäume
- 88 Gewinnung von Kautschuk, Latex und Inulin aus Löwenzahnwurzeln
- 90 ChiBio – Chitin aus Fischereiabfällen als Rohstoff zur Herstellung von Spezialchemikalien
- 92 BioSurf – Neue Produktionsverfahren für Biotenside
- 94 Modellgestützte Verfahrensentwicklung und Optimierung von Bioprocessen

## 96 UMWELT

- 98 Molecular Sorting – Rückgewinnung von Metallen
- 104 Recycling von Holz- und Kunststoffabfällen mit elektromagnetischen Feldern
- 106 Plasmachemischer Abbau organischer Schadstoffe aus Wasser
- 108 CleanLeachate – Elektrochemische Aufbereitung von Deponiesickerwasser

## 110 ENERGIE

- 112 Weiterentwickelte Hochlastfaulung in Bad Dürrenberg spart Kosten
- 114 Systemdesign zur Behandlung von Abwässern aus der Weinerzeugung
- 116 Robustes Automatisierungskonzept für die Produktion von Algenbiomasse im Freiland
- 118 Stofflich-energetische Vollverwertung von Kulturpflanzen: ohne Lignin zu mehr Biogas?
- 120 HiPel – Metallummantelte Sorptionspellets für Wärmespeicher und Adsorptionsanwendungen

## ANHANG

- 123 Patenterteilungen
- 124 Messen, Kongresse, Veranstaltungen
- 125 Messen und Veranstaltungen, Vorschau 2013
- 126 Mitarbeit in Fachverbänden und Gremien, Gutachtertätigkeiten
- 129 Wissenschaftliche Kooperationen
- 131 Lehrtätigkeiten
- 135 Hochschularbeiten
- 138 Veröffentlichungen
- 156 Informationsservice
- 157 Impressum



## »60 JAHRE FRAUNHOFER IGB – INNOVATIONEN FÜR DIE MÄRKTE VON ÜBERMORGEN«

In diesem Jahr wird das Fraunhofer IGB 60 und wie bei seiner Gründung 1953 trägt das Institut noch die Grenzflächen im Namen. Grenzflächen sind der Ort, an dem das Neue geschieht. 60 Jahre bedeuten auch 60 Jahre Innovationen und Beiträge für die nachhaltige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft. Dank seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hat sich das Fraunhofer IGB in den vergangenen 60 Jahren zu einer innovativen Forschungseinrichtung entwickelt, die, geprägt durch die jeweiligen Institutsleiter, die Forschung an Grenzflächenphänomenen entscheidend mitbestimmt hat.

Heute bedient das Institut mit seinen Kernkompetenzen in den Bereichen Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik die fünf Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie. Die erfolgreiche Arbeit des Instituts wurde uns im vergangenen Jahr beim Strategieaudit durch 18 Auditoren bestätigt. Insbesondere das Wachstum des Instituts und die Ausrichtung auf die »Märkte von Übermorgen« haben die Gutachter überzeugt. Dieses Ergebnis ist uns Ansporn und Verpflichtung zugleich. Durch die Mitgliedschaft in den Fraunhofer-Verbänden Life Sciences und MATERIALS sowie nun acht Fraunhofer-Allianzen ist das Fraunhofer IGB bestens in der Fraunhofer-Gesellschaft verankert. Darüber hinaus profitiert das Institut durch die enge Verbindung mit den Universitäten Stuttgart, Tübingen, Würzburg und München von den Impulsen der Grundlagenforschung, wenn es darum geht, Ergebnisse der angewandten Forschung in die industrielle Umsetzung zu überführen.

Die Lösung der globalen Probleme der Menschheit wie die Reduzierung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Bekämpfung von Krankheiten und Hunger sowie die Sicherstellung einer globalen Versorgung mit Wasser, Rohstoffen und Energie gehört zu den großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Prozesse und Produkte zunehmend an Bedeutung. Das Wissenschaftsjahr 2012 hat mit seinem Motto »Zukunftsprojekt Erde« unterstrichen, wie wichtig es ist, unser Handeln am Prinzip der Nachhaltigkeit zu orientieren. Im Mittelpunkt unserer Aktivitäten steht deshalb die

ganzheitliche Betrachtung und ständige Optimierung unserer Forschungsschwerpunkte, aber auch unseres Handelns. Die fünf Fraunhofer-Institute am Standort Stuttgart haben hierzu im vergangenen Jahr den ersten institutsübergreifenden Nachhaltigkeitsbericht innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft veröffentlicht. In ihm verpflichten sie sich, auch durch selbst gesteckte Ziele, zu einer ständigen Verbesserung. In diesem Zusammenhang möchte ich den Aktionstag Nachhaltigkeit am 29. Juni 2012 und den Fraunhofer-Gemeinschaftsstand »Haus der Nachhaltigkeit« auf der Hannover Messe 2012 als positive Beispiele herausstellen. Nachhaltigkeit braucht Kontinuität. Deswegen haben wir im vergangenen Jahr zusammen mit der Fraunhofer-Zentrale und Fraunhofer UMSICHT das Projekt »Leitfaden Nachhaltigkeitsberichterstattung« gestartet.

Die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und die Entwicklung effizienter Wertschöpfungsketten, Verfahren und Produkte sind zentrale Forschungsschwerpunkte der Bioökonomie, die wir mit unseren Arbeiten zur nachhaltigen stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe im vergangenen Jahr entscheidend vorangebracht haben. Von großer Bedeutung waren der Erfolg im Spitzencluster-Wettbewerb des BMBF mit dem mitteldeutschen Cluster »BioEconomy« und die Eröffnung des Fraunhofer-Zentrums für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP. Ziel des Spitzenclusters »BioEconomy«, in dem gut 80 Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus Sachsen und Sachsen-Anhalt aktiv sind, ist die integrierte stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion genutzt wird, zur Erzeugung innovativer Werkstoffe, Chemikalien, und Energieträger. Eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe wird entscheidend von der schnellen Überführung innovativer Prozesse aus der Forschung in den industriellen Maßstab bestimmt. Mit der feierlichen Eröffnung des Neubaus für das Fraunhofer CBP am 2. Oktober 2012, in Gegenwart von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und 350 geladenen Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, haben wir diese Lücke zwischen Labor und Umsetzung geschlossen.

Ein wichtiges Fachgebiet innerhalb der Bioökonomie ist die Bio- und Chemokatalyse. Mit unserer Fraunhofer-Projektgruppe BioCat arbeiten wir an der Entwicklung und Etablierung einer Technologieplattform »Katalysator- und Prozessscreening« unter optimaler Nutzung der Syntheseleistung der Natur. Am 11. Oktober 2012 konnten wir mit 200 geladenen Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik die Einweihung des neuen Laborgebäudes feiern. Darüber hinaus wurden durch den Freistaat Bayern weitere Fördermittel bereitgestellt, die nun den Aufbau von Kompetenzen im Bereich »Chemische Energiespeicher« erlauben. Neben der stofflichen kommt der energetischen Nutzung von Restbiomasse besondere Bedeutung beim Rohstoff- und Energiewandel zu. Hierzu konnten wir, ebenfalls im Oktober 2012, die im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts EtaMax entwickelte zweistufige Multisubstrat-Demonstrationsanlage auf dem Gelände des EnBW-Heizkraftwerks in Stuttgart-Gaisburg in Betrieb nehmen.

Auch die Bereiche Medizin und Pharmazie konnten im vergangenen Jahr signifikant ausgebaut werden. Im Dezember 2012 bewilligte der Freistaat Bayern die Förderung eines »Translationszentrums für Medizinprodukte und zellbasierte regenerative Therapien« in Würzburg. Unter Federführung der Fraunhofer-Projektgruppe Onkologie in Würzburg soll dieses Zentrum in den nächsten fünf Jahren aufgebaut werden und Ergebnisse aus der Materialforschung und regenerativen Medizin schneller in die klinische Anwendung bringen. Ein zweites Highlight war der Start einer Kooperation mit der Hebrew University in Jerusalem. In den nächsten drei Jahren werden gemeinsame Forschungsarbeiten mit der »School of Pharmacy« der Jerusalemer Universität zur experimentellen Validierung von Wirkstoffen und zum Drug Delivery gefördert.

Im Bereich Grenzflächen haben wir im vergangenen Jahr durch die Integration des IPF in das IGVT unsere Basis in der Grundlagenforschung signifikant erweitert. Auf diese Weise werden nun die plasmaphysikalischen Grundlagen komplettiert und mit der Plasmachemie und Plasmaverfahrenstechnik vereint. Im Januar 2013 haben die Gremien der Universität

Stuttgart diesem Zusammenschluss zugestimmt. Das neue Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP ist der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik (Fakultät 4) der Universität Stuttgart zugeordnet und zählt ca. 100 Mitarbeiter.

Neben der Weiterentwicklung unserer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben wir uns im vergangenen Jahr besonders der nachhaltigen Personalentwicklung gewidmet. Gerade die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IGB und auch des Universitätsinstituts IGVP sind es, die entscheidend zum wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erfolg beitragen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Mitarbeiterbefragung haben wir interne Projekte zur Verbesserung von Führung, Kommunikation und Wissensmanagement sowie zur Optimierung der Schnittstellen zwischen den Abteilungen einerseits und den Abteilungen mit der Verwaltung andererseits gestartet.

Darüber hinaus konnten wir auch im vergangenen Jahr wieder neue Kunden aus der Industrie sowie weitere öffentliche Geldgeber als Auftraggeber für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gewinnen.

Ich freue mich, wenn wir mit diesem Jahresbericht auch Ihr Interesse an unseren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wecken, um mit Ihnen die Zukunft der Region, Deutschlands und Europas durch Innovationen nachhaltig zu gestalten und Ihnen »Märkte von Übermorgen« zu eröffnen. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude beim Lesen des neuen Jahresberichts und freue mich auf Anregungen und gute 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 Naturwissenschaftler\*innen und Verfahrenstechnik. Mehr als 300 Wissenschaftler\*innen und Techniker aus Chemie, Physik, Biologie und den Ingenieurwissenschaften arbeiten am Fraunhofer IGB und unserem Partnerinstitut IGVP an der Universität Stuttgart erfolgreich zusammen. Diese konstruktive Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen eröffnet in Bereichen wie Medizintechnik, Nanobiotechnologie, 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. Gerd Eßwein**

Freudenberg Forschungsdienste KG

### **Ltd. Ministerialrätin**

#### **Dr. Renate Fischer**

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

### **RegDir Dr. Hans-Jürgen Froese**

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

### **MinDirig Dipl.-Ing. Peter Fuhrmann**

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

### **MinDirig Dr. Fritz Holzwarth**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

### **Prof. Dr. Dieter Jahn (Vorsitzender)**

BASF SE

### **Dr.-Ing. Bernd Krause**

Gambro Dialysatoren GmbH

### **Dr. Henk van Liempt**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### **Dr. Gerd Maaß**

Roche Diagnostics GmbH

### **Dr. Christian Naydowski**

VOITH Paper

### **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



## ANGEBOT UND INFRASTRUKTUR

Forschung und Entwicklung (FuE) am Fraunhofer IGB reicht 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.

- Atomemissionsspektrometrie (ICP-OES)
- Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse (ESCA/XPS)

### 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:

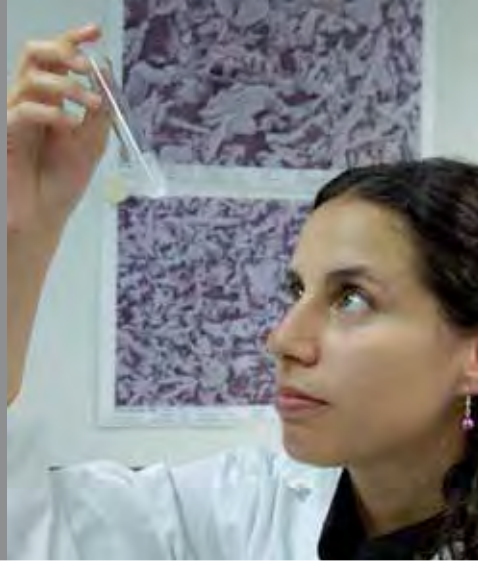
- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Ionenchromatographie (IC)
- Gelpermeationschromatographie (GPC)
- Gaschromatographie (GC, GC/MS)

### 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](http://www.igb.fraunhofer.de)

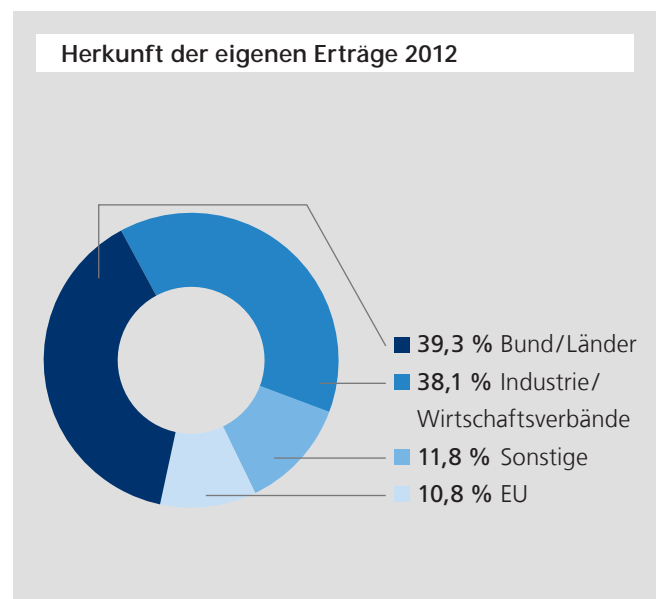
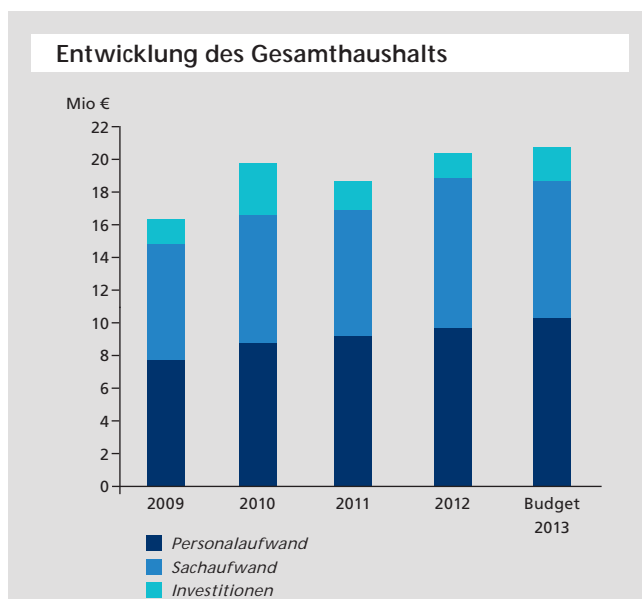
---

## DAS INSTITUT IN ZAHLEN

### Haushalt

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr ein Volumen von 20,3 Mio €. Auf den Betriebshaushalt entfielen 18,7 Mio €, davon 9,7 Mio € auf den Personalaufwand und 9,0 Mio € auf den Sachaufwand. Investitionen wurden in Höhe von 1,6 Mio € getätigt.

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

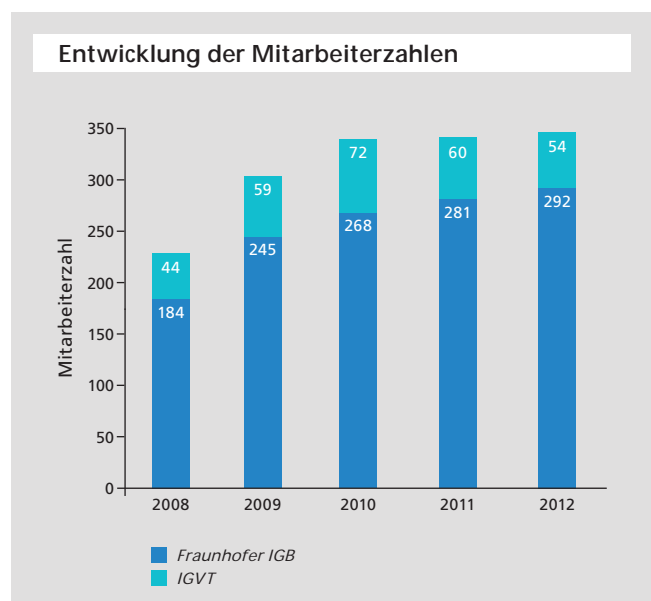


## Personal

Am 31. Dezember 2012 waren am Fraunhofer IGB 292 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon über 90 Prozent im wissenschaftlichen und technischen Bereich. Der Frauenanteil betrug 58 Prozent. Die Projektgruppe am Fraunhofer CBP in Leuna konnte, auch durch den Einzug in das neue Gebäude im Oktober 2012, weiter ausgebaut werden. Ende 2012 waren 21 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Fraunhofer CBP tätig.

54 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend Wissenschaftler und Doktoranden, zudem technisches Personal und studentische Hilfskräfte, zählte das IGVT der Universität Stuttgart zum 31. Dezember 2012. Der Frauenanteil am IGVT betrug 53 Prozent. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vom Fraunhofer IGB und IGVT arbeiten eng vernetzt. Bemerkenswert ist die kulturelle Vielfalt mit 46 Mitarbeitern aus 26 verschiedenen Nationen außerhalb Deutschlands.

Am Institut für Plasmaforschung (IPF) der Universität Stuttgart, das von Juli bis Dezember 2012 kommissarisch von Professor Hirth geleitet und im Januar 2013 in das IGVT integriert wurde, waren zum 31. Dezember 2012 insgesamt 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt.



Mitarbeiterzahl zum 31.12.2012	Fraunhofer IGB	Fraunhofer CBP	IGVT	IPF
Wissenschaftler	75	4	45 <sup>1</sup>	16 <sup>1</sup>
Technisches Personal	65	13	5	11
Studienarbeiter/Diplomanden/Praktikanten	17		4	
Studentische/wissenschaftliche Hilfskräfte	99	3		1
Verwaltungsmitarbeiter/Sekretariate	28	1		2
Auszubildende	8			
	<b>292</b>	<b>21</b>	<b>54</b>	<b>30</b>

<sup>1</sup> inkl. Doktoranden

# 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



**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 Blicher**  
 Telefon +49 711 970-3539  
 mike.blicher@igb.fraunhofer.de

- Wärme- und Sorptionssysteme
- Trocknung
- 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



**Business Development**  
Prof. Dr. Günter Tovar  
Telefon +49 711 970-4109  
guenter.tovar@igb.fraunhofer.de



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



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



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



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



**Dr.-Ing. Jan Hansmann**  
Telefon +49 711 970-4084  
jan.hansmann@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, Leiterin Prof. Dr. Katja Schenke-Layland

## PROJEKTGRUPPEN



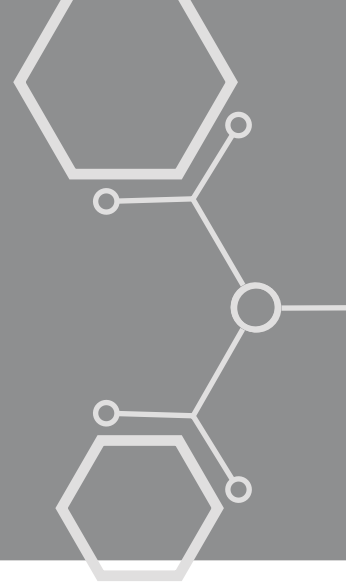
**Fraunhofer CBP, Leuna**  
Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach  
Telefon +49 3461 43-9101  
gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de



**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.

Das infolge der Integration des Instituts für Plasmaforschung im Januar 2013 umbenannte Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP an der Universität Stuttgart (Seiten 58 und 59) ist dem Fraunhofer IGB über den Lehrstuhl von Professor Hirth besonders eng verbunden. Hier erforschen unsere Doktoranden die Grundlagen für spätere Projekte und Mitarbeiter des IGB sind aktiv in die Lehre eingebunden.

- **Prof. Dr. Dieter Bryniok**  
Professur für Umweltbiotechnologie, Hochschule Hamm-Lippstadt
- **Prof. Dr. Thomas Hirth**  
Professur, Lehrstuhl und Institutsleiter am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, 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, Technische Universität München

■ **Prof. Dr. Günter Tovar**

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

Stv. Institutsleiter des Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, Universität Stuttgart

■ **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 über 20 teilnehmenden Instituten in einem vom Fraunhofer-Vorstand finanzierten Projekt erarbeitet. Das Fraunhofer IGB war in allen drei Teilprojekten involviert. Sprecher des Netzwerks ist Professor Thomas Hirth. Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft hat auf Basis der Projektergebnisse entschieden, die Nachhaltigkeitsberichterstattung nach dem international anerkannten Berichtsstandard der Global Reporting Initiative (GRI) innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft voranzutreiben.

[www.nachhaltigkeit.fraunhofer.de](http://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 Institutssicht 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. Institute oder Abteilungen verschiedener Institute mit einander ergänzenden Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette anzubieten und zu vermarkten. Seit neuestem ist das Fraunhofer IGB auch Mitglied der Allianz Food Chain Management. Darüber hinaus forschen Fraunhofer-Institute innerhalb von Fraunhofer-Forschungsprogrammen zusammen. Das IGB ist hier am Systemforschungsprojekt Zellfreie Biotechnologie und den Übermorgen-Projekten Molecular Sorting und SKIN HEAL beteiligt.

### Fraunhofer-Verbund Life Sciences

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. Seit Anfang 2012 ist Professor Hirth Verbundvorsitzender.

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

### Fraunhofer-Verbund Werkstoffe und Bauteile – MATERIALS

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.

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



---

### **Fraunhofer-Allianz Bau**

---

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.

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

---

### **Fraunhofer-Allianz Energie**

---

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.

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

---

### **Fraunhofer-Allianz Food Chain Management**

---

Von großer Bedeutung für die Fraunhofer-Allianz Food Chain Management sind neue Ansätze in der Lebensmittelsicherheit, Mikroelektronik und Logistik, die einfach in die gesamte Lebensmittelkette integriert werden können und eine möglichst hohe Wertschöpfung bei geringen Kosten aufweisen. Gleichzeitig sollen sie die Qualität des Lebensmittels sichern und eine hohe Verbraucherakzeptanz erreichen. Das Fraunhofer IGB beteiligt sich mit dem Einsatz von überhitztem Dampf zur Trocknung und der Entwicklung neuer physikalischer Verfahren zur Hygienisierung oder Stabilisierung von Lebensmitteln.

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

---

### **Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie**

---

Etwa ein Drittel aller Fraunhofer-Institute ist auf dem Gebiet der Nanotechnologie tätig. Die Aktivitäten der Allianz betreffen alle Bereiche der Nanotechnologie, beispielsweise multifunktionelle Schichten für den Automobilbereich, das Design spezieller Nanopartikel als Trägersubstanzen für Biotechnik und Medizin sowie den Einsatz von Kohlenstoffnanoröhren für aktorische Anwendungen – die beiden letztgenannten sind auch Schwerpunkte am Fraunhofer IGB. Prof. Dr. Günter Tovar ist Sprecher der Allianz.

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

---

### Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

---

Neun 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.

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

---

### Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO®

---

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.

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

---

### Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

---

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.

[www.allianz-reinigungstechnik.de](http://www.allianz-reinigungstechnik.de)

---

### Fraunhofer-Allianz SysWasser

---

Unter Berücksichtigung sozialer, ökonomischer und ökologischer Randbedingungen und unter Anwendung neuester Technologien will die Allianz nachhaltige Lösungen für Wasserbehandlung, Wassernutzung, Wassermanagement und -infrastruktursysteme in praxisorientierte Anwendungen überführen. Mit dem in der Allianz vorhandenen Know-how über Aufbereitungstechnologien, 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 seit Dezember 2012 Dr. Harald Hiessl (Fraunhofer ISI). Die Geschäftsstelle der Allianz befindet sich weiterhin am Fraunhofer IGB, Geschäftsführer ist Prof. Dr. Dieter Bryniok.

[www.syswasser.de](http://www.syswasser.de)





## 60 JAHRE FRAUNHOFER IGB – 60 JAHRE FORSCHUNG AN GRENZFLÄCHEN

In diesem Jahr wird das IGB 60. Seit seiner Gründung unter dem Namen »Institut für Physik und Chemie der Grenzflächen« trägt das Institut die Grenzflächen in seinem Namen. Eine Grenzfläche ist die Fläche, an der zwei miteinander nicht mischbare Phasen oder zwei verschiedene Stoffe sich gegeneinander abgrenzen. An dieser Grenze berühren sich die beiden Phasen, hier stehen sie quasi miteinander in Kontakt. An einer solchen Phasengrenze – der Grenzfläche – ändern sich die stofflichen Eigenschaften abrupt. Eine Grenzfläche ist so vor allem auch genau der Ort, der den Unterschied ausmacht oder, anders ausgedrückt, an dem das Neue geschieht. Seit nunmehr 60 Jahren stehen Grenzflächen im Mittelpunkt der Forschung am IGB.

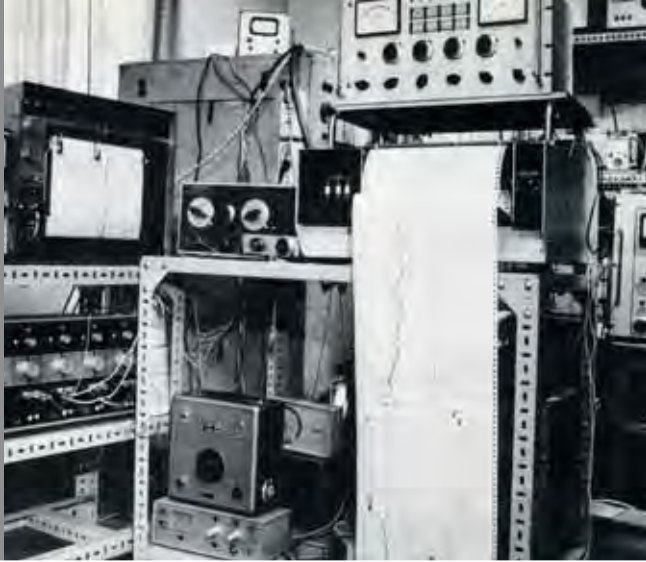
### 1953

Die Wurzeln des IGB liegen im pfälzischen Marienthal, nahe Kirchheimbolanden. Hier gründet Prof. Dr. Karl Lothar Wolf auf private Initiative 1953 das Institut. 1962 übernimmt die Fraunhofer-Gesellschaft das Institut, zunächst unter dem bisherigen Namen: Fraunhofer-Institut für Physik und Chemie der Grenzflächen IGf. 1969 folgt der Umzug an den Hochschulstandort Stuttgart. Prof. Dr. Karl Hamann, Leiter des Stuttgarter »Forschungsinstituts für Pigmente und Lacke e. V.«, übernimmt die kommissarische Leitung. Schon damals stehen Grenzflächen im Vordergrund, die auch heute noch von Bedeutung für industrielle Anwendungen sind. Und damals wie heute ist die Grundlage aller Entwicklungen die Messung grenzflächenenergetischer Größen – Oberflächenspannung, Benetzungsspannung, Adhäsionsarbeit. So besitzt der Jahresbericht 1972 fast heute noch Aktualität – mit der Untersuchung von Benetzungskinetiken beim Eindringen von Flüssigkeiten in Porenräume mit gravimetrischen Methoden oder der Vorbehandlung zu beschichtender Flächen, um die Haftfestigkeit von Lacken oder Klebern zu verbessern.

### 1976

1975 wird Dr.-Ing. Horst Chmiel, der am Helmholtz-Institut in Aachen im Bereich der Medizintechnik forschte, zum

Nachfolger des aus Altersgründen ausgeschiedenen Professor Hamann berufen. Von Haus aus Verfahrenstechniker tritt Professor Chmiel zum 1. Januar 1976 die Institutsleitung an. Sein Anliegen ist es, die Bioverfahrenstechnik in das Institut einzubringen und die bestehende Arbeitsrichtung »Grenzflächen« noch stärker anwendungsorientiert in die Verfahrenstechnik zu lenken. So wird die Forschung thematisch erweitert, und das Institut erhält seinen heutigen Namen: Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, kurz IGB. Das »alte« Institut bleibt als Abteilung für Grenzflächenverfahrenstechnik, von Dr. Herbert Bauser geleitet, erhalten. Einen Schwerpunkt bilden fortan die »Grenzflächenprobleme der Medizin«, die Nahtstelle zwischen den »Grenzflächen« und der neuen Arbeitsrichtung »Medizinische Verfahrenstechnik«. Schon bald ist eine dritte Arbeitsrichtung geplant, im Jahresbericht 1978 als »Sonderprobleme der Biotechnologie« angekündigt: Gemeint ist die biologische Abluft- und Abwasserreinigung, ein Thema, das Dr. Walter Trösch, der 1976 ans IGB kommt, am Herzen liegt. Mit diesem Arbeitsgebiet halten die »mikrobiologischen Grenzflächen« oder die Wechselwirkungen von Mikroorganismen mit Grenzflächen Einzug. Der Einzug in das Gebäude am heutigen Standort des Fraunhofer-Institutszentrums in Stuttgart-Vaihingen erfolgt 1981. Hier arbeiten die fünf Abteilungen Technische Biochemie, Technische



Mikrobiologie, Chemische Mikrobiologie, Prozesstechnik und Grenzflächenverfahrenstechnik. Dr. Bauser erkennt das enorme Potenzial der Plasmatechnologie als Werkzeug, Grenzflächen gezielt zu verändern. So kommt 1989 Dr. Christian Oehr ans IGB. 1992 wird er Abteilungsleiter, als Dr. Bauser die kommissarische Institutsleitung übernimmt.

## 1994

1994 wechselt Prof. Dr. techn. Herwig Brunner von Boehringer Mannheim als Institutsleiter an das Fraunhofer IGB. Bedacht auf eine solide wissenschaftliche Grundlage für die anwendungsorientierte Forschung am IGB, erwirkt Brunner den Aufbau eines Lehrstuhls für Grenzflächenverfahrenstechnik an der Universität Stuttgart, das nach fünf Jahren zum Institut (IGVT) erhoben wird. Ein Höhepunkt ist 1996 die Eröffnung des Demonstrationenzentrums für prozessintegrierte Umwelttechnik, in Kooperation mit dem damaligen Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung ILV. Parallel erweitert Brunner das IGB um weitere molekularbiologische Kompetenzen. 1998 zieht die Nachwuchsgruppe »Proteinscreeningsysteme«, geleitet von Dr. Steffen Rupp, in eigens geschaffene Räumlichkeiten und schreibt Erfolgsgeschichte: Die Abteilung Molekulare Biotechnologie ist heute eine der größten am IGB. Gleichzeitig baut Brunner eine Brücke von der Biotechnologie zur Grenzflächenverfahrenstechnik: Mit einer zweiten Nachwuchsforschergruppe, »Biomimetische Grenzflächen« unter Leitung von Dr. Günter Tovar, verankert er die Biofunktionalisierung nanopartikulärer Oberflächen am IGB. Mit Weitsicht stärkt Brunner auch die Zellbiologie am IGB und baut sie konsequent zur Zellsystemforschung aus. Abteilungsleiterin für die »Grenzflächen an humanen Zellen«, Grundlage für biologisierte Medizinprodukte und regenerative Medizin, wird 2004 Prof. Dr. Heike Walles.

## 2007

Am 1. Dezember 2007 übernimmt Prof. Dr. Thomas Hirth die Leitung des IGB und richtet es auf die Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie aus. Als die Fraunhofer-Gesellschaft 2009 die

Technologieentwicklungsgruppe (TEG) schließt, wird die Abteilung Physikalische Prozesstechnik unter Leitung des Verfahrenstechnikers Siegfried Egner in das IGB integriert. Hierdurch ergeben sich wieder neue Synergien, Wechselwirkungen, und die Geschäftsfelder Umwelt und Energie, aber auch Chemie, werden gestärkt. Die folgenden Jahre wächst das Institut weiter, am Standort Stuttgart wie auch darüber hinaus. Noch im Juli 2009 stimmt der Bund-Länder-Ausschuss der Einrichtung eines Chemisch-Biotechnologischen Prozesszentrums in Leuna, Sachsen-Anhalt, zu. Am 1. August desselben Jahres nehmen die Projektgruppen BioCat (Prof. Dr. Volker Sieber) und Onkologie (Prof. Dr. Heike Walles) ihre Arbeit in Straubing bzw. Würzburg auf. Seitdem wird in Stuttgart, Straubing und Leuna fleißig gebaut. 2012 weiht die Bundeskanzlerin das CBP in Leuna ein und die Straubinger Projektgruppe BioCat ihr neues Laborgebäude. Die Grenzflächen, um die es bei der industriellen Biotechnologie und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe geht, und ihre Wechselwirkungen, werden durch Hirth weithin sichtbar. 2011 legt Professor Trösch die Leitung der Abteilung in die Hände von Dr.-Ing. Ursula Schließmann, bis dato seine Stellvertreterin. Seitens der Universität wird mit dem Jahreswechsel 2012/2013 das Institut für Plasmaforschung in das IGVT integriert. Mit dem neuen Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP werden die Plasmaaktivitäten in Stuttgart gebündelt und die Wurzeln des IGB gekräftigt.

Heute arbeiten etwa 400 Mitarbeiter am IGB, seinen Projektgruppen Leuna, Straubing und Würzburg sowie dem verbundenen Uni-Institut IGVP in Stuttgart an Grenzflächen zu Materialien, (Bio-)Molekülen, Mikroorganismen und Algen sowie zu humanen Zellen. Und geben dank einer einzigartigen Kombination an Wechselwirkungen, den zahlreichen Nahtstellen und Verbindungen der einzelnen Disziplinen unter- und miteinander, Antworten auf drängende Fragen des Jahrtausends – Klimawandel, Ressourcenknappheit, Krebs- und Infektionskrankheiten. Im Jubiläumsjahr wollen wir diesen Erfolg feiern, mit Neuem an den »inneren« Grenzflächen.

# HIGHLIGHTS 2012

---

## PROJEKTE UND PROJEKTGRUPPEN

---

### Mitteldeutscher Cluster BioEconomy gewinnt 1 im dritten Spitzencluster-Wettbewerb

---

In der dritten Runde des Spitzencluster-Wettbewerbs des BMBF, deren Gewinner im Januar 2012 bekannt gegeben wurden, konnte sich der mitteldeutsche Cluster BioEconomy unter der wissenschaftlichen Leitung von Professor Thomas Hirth erfolgreich gegenüber Mitbewerbern durchsetzen. Anlässlich der Clusterkonferenz am 23. und 24. Februar 2012 in Berlin prämierte Staatssekretärin Cornelia Quennet-Thielen den Spitzencluster BioEconomy Mitteldeutschland als einen der fünf Gewinner. Zu den ersten Gratulanten gehörte Bundesforschungsministerin Professor Annette Schavan.

Kernziel des Clusters ist die nachhaltige Wertschöpfung aus Non-Food-Biomasse. Durch die kombinierte stoffliche und energetische Nutzung sollen neuartige Werkstoffe und Materialien sowie Chemieprodukte und Energie vor allem aus heimischem Holz erzeugt werden. Ein wichtiger Ansatz ist es zudem, Verfahren, die heute bereits in den Laboren und Technikumsanlagen funktionieren, möglichst schnell in einen großtechnischen Maßstab umzusetzen und in die industrielle Anwendung zu bringen. Hierbei spielt das Fraunhofer CBP eine zentrale Rolle.

Der Spitzencluster BioEconomy hat seinen regionalen Schwerpunkt in den Bundesländern Sachsen-Anhalt und Sachsen und den dort bestehenden Chemiestandorten. Daneben integriert der Cluster bereits erfolgreich bestehende Clusterstrukturen

wie den Cluster Chemie-Kunststoffe Mitteldeutschland, den Holzcluster Rottleberode und das Energienetzwerk Leipzig. Zu den Partnern gehören große Konzerne ebenso wie über 40 innovative Mittelständler. Auf der Forschungsseite sind Partner wie die Fraunhofer-Gesellschaft mit dem Fraunhofer CBP, PAZ und IWM in Leuna, Schkopau und Halle sowie die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, das Deutsche Biomasseforschungszentrum, das Helmholtz Umweltforschungszentrum und die Handelshochschule in Leipzig eingebunden. Insgesamt engagieren sich mehr als 80 Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus der Region mit einem Gesamtumsatz von mehr als 21 Milliarden Euro und über 29 000 Mitarbeitern im Rahmen des Spitzenclusters.

Durch die Vielzahl kompetenter Partner ist der Cluster in der Lage, verschiedenste Wertschöpfungsketten einer biobasierten Ökonomie abzudecken. Der Spitzencluster fügt sich nahtlos in die HighTech-Strategie und BioÖkonomie-Strategie der Bundesregierung und die Strategie Europe 2020 der EU ein.






---

## Bundeskanzlerin bei Eröffnung des Fraunhofer CBP in Leuna

---

2

Die Lücke zwischen Labor und Umsetzung von Technologien zur nachhaltigen stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in industrielle Dimensionen schließt das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP. Nach nur 21 Monaten Bauzeit wurde der Neubau des Fraunhofer CBP am 2. Oktober 2012 mit 350 geladenen Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik feierlich eröffnet. Ehrengast der Festveranstaltung »Mit Bioökonomie die Zukunft gestalten« war Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel, die an diesem Tag den mitteldeutschen Cluster BioEconomy – mit dem Fraunhofer CBP als einem seiner Innovationszentren – besuchte.

In ihrem Festvortrag betonte die Kanzlerin, dass am Vortag für die Feierlichkeiten zur Wiedervereinigung die Eröffnung des CBP ein Zeichen dafür sei, wie aus dem grauen Chemiestandort ein glänzendes Leuna geworden sei, das gute Perspektiven für die Entwicklung in Mitteldeutschland biete. Neben Gastgeber Professor Thomas Hirth waren auch Professor Reimund Neugebauer, der erst einen Tag zuvor sein Amt als Fraunhofer-Präsident angetreten hatte, der Ministerpräsident von Sachsen Anhalt Dr. Reiner Haseloff sowie Professor Aldo Belloni, Vorstandsmitglied der Linde AG, unter den Rednern. Zwischen Linde und Fraunhofer wurde am gleichen Tag in der Pressekonferenz ein Rahmenvertrag für eine strategische Partnerschaft unterzeichnet.

Im Anschluss an ihre Rede informierte sich Angela Merkel in einem Rundgang durch das neue Prozesszentrum über die Arbeiten am Fraunhofer CBP und im Spitzencluster. Am Modul der Lignocellulose-Bioraffinerie erklärte Projektgruppenleiter Gerd Unkelbach, wie sich aus Holzabfällen die Wertstoffe Lignin, Cellulose und Hemicellulose bzw. die Zucker Glukose und Xylose gewinnen lassen. Im Modul technische Enzyme erläuterten Mitarbeiter von CBP und IGB, wie die gewonnenen Zucker als Substrat für biotechnologische Fermentationen genutzt werden können, um verschiedene Chemikalien, beispielsweise Biotenside, oder auch Enzyme herzustellen.

Nach der zweijährigen Aufbauphase arbeiten aktuell 21 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am CBP. Der Neubau mit mehr als 2000 m<sup>2</sup> Fläche wurde vom Architekturbüro Scherr+Klimke in Ulm geplant. Er umfasst ein Hauptgebäude mit Technika und Laboren, Medienversorgung sowie Büroräumen und ein separates Gebäude mit Lagerräumen für Rohstoffe, Hilfsstoffe und Endprodukte. Für das Engineering der verfahrenstechnischen Einheiten sowie die hierfür erforderliche Infrastruktur und benötigten Medien zeichnete die Linde Engineering Dresden GmbH als Generalunternehmer verantwortlich. Die verschiedenen Prozessanlagen stehen nun nach dem Modell einer Bioraffinerie als separat zu betreibende oder je nach Bedarf einfach zu kombinierende Module zur Entwicklung und Skalierung von biotechnologischen, chemischen und kombinierten Verfahren bereit.



### Feierliche Inbetriebnahme der Hochlastfaulung in Bad Dürrenberg 3

»Die Energiewende wird in Bad Dürrenberg mit dem heutigen Tag Realität und das anspruchsvolle Ziel, zukünftig die Energie aus dem Abwasser herauszuholen, umgesetzt«, freute sich die Verbandsgeschäftsführerin des Zweckverbands für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (ZWA) Johanna Michaelis bei der feierlichen Inbetriebnahme der vom Fraunhofer IGB entwickelten Hochlastfaulung am 14. Juni 2012. Neben Vertretern aus Kommunal- und Landespolitik war auch das im Projekt beteiligte Ingenieurbüro Stockleben, sowie Institutsleiter Professor Thomas Hirth, Abteilungsleiterin Dr. Ursula Schließmann und Projektleiter Dr. Werner Sternad vom IGB bei der Einweihung auf der Abwasserbehandlungsanlage Bad Dürrenberg, Sachsen-Anhalt.

Angesichts steigender Kosten für Energie und Abfallbeseitigung hatte der ZWA nach Möglichkeiten eines zukunftsorientierten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Betriebs von Abwasseranlagen gesucht. Mit dem vom Fraunhofer IGB entwickelten Verfahren der Hochlastfaulung konnte die Abwasserbehandlungsanlage von einer aeroben Stabilisierungsanlage auf eine anaerobe Schlammfaulung umgerüstet werden. Das in der Hochlastfaulung erzeugte Faulgas wird in einer Mikrogasturbine in Strom und Wärme umgesetzt. So werden zukünftig die Betriebskosten deutlich reduziert: Der Stromverbrauch der Kläranlage sinkt um mehr als 50 Prozent, daneben fällt ein Drittel weniger Schlamm an, der entsorgt werden muss.



### Einweihung der EtaMax-Demonstrationsanlage in Stuttgart-Gaisburg 4

Einer der Schlüsselfaktoren für das Gelingen der Energiewende ist die bedarfsgerechte Bereitstellung erneuerbarer Energien. Das über fünf Jahre innerhalb der Förderinitiative Bio-Energie 2021 vom BMBF geförderte Verbundprojekt EtaMax leistet hier einen kleinen, aber wichtigen Beitrag. Es ermöglicht die dezentrale Energiegewinnung aus lokal anfallenden Reststoffen, die derzeit noch nicht energetisch genutzt werden, die lokale Verwertung von Biogas als Kraftstoff und hilft, den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid zu verringern.

Am 25. Oktober 2012 wurde eine zweistufige Multisubstrat-Demonstrationsanlage mit zwei 3500-Liter-Bioreaktoren auf dem Gelände des EnBW-Heizkraftwerks in Stuttgart-Gaisburg in Betrieb genommen. Pro Jahr können hier 160 Tonnen Rohbioabfälle des Stuttgarter Großmarkts vergoren werden. Je nachdem, wie sich die Marktabfälle zusammensetzen, werden so pro Tag 20 bis 25 Kubikmeter Biogas erzeugt. Nach der Aufreinigung mit Membranen stehen daraus knapp 15 Kilogramm Biomethan pro Tag als Kraftstoff für Erdgastestfahrzeuge sowie Motorentests zur Verfügung.

Nach der Begrüßung durch die Gastgeber EnBW und Fraunhofer IGB, bei dem auch die Projektkoordination liegt, freute sich Baden-Württembergs Umweltminister Franz Untersteller darüber, dass mit dem neuen Verfahren die nahezu perfekte Biogasanlage möglich werde. Weitere Grußworte sagten Dr. Hans-Josef Zimmer, Vorstand Technik der EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Dr. Christian Mohrdieck, Leiter des Bereichs Brennstoffzellen- und Batterie-Antriebsentwicklung der Daimler AG, sowie Ines Aufrecht, die Leiterin der Wirtschaftsförderung der Stadt Stuttgart.



---

## Neues Laborgebäude für Projektgruppe BioCat in Straubing 5

---

Dr.-Ing. Ursula Schließmann, Abteilungsleiterin am Fraunhofer IGB, stellte dann das Projekt und die als flexible »Multisubstratanlage« konzipierte Demonstrationsanlage vor. Im Projekt werde aus wässrigen Bioabfällen mit geringem Ligningehalt die maximal mögliche Menge an Biogas erzeugt und anschließend als Kraftstoff für Fahrzeuge aufbereitet. Mit dem in Stuttgart umgesetzten Konzept wolle das Projektkonsortium alle anfallenden Stoffströme verwerten – vom Biogas über das flüssige Filtrat bis zum nicht weiter vergärbaren Rest – und die Stoffkreisläufe schließen.

Die Marktabfälle werden zunächst in einer vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising zusammen mit dem Unternehmen NETZSCH entwickelten Anlage für die Vergärung zerkleinert. Die Zerkleinerung ist dabei so ausgelegt, dass sie möglichst wenig Energie benötigt. Die zerkleinerten Abfälle lagern in verschiedenen Vorratsbehältern, in denen automatisiert Parameter wie der pH-Wert bestimmt werden. Anhand dieser Daten errechnet ein Managementsystem, wie viele Liter des Abfalls aus welchen Behältern gemischt und in die Bioreaktoren gegeben werden. Hier bauen Mikroorganismen bis zu 90 Prozent der Abfälle ab und produzieren in nur wenigen Tagen das gewünschte Biogas.

Dieses wird draußen in einem Gasspeicher gesammelt. Mittels Membrantechnik wird Kohlenstoffdioxid aus dem Biogas entfernt und die Methankonzentration auf 80–95 Volumenprozent erhöht. Das aufbereitete Biogas wird unter Hochdruck verdichtet und in einer Gastankstelle gespeichert. Zwei von der Daimler AG bereitgestellte Versuchsfahrzeuge wurden schließlich erfolgreich mit Biogas betankt.

Die seit 2009 am Fraunhofer IGB bestehende und mit Mitteln Bayerns finanzierte Projektgruppe BioCat in Straubing entwickelt neue chemo- und biokatalytische Verfahren für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Nachdem mit dem Spatenstich am 22. Juli 2010 die Bauphase für ein neues Laborgebäude eingeleitet worden war, feierte die Projektgruppe am 11. Oktober 2012 mit 200 geladenen Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik die Einweihung ihres neuen Laborgebäudes in der Straubinger Schulgasse 11a – in unmittelbarer Nachbarschaft zum Wissenschaftszentrum Straubing, das der Projektgruppe zwei Jahre lang Labore und Büroräume für ihre Forschungsarbeit zur Verfügung stellte. Der Neubau bietet Platz für die derzeit 15 Mitarbeiter.

Die nächste Generation von Katalysatoren und Verfahren müsse jetzt entwickelt werden, damit Biomasse und Kohlenstoffdioxid als Rohstoffquellen für Chemikalien und Energieträger an Stelle fossilen Erdöls verwendet werden könnten, sagte Professor Volker Sieber, der Leiter der Projektgruppe, bei der Einweihung. Der Oberbürgermeister der Stadt Straubing Markus Pannermayr freute sich in seinem Grußwort, dass die Einweihung des Gebäudes passend zum 225. Geburtstag des in Straubing geborenen Joseph von Fraunhofer erfolge. Ministerialrat Dr. Georg Ried überbrachte die Glückwünsche des erkrankten bayerischen Wirtschaftsministers Martin Zeil. Auch Dr. Alexander Kurz, Vorstand Recht und Personal der Fraunhofer-Gesellschaft, sagte ein Grußwort.

Nach den Ansprachen übergab Hans-Peter Gartner vom Architekturbüro Gartner die Schlüssel an den neuen Hausherrn Professor Sieber und Pfarrerin Erna Meiser und Pfarrer Franz Alzinger segneten das neue Laborgebäude. Zahlreiche Gäste nutzten im Anschluss die Gelegenheit für eine Besichtigung. Erst kürzlich erhielt die Gruppe eine Zusage für weitere Mittel vom Land Bayern für das Thema »Chemische Energiespeicher«.



---

**Neues Fraunhofer-Translationszentrum  
für Medizinprodukte und zellbasierte  
regenerative Therapien in Würzburg**

---

6

Im Dezember 2012 bewilligte das Bayerische Wirtschaftsministerium die Förderung eines »Translationszentrums für Medizinprodukte und zellbasierte regenerative Therapien« in Würzburg unter der Leitung von Professor Heike Walles, die am Fraunhofer IGB in Stuttgart die Abteilung Zellsysteme und die zum IGB gehörende Fraunhofer-Projektgruppe Onkologie in Würzburg leitet. Bayern wird das geplante Zentrum über die nächsten fünf Jahre mit jährlich 3,5 Millionen Euro unterstützen. Es soll Ergebnisse aus Materialforschung und regenerativer Medizin schneller in die klinische Anwendung am Menschen bringen. Hierzu ist das Universitätsklinikum Würzburg eingebunden, wo Walles seit 2009 auch den Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin innehat.

Ziel des Zentrums wird sein, die komplette Wertschöpfungskette innovativer Medizinprodukte und regenerativer Therapien – von der Materialentwicklung in einer frühen experimentellen Entwicklungsphase, über die Präklinik bis zu zulassungsrelevanten klinischen Studien – abzudecken. Hierzu soll die Zusammenarbeit von Grundlagenwissenschaftlern, präklinischen Forschern, Klinikern und Materialforschern gebündelt werden. Dann könnten biologisierte Medizinprodukte und zellbasierte, regenerative Therapien schon bald zu einem wesentlichen Bestandteil der medizinischen Versorgung werden. Biologisierte Implantate basieren auf Medizinprodukten, deren Oberflächen oder Materialien mit Wirkstoffen oder Zellen modifiziert werden, um nach der Implantation regenerative Prozesse auszulösen oder zu beschleunigen. Idealerweise stammen die menschlichen Zellen der biologisierten Medizinprodukte wie auch der regenerativen Therapien vom zu behandelnden Patienten. Sie können so, ohne dass es zu Abstoßungsreaktionen kommt, beschädigte Zellen oder verletztes Gewebe ersetzen und damit direkt an der Ursache der Erkrankung ansetzen.



---

# FRAUNHOFER IGB INTERNATIONAL

---

## Neue EU-Projekte

---

Das 7. Forschungsrahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration 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 wissensbasierte Bioökonomie sind von Interesse für das Fraunhofer IGB, sondern auch Ausschreibungen, die sich speziell an kleine und mittlere Unternehmen werden. Zudem konnte das Fraunhofer IGB im Jahr 2012 seine erste Marie-Curie-Stipendiatin begrüßen.

### REWAGEN

1

Im Projekt REWAGEN »Electrochemical WATER treatment system in the dairy industry with hydroGEN REcovery and electricity production« entwickelt ein europäisches Projektkonsortium mit Partnern aus Forschung und Industrie unter der Leitung des Fraunhofer IGB ein mehrstufiges Verfahren zur effizienten elektrochemischen Behandlung von Prozess- und Abwässern aus der Milchverarbeitenden Industrie. Die einzelnen Verfahrensschritte werden dabei zu einem geschlossenen Prozess kombiniert und integriert. Ziel ist es, dass jeder Prozessschritt einen Stoffstrom liefert, der weiter aufgearbeitet oder ins System zurückgeführt werden kann. So soll der bei der elektrolytischen Behandlung des Wassers entstehende Wasserstoff genutzt werden, um Teile der Anlage mit elektrischer Energie zu versorgen. Das gereinigte Wasser kann, je nach Anforderung, direkt wiederverwendet werden. Durch eine modulare Bauweise soll das System flexibel auf die

Abwassermengen auch kleinerer Molkereien und Milchverarbeitender Betriebe angepasst werden können.

[www.rewagen.eu](http://www.rewagen.eu)

### NAWADES

Ziel des Projekts NAWADES ist die Erforschung, Auslegung, Herstellung und Erprobung eines neuen Konzepts zur Meerwasserentsalzung mit Membranen. In diesem Konzept werden vier Entwicklungen verfolgt:

1. Die einer Osmose-Membranstufe typischerweise vorgeschaltete Ultra-Membranfiltration wird kompakt direkt in einem Mehrschichtmembranfilter integriert.
2. Belagsbildungen (Scaling und Fouling) werden durch eine Oberflächenbehandlung der Membranen mit Plasmatechnik reduziert.
3. Titandioxid-Nanofasern werden in die Membran integriert, um in Kombination mit der Einkopplung von UV-Licht über ein Glasgewebe im Zwischenraum zwischen den Membranalagen, Fouling durch mikrobiellen Bewuchs zu unterbinden.
4. Zur Überwachung des Zustands der Membranen wird eine beidseitige Beschichtung aufgebracht, die kapazitiv wirkt und ausgewertet wird.

Die neue Technologie soll eine selbstreinigende, wartungsarme Membranfiltration ermöglichen, die in der Meerwasserentsalzung mit hoher Effizienz und Lebensdauer sowie verringertem Bedarf an Energie (infolge einer Druckreduktion durch verringertes Fouling) eingesetzt werden kann.

[www.nawades.eu](http://www.nawades.eu)



2



3

### ECOWAMA

Die Prozess- und Abwässer der metall- und kunststoffverarbeitenden Industrie, vor allem im Bereich der Galvanisierung, sind reich an organischer Fracht, Salzen sowie Schwermetallen wie Nickel, Kupfer, Zink und Edelmetallen. Im Projekt ECOWAMA »ECO-efficient management of WAtEr in the MAnufacturing industry« entwickelt ein Projektkonsortium mit Partnern aus Frankreich, Spanien, den Niederlanden und Deutschland unter der Leitung des Fraunhofer IGB ein effizientes und kostengünstiges Verfahren zur elektrochemischen Behandlung dieser Abwässer. Ziel ist es, Wertstoffe zurückzugewinnen und im Produktionsprozess wiederzuverwenden. Vor allem Metalle stellen in Zeiten steigender Weltmarktpreise einen nicht unerheblichen Wertstoff dar. Gleichzeitig soll der bei der elektrolytischen Behandlung des Wassers entstehende Wasserstoff als elektrische Energie rückgeführt werden.

[www.ecowama.eu](http://www.ecowama.eu)

### BioEcoSIM

2

Im Projekt BioEcoSIM nutzen 15 Partner aus fünf Ländern Schweinegülle als wertvolle Rohstoffquelle. Koordiniert durch das Fraunhofer IGB sollen die Inhaltsstoffe der Gülle zu verschiedenen Düngemitteln aufgearbeitet werden: Biokohle als phosphorreichen, organischen Bodenverbesserer sowie mineralische Düngesalze wie Ammoniumsulfat, Calciumphosphat und Magnesium-Ammonium-Phosphat (Struvit). Die Produkte können dann anwendungsbezogen auf eine nach Pflanzenart und Bodenbeschaffenheit abgestimmte Nährstoffzusammensetzung vermischt und als einfach zu dosierende Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Eine Überdüngung wird so vermieden. Zudem werden synthetische Stickstoffdünger eingespart, deren Herstellung sehr viel Energie benötigt. Der Gesamtprozess nutzt energieeffiziente Technologien und folgt dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft.

[www.bioecosim.eu](http://www.bioecosim.eu)

### ProEcoWine

Bei Pilzbefall von Weinreben, beispielsweise mit dem Falschen Mehltau, leiden Ertrag wie auch Qualität des Weines. Winzer behandeln befallene Reben üblicherweise mit Kupfer – im konventionellen wie auch im ökologischen Weinbau. Durch langjährigen Gebrauch von kupferhaltigen Substanzen kommt es zu Anreicherungen im Boden. Doch Kupfer ist auch für Bodenorganismen toxisch. Im Projekt ProEcoWine entwickeln das Fraunhofer IGB, die Universität West-Ungarn und Laboratoire PHENO BIO im Auftrag von fünf KMUs nun ein umweltverträgliches Pflanzenschutzmittel, das für den Bioweinbau geeignet und zudem als Kombipräparat mit Mikronährstoffen angereichert ist.

[www.proecowine.eu](http://www.proecowine.eu)

### L4CW-Demo

3

Viele industrielle Prozesse erzeugen toxische Abwässer, die im Sinne der nachhaltigen Produktion vor der Rückführung in den Prozess oder in die Umwelt behandelt und gereinigt werden müssen. Dieser Ansatz spiegelt sich umfassend in der Gesetzgebung, unter anderem der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der IVU-Richtlinie, wider. Im Projekt Light4CleanWater (FP7-SME-2008-01-232073) wurde eine Pilotanlage entwickelt, die sicher und kosteneffizient giftige, mit persistenten organischen Verunreinigungen belastete Abwasserströme reinigen kann, ohne schädliche Nebenprodukte zu erzeugen. Im Folgeprojekt L4CW-Demo, mit Schwerpunkt auf der industriellen Herstellung und der betrieblichen Langzeitdemonstration bei Kunden, strebt das Konsortium nun in Richtung Markteinführung.

[www.l4cw.eu](http://www.l4cw.eu)

### **HeatSaver-Demo**

Im Rahmen des EU-Projekts HeatSaver (FP7-SME-2007-1-222116) 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). Im Folgeprojekt HeatSaver-Demo (HS-Demo), in dem das Fraunhofer IGB das Industriekonsortium als wissenschaftlicher Partner begleitet, liegt der Fokus nun auf dem Technologietransfer und der Demonstration der Wärmespeichertechnologie in verschiedenen industriellen Testszenarien.

[www.heat-saver.eu](http://www.heat-saver.eu)

### **AquaCat**

Die Straubinger Projektgruppe BioCat des Fraunhofer IGB erhält für zwei Jahre internationale Verstärkung: Die thailändische Forscherin Dr. Pranee Inprakhon, zuletzt Dozentin an der Mahidol University in Bangkok, wurde mit einem Marie-Curie-Stipendium der Europäischen Union ausgezeichnet. Mit dem Stipendium will die Wissenschaftlerin bei der Projektgruppe BioCat in Straubing nachhaltige und umweltfreundliche Synthesewege zur Herstellung von Polylacton-Nanopartikeln und Zuckerestern für die chemische Industrie aus nachwachsenden Rohstoffen erforschen.

---

## **BRASILIEN**

---

### **Delegationsreise nach São Paulo, Rio de Janeiro und Brasilia**

20.–25. August 2012

Vertreter des Fraunhofer IGB nahmen im August an einer Sondierungsreise nach Brasilien teil. Ziel der Reise waren Besuche bei renommierten Forschungseinrichtungen wie dem CNPEM und dem IPT und Gespräche mit Repräsentanten der wichtigsten brasilianischen Fördergeldgeber. Die Gespräche wurden mit dem fachlichen Inhalt Bioökonomie geführt und von Vertretern des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und wichtiger Forschungseinrichtungen begleitet. Als Ergebnis der Reise wurde ein Workshop vereinbart, an dem bilaterale Projektideen diskutiert werden sollten.

### **Deutsch-Brasilianisches Partnering Event**

26.–27. November 2012, São Paulo

Das Fraunhofer IGB beteiligte sich an dieser Veranstaltung mit wissenschaftlichen Beiträgen zu Themen wie der Biogasproduktion aus Reststoffen der Zucker- und Ethanolproduktion, der Gewinnung von Wertstoffen aus Abfallströmen der Kosmetikindustrie sowie mit Bioraffineriekonzepten. Aus den mit brasilianischen Partnern gemeinsam entwickelten Ideen wurden Projekte im Framework »Bioökonomie international« definiert, für die nun bilaterale Förderung beantragt werden.




---

**CHINA**


---

**Dezentrale moderne Abwasserreinigung für Guangzhou**

4

China zählt zweifelsohne zu den wichtigsten Handelspartnern Deutschlands. Die starke Industrialisierung Chinas lässt den Energieverbrauch stark ansteigen, gleichzeitig ist die Wasserverschmutzung eines der größten Umweltprobleme Chinas. Deutschland auf der anderen Seite ist weltweit führend im Export von Umweltschutzgütern und Wassertechnik.

Im Sinne des Fraunhofer-Auftrags, angewandte Forschung zum Wohle von Wirtschaft und Gesellschaft zu betreiben, wurde ein bilateraler Kooperationsvertrag zwischen dem Fraunhofer IGB und dem chinesischen Partner China National Electric Apparatus Research Institute CEI, Guangzhou (Kanton), geschlossen.

Bereits 2011 wurde von Professor Walter Trösch ein erstes Projekt initiiert, das nun unter Leitung von Dr. Tosca Zech in der Abteilung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik des Fraunhofer IGB weitergeführt wird. Im Projekt »Advanced Wastewater Treatment in Guangzhou« wird eine Strategie für die Abwasserentsorgung des Industrieparks KINTE der Stadt Guangzhou in der Provinz Guangdong entwickelt. Kernpunkt ist die Anpassung der am Fraunhofer IGB entwickelten DEUS-Technologie an die chinesischen Rahmenbedingungen. Ziel ist der Know-how-Transfer der IGB-Schlüsseltechnologie auf den chinesischen Projektpartner CEI, um damit den chinesischen Markt für Wasser- und Abwassertechnologien »made by Fraunhofer« zu erschließen. Die Kooperation wurde 2012 durch hochrangige Besuche von CEI am Fraunhofer IGB vertieft und soll auf weitere Themenfelder wie die Entwicklung energieeffizienter Systeme und Bioenergie ausgeweitet werden.




---

**FRANKREICH**


---

**Les Rendez-vous CARNOT**

3.–4. Oktober 2012, Lyon

Eine Vertreterin des Business Development nahm an der Veranstaltung Les Rendez-vous CARNOT in Lyon teil, dem größten Wissenschaftsforum in Frankreich. Jährlich kommen etwa 6000 Aussteller aus Wissenschaft und Forschung zum Austausch zusammen. Es konnten intensive Gespräche mit Vertretern von Carnot-Instituten und der Förderinstitution ANR (Agence National de la Recherche) geführt werden. Der Veranstaltungsbesuch hatte die Zielsetzung, strategische Kooperationen mit französischen Partnern zu vertiefen und vor dem Hintergrund des 50jährigen Bestehens des Elysee-Vertrags weitere bilaterale Projekte anzustoßen.

**Kooperation Fraunhofer – Carnot**

5

Zwischen dem Carnot-Institut CIRIMAT in Toulouse (Frankreich) und dem Fraunhofer IGB hat sich dank einer Förderung durch BMBF und ANR eine sehr erfolgreiche Kooperation entwickelt. Ursprung war das Projekt BioCapabili, in dem die Forschungspartner biomimetisches Knochenersatzmaterial mit antimikrobiellen Eigenschaften entwickelten (Seite 62). Das Anliegen der Geldgeber war, nicht nur die deutsch-französische Kooperation zu fördern, sondern in erster Linie die Forschung am aktuellen Bedarf auszurichten und industrienahe zu forschen. Das Projekt konnte mit sehr gutem Erfolg abgeschlossen werden und erhielt von den aus Wissenschaft und Industrie zur Evaluierung hinzugezogenen Experten beste Bewertungen. Um die Zusammenarbeit auch zukünftig erfolgreich und anwendungsorientiert weiterzuführen, riefen die Wissenschaftler von CIRIMAT und Fraunhofer IGB das BIOCAPABILI Engineering Cluster ins Leben, eine Forschungsallianz, auf die verschiedene Firmen bereits mit konkreten Anfragen und Interessensbekundungen reagiert haben.

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






---

## ISRAEL

---

### Kooperation zu Drug Delivery mit der Hebrew University 6

Bereits in ersten Sondierungsgesprächen zwischen Professor Shai Arkin, Vizepräsident der Hebrew University, und Fraunhofer-Forschungsvorstand Professor Ulrich Buller kristallisierte sich das Gebiet der Life Sciences als strategisches Feld für eine Forschungsk Kooperation beider Institutionen heraus, denn die »School of Pharmacy« ist einer der stärksten Bereiche der Jerusalemer Universität und eingebettet in eine lebendige israelische Pharmabranche mit jungen, innovativen Unternehmen. Bei der Reise einer Fraunhofer-Delegation nach Israel im Januar 2012, bei der neben Professor Ulrich Buller und Vertretern der Fraunhofer-Institute ITEM und IAP auch das Fraunhofer IGB stark vertreten war, wurden die Voraussetzungen für die Unterzeichnung einer strategischen Kooperation zum Thema Drug Delivery geschaffen. Unter Drug Delivery wird der Weg eines Medikaments zum Wirkort im Körper des Patienten verstanden.

Dieses Abkommen resultierte in einem Aufruf zu gemeinsamen Projektanträgen, der von den wissenschaftlichen Koordinatoren Professor Gershon Golomb (Hebrew University) und PD Dr. Steffen Rupp (Fraunhofer IGB) umgesetzt wurde. Für die Förderung der Zusammenarbeit stellt die Fraunhofer-Gesellschaft insgesamt 1,4 Millionen Euro aus dem internen Programm ICON zur Förderung internationaler Aktivitäten zur Verfügung. Mit der Bewilligung von zwei Projekten für das Fraunhofer IGB mit Partnern der Hebrew University und einem Gesamtvolumen von ca. 900 Tausend Euro konnte nach einem durch externe Gutachter durchgeführten Evaluierungsprozess die aktive Phase der Kooperation im November 2012 beginnen. Hier sind die Kompetenzen des Fraunhofer IGB insbesondere in der experimentellen Validierung von Wirkstoffen über einfach handzuhabende Modellsysteme gefragt.

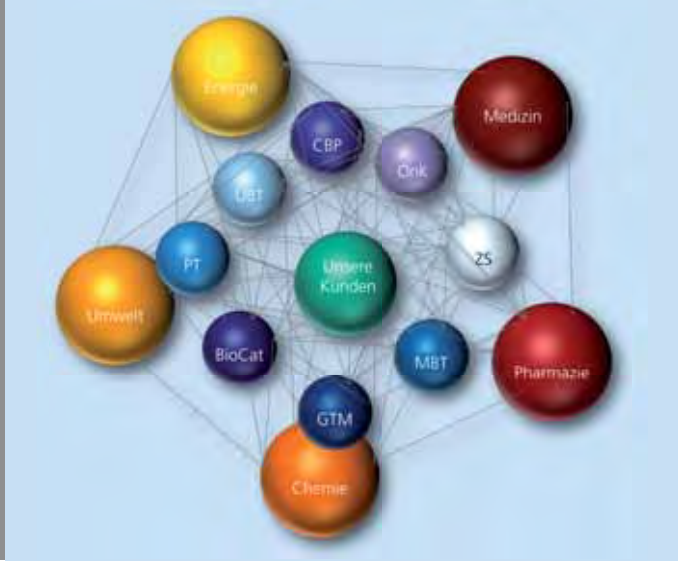
## Kontakt



**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



## STRATEGIEPROZESS AM FRAUNHOFER IGB

Strategie ist der Blick von heute auf die Märkte und damit auf die Ziele und Erfolge von morgen. Eine strategische Ausrichtung ist demnach der Schlüssel zum langfristigen wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Erfolg eines Instituts. Daher überprüfen wir am Fraunhofer IGB in einem kontinuierlichen Strategieprozess die Ausrichtung unserer Kernkompetenzen und Geschäftsfelder.

Gleich nach Übernahme der Institutsleitung durch Professor Hirth Ende 2007/Anfang 2008 entwickelte das Institut in einem gemeinsamen Leitbildprozess eine Mission und Vision für das Fraunhofer IGB. Parallel richtete Professor Hirth das Institut auf die fünf Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie neu aus. Bereits 2011 begann das Fraunhofer IGB mit dem in der Fraunhofer-Gesellschaft etablierten Strategieprozess, welcher als Planungs- und Begutachtungsinstrument der ständigen strategischen Ausrichtung dient. Im November 2012 haben wir diesen intensiven Strategieprozess mit einem Strategiebericht für die Jahre 2013–2017 und einem Technologieaudit abgeschlossen. Externe Auditoren aus Industrie und Wissenschaft haben dabei die acht Kernkompetenzen und die fünf Geschäftsfelder erfolgreich evaluiert und in einem ersten Statement als sehr gut bewertet. Der endgültige Bericht der Auditoren wird im Frühjahr 2013 erwartet.

Der nach Kernkompetenzen und Geschäftsfeldern gegliederte Strategieplan zeigt auf, wie auf der breiten Basis der Kernkompetenzen des Fraunhofer IGB marktorientierte Technologieentwicklungen für die Geschäftsfelder angegangen werden und welche Schwerpunktthemen für die nächsten fünf Jahre identifiziert wurden. Dazu wurden SWOT-Analysen und Technologieroadmaps für alle acht Kernkompetenzen und fünf

Geschäftsfelder erstellt. Im Fokus stand dabei auch die Betrachtung der kernkompetenz- und disziplinübergreifenden Produkt- oder Prozessentwicklungen, die in vielen Fällen von der Planung über die Konstruktion, der Prozessoptimierung bis hin zum Pilotmaßstab vom Fraunhofer IGB abgedeckt werden können. Daher wurde vor allem die Relevanz der Kernkompetenzen für die Geschäftsfelder herausgearbeitet, die aufzeigt, dass alle Kernkompetenzen für mindestens drei der fünf Geschäftsfelder einen Beitrag leisten. Diese synergistische Vernetzung der Kernkompetenzen und die damit einhergehende Diversifizierung des Forschungs- und Entwicklungsangebots erleichtert es enorm, flexibel auf sich rasch verändernde Märkte zu reagieren, und sichert auch in Krisenzeiten den Erfolg des Instituts. Durch die Fähigkeit, Kompetenzen in verschiedenen Branchen und Geschäftsfeldern anbieten zu können, erhöht sich auch das Innovationspotenzial. So findet quasi ein institutsinterner »open innovation process« statt, der es ermöglicht, immer wieder neue Märkte zu erschließen.

Abschließend haben wir zehn strategische Themen identifiziert, die bewusst auch danach ausgesucht wurden, dass sie für mindestens zwei der Geschäftsfelder einen signifikanten Beitrag leisten. Neben diesen thematischen Schwerpunkten haben wir uns vier Ziele gesetzt, die unsere Auftraggeber und Kunden aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft sowie unseren gesellschaftlichen Auftrag umfassen. Wir sind überzeugt, dass wir damit einen signifikanten Beitrag für die großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts leisten können.



## BERUFUNGEN UND PREISE

### Professur für Günter Tovar

Am 17. Oktober 2012 wurde Priv.-Doz. Dr. Günter Tovar zum Außerplanmäßigen Professor an der Universität Stuttgart ernannt. Professor Tovar ist Stellvertretender Leiter des Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP der Universität Stuttgart. Sein Lehrdeputat übt er insbesondere in den Studiengängen Verfahrenstechnik, Technische Biologie und Medizintechnik aus. Am Fraunhofer IGB ist er im Business Development zuständig für die Hochschulbeziehungen des Fraunhofer IGB. Zudem ist Tovar Sprecher der Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie.

### VDI-Ehrenring für Dr. Petra Kluger

1

Für ihre interdisziplinäre Forschung auf dem Gebiet der Biomaterialentwicklung für die regenerative Medizin wurde Dr. Petra Kluger, Gruppenleiterin Zellen und Biomaterialien in der Abteilung Zellsysteme des Fraunhofer IGB, am 21. November 2012 der Ehrenring des VDI überreicht. Ihre Arbeit liefert neue wichtige Erkenntnisse bezüglich zelltypspezifischer Materialwechselwirkungen, die für die Entwicklung neuer Medizinprodukte, aber auch als Scaffolds für das Tissue Engineering genutzt werden können. Darüber hinaus wurde Klugers Engagement für den Aufbau von Vorlesungen und Praktika zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und von Schülern gelobt. Sie begeisterte die ihr anvertrauten Bachelor-, Master- und Promotionsstudenten durch eine sehr strukturierte Betreuung der praktischen Arbeiten und eine außergewöhnlich gut verständliche Vermittlung der wissenschaftlichen Inhalte, so der VDI.

### Posterpreis für Petra Keller

Für ihr Poster »Identification and characterisation of novel antifungal compounds against fungal human pathogens« auf der 11. European Conference on Fungal Genetics vom 30. März bis 2. April 2012 in Marburg wurde Petra Keller aus der Abteilung Molekulare Biotechnologie des Fraunhofer IGB mit einem von sechs Preisen ausgezeichnet. Für das in der Kategorie Biotechnology präsentierte Poster erhielt sie ein Preisgeld von 150 Euro. Mitautoren waren weitere Kollegen am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT der Universität Stuttgart und Fraunhofer IGB sowie Mitglieder zweier weiterer universitärer Arbeitsgruppen und eines KMU: Anke Burger-Kentischer, Karl-Heinz Wiesmüller, Karin Lemuth, Ekkehard Hiller, Isabel Engelhardt, Christoph Müller, Klaus Schröppel, Franz Bracher und Steffen Rupp. Über 400 Poster wurden eingereicht und nach Inhalt und Darstellung bewertet.

### Posterpreis für Silke Palzer

Auf der 18. Konferenz der International Society for Human and Animal Mycology ISHAM vom 11. bis 15. Juni 2012 in Berlin erhielt Silke Palzer aus der Abteilung Molekulare Biotechnologie des Fraunhofer IGB einen von zehn ausgelobten Preisen und ein Preisgeld von 300 Euro für ihr Poster »An expanded genetic code in *C. albicans* to study molecular interactions *in vivo*«. Mitautoren des in der Kategorie Basic Mycology präsentierten Posters waren Yannick Bantel, Franziska Kazenwadel, Michael Berg, Steffen Rupp und Kai Sohn. Ausschlaggebende Kriterien für die Bewertung der über 800 eingereichten Poster waren vor allem der fachliche Inhalt und die Präsentation.



## NACHWUCHSFÖRDERUNG UND AUSSTELLUNGEN

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.

### Girls' Day bei Fraunhofer in Stuttgart

1

Derzeit haben wir in Deutschland die bestausgebildete junge Frauengruppe der Geschichte. Allein unter den Abiturienten sind 55,2 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. Im Jahr 2012 waren 104 interessierte Mädchen in Stuttgart. Die beiden Workshops am Fraunhofer IGB »Magische Flüssigkeiten und Spannendes an Oberflächen« und »Erbgut sichtbar machen« fanden bei den Mädchen großen Anklang. Der nächste Girls' Day findet am 25. April 2013 statt. [www.stuttgart.fraunhofer.de/girls-day](http://www.stuttgart.fraunhofer.de/girls-day)

### BOGY – Berufs- und Studienorientierung an Gymnasien

16 Schülerinnen und Schüler haben 2012 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 helfen. Das Praktikum ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, sich ein detailliertes Bild der Arbeit in einem Forschungsinstitut zu verschaffen und dadurch ihre Berufswahl zu schärfen. [www.stuttgart.fraunhofer.de/schuelerpraktika](http://www.stuttgart.fraunhofer.de/schuelerpraktika)

### Tag für Studierende »Checkpoint Zukunft«

Am 4. Februar 2013 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 Arbeitsgebiete 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 auch 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.stuttgart.fraunhofer.de/studierende](http://www.stuttgart.fraunhofer.de/studierende)

### Ausbildung am Fraunhofer IGB

Das Institut engagiert sich nicht nur intensiv bei der Ausbildung von Studierenden. Es ist uns auch ein besonderes Anliegen, jungen Menschen eine Ausbildung bei Fraunhofer zu ermöglichen. Bereits seit mehr als zehn 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 in der Forschung 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/ausbildung](http://www.igb.fraunhofer.de/ausbildung)

### MS Wissenschaft 2012 – Zukunftsprojekt Erde 2 + 3

Am 15. Oktober 2012 endete in Würzburg die Tour der MS Wissenschaft, auf der zwei Exponate des Fraunhofer IGB dabei waren. Rund 90 000 Interessierte hatten während der Fahrt auf 4270 Kilometern Wasserstraßen die Ausstellung besucht und sich über Forschungsthemen der nachhaltigen Entwicklung informiert. Nach dem Start am 30. Mai 2012 in

Berlin war das Schiff in insgesamt 36 Städten in Deutschland und Österreich zu Gast. 480 Schulklassen kamen an Bord und besuchten die Ausstellung, deren gestalterisches Leitmotiv das Bild einer Stadt war. Jede der städtischen Einrichtungen stand für ein Themenfeld.

### Abwasser als Rohstoff – Intelligentes Wassermanagement

Für die »Stadtwerke« der Ausstellung hatte das Fraunhofer IGB das Projekt »DEUS 21 – Dezentrale urbane Wasserinfrastruktursysteme« als Planungstafel dargestellt. Mit dem DEUS-System wird der Trinkwasserverbrauch einer Siedlung oder eines Stadtteils reduziert, Regenwasser aufbereitet und gleichzeitig Abwasser als Wertstoffquelle genutzt. Das Abwasser wird dazu anaerob in speziellen Bioreaktoren behandelt. Hier werden die organischen Bestandteile zu Biogas umgewandelt, welches dann als Strom- und Wärmelieferant zur Verfügung steht. Anorganische Nährstoffe können als Düngesalze aus dem Abwasser zurückgewonnen werden.

### Umweltfreundlich putzen und waschen – Biotenside aus nachwachsenden Rohstoffen

Im »Wohnhaus« waren nachhaltige Lösungen zu Hause und im Alltag Thema. Hier stellte das Fraunhofer IGB eine Waschmaschine vor, die zeigt, wie man aus nachwachsenden Rohstoffen mit Pilzen Biotenside herstellen kann. Denn ob Waschpulver, Haushaltsreiniger, Duschgels oder Shampoos – alle enthalten Tenside, die bewirken, dass Waschmittel schäumen und Schmutz und Fett sich lösen. Ein Großteil der Tenside wird bislang aus Erdöl hergestellt. Mithilfe von Pilzen und Bakterien will das Fraunhofer IGB umweltschonende und effektive Fett- und Schmutzlöser herstellen – aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Mikroorganismen brauchen dafür Zucker, beispielsweise aus Stroh gewonnen, und Öl. Mit der richtigen Kultivierung im Bioreaktor bilden die Mikroorganismen eine Vielzahl der oberflächenaktiven Substanzen.



1

## NACHHALTIGE ZIELE VERFOLGEN – ZUKUNFTSPROJEKT ERDE AM FRAUNHOFER IGB

Eine nachhaltige, d. h. dauerhaft zukunftsfähige Entwicklung der Gesellschaft ist nur möglich, wenn ihre ökologische, ökonomische und soziale Leistungsfähigkeit sichergestellt und in Einklang gebracht wird. Nicht nur Politik und Wirtschaft, auch Wissenschaft und Forschung tragen maßgeblich dazu bei. Mit dem Ziel, Fraunhofer-Forschung sowie deren Umsetzung stärker am Leitbild Nachhaltigkeit auszurichten, stehen Mitarbeiter am Fraunhofer IGB in engem Austausch mit den anderen Instituten am Campus Stuttgart und im Netzwerk Nachhaltigkeit. In dem über 20 Institute umfassenden Netzwerk wurden im Jahr zuvor innerhalb eines Vorstandsprojekts unter der Leitung von Professor Thomas Hirth die Weichen für eine strategische Umsetzung einer Nachhaltigkeitspolitik für die gesamte Forschungsorganisation gestellt.

Im Mittelpunkt steht die ganzheitliche Betrachtung und ständige Optimierung der Forschungsaufgaben sowohl in der thematischen Ausrichtung als auch im operativen Handeln. Pilothaft arbeiten die fünf Fraunhofer-Institute am Standort Stuttgart an einer gemeinsamen Vision für eine nachhaltige Entwicklung. Um diesen Prozess sichtbar zu profilieren, wurde im März 2012 der erste institutsübergreifende Nachhaltigkeitsbericht innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft veröffentlicht. In ihm machen die Institute Aktivitäten im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung am Forschungscampus Stuttgart transparent und verpflichten sich durch selbst gesteckte Ziele und Maßnahmen zu einer ständigen Verbesserung.

Die besondere Herausforderung dabei war es, die wirtschaftliche und organisatorische Eigenständigkeit der Institute zu berücksichtigen. Die Einbeziehung von Mitarbeitern aus allen

Instituten, aus unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen und Hierarchieebenen bei der Entwicklung von Leitsätzen, Zielen und Aktivitäten war Voraussetzung für einen lebendigen Prozess, der die Institutskultur auch weiterhin prägen soll.

### Aktionstag Nachhaltigkeit

1 + 2 + 3

Eine der im Nachhaltigkeitsbericht angekündigten Maßnahmen war der Aktionstag Nachhaltigkeit am 29. Juni 2012, mit dem die Stuttgarter Fraunhofer-Institute dem bundesweiten Aufruf »Nationaler Aktionstag Nachhaltigkeit« folgten. Hierzu hatte die Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit am Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS, koordiniert durch Ina Andrees-Ostovan vom Fraunhofer IGB, im Vorfeld einen Ideenwettbewerb ausgelobt. Aus den nahezu 50 durch die Mitarbeiter eingereichten Ideen wurde am Aktionstag und in der Folgezeit ein großer Teil umgesetzt:

In der Tut-Was-Aktion für nachhaltiges Individualverhalten informierten Fraunhofer-eigene Experten ihre Kollegen, wie jeder durch umsichtiges Verhalten am Arbeitsplatz und auf dem Weg dorthin CO<sub>2</sub> einsparen kann. Während des ersten sogenannten BrownBag Lunchs konnten in Kurzvorträgen aktuelle Forschungsthemen und -ideen ausgetauscht werden. Diese Art wissenschaftlichen Dialogs soll zur Vernetzung über Institutsgrenzen hinweg anregen und wird nun regelmäßig fortgesetzt. Auf reges Interesse stieß die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge aus der E-Mobility-Versuchsflotte des Fraunhofer IAO Probe zu fahren, sowie die Elektroschrott-Sammelaktion, bei der die Mitarbeiter ihre privaten elektrischen und



elektronischen Geräte bei dem gemeinnützigen Unternehmen Neue Arbeit GmbH zur fachgerechten Demontage und weiteren Verwertung abgeben konnten. Um einen gewissen Ausgleich für die aufgrund der Neubauten verloren gegangenen Grünflächen auf dem Campus zu schaffen, wurden Nist- und Überwinterungshilfen für Insekten aufgestellt, die im Frühjahr 2013 durch die Aussaat von Wiesenblumen ergänzt werden. Eine »regionale Woche« im Betriebsrestaurant Piccante ergänzte das Angebot im Hinblick auf einen gesünderen und ressourcenschonenderen Institutsbetrieb. Eine Jury aus Vertretern der Institutsleitungen und der Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit verlieh am Aktionstag Preise an die Autoren der besten Ideen.

---

### Fraunhofer-Haus der Nachhaltigkeit

---

Unter dem Motto »Zukunftsprojekt Erde« im Wissenschaftsjahr 2012 rief die Bundesregierung zu einer gesellschaftlichen Debatte um unser Zusammenleben, unser Wirtschaften und den Umweltschutz auf. Einen anschaulichen Beitrag dazu leistete das Fraunhofer IGB zusammen mit weiteren 22 Fraunhofer-Einrichtungen am Gemeinschaftsstand »Haus der Nachhaltigkeit« auf der Hannover Messe im April 2012. Mit dem innovativen Wasserinfrastrukturkonzept DEUS 21 zum Thema Wasser, einem Hautmodell zur Testung von Kosmetika als Alternative zu Tierversuchen oder photokatalytischen Oberflächen seien nur einige aktuelle Forschungsleistungen genannt, die Chancen zu einer nachhaltigeren Gestaltung des täglichen Lebens eröffnen. Weitere Exponate, beispielsweise zur Rückgewinnung von Nährstoffen aus Abwasser und organischen

Reststoffen als Dünger und zur energetischen Nutzung von Abfallbiomasse, demonstrierten die Bandbreite der am Fraunhofer IGB entwickelten nachhaltigkeitsorientierten Technologien.

---

### Es geht weiter

---

Dass wir nicht mit dem bisher Erreichten aufhören wollen, dazu ermuntern uns viele Anregungen der Mitarbeiter, aber auch das im Juni 2012 gestartete Projekt »Leitfaden Nachhaltigkeitsberichterstattung« des Netzwerks Nachhaltigkeit. Unter der Federführung der Fraunhofer-Zentrale und Fraunhofer UMSICHT erarbeitet das Fraunhofer IGB hier vor dem Hintergrund seiner Erfahrungen mit dem ersten Nachhaltigkeitsbericht am Fraunhofer IZS einen Leitfaden sowie ein Schulungskonzept für die Fraunhofer-weite Nachhaltigkeitsberichterstattung nach dem international anerkannten Standard der Global Reporting Initiative (GRI).

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

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





# KOMPETENZEN

---

## DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen. Rund 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon fallen 1,6 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 entwickeln 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 aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

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

<sup>1</sup> *Joseph von Fraunhofer (1787–1826).*



# 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 Kohlenstoffnanoröhren 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

#### Kontakt



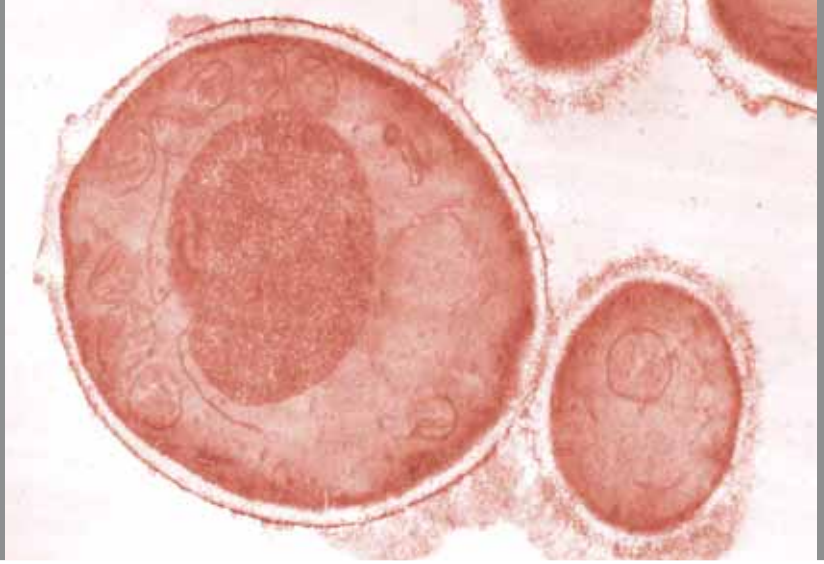
#### Dr. Christian Oehr

Abteilungsleiter Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft  
 Telefon +49 711 970-4137  
[christian.oehr@igb.fraunhofer.de](mailto:christian.oehr@igb.fraunhofer.de)

- 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 Synthese und Herstellung nanostrukturierter (Bio-) Materialien und Oberflächen
- Pilotanlagen zur Herstellung und Testung von Membranen



## MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE

Die Schwerpunkte der Abteilung Molekulare Biotechnologie liegen in den Bereichen Pharmazie, Diagnostik und Chemie. So setzen wir unser Know-how für die funktionelle Genomanalyse von Pathogenen (Infektionsbiologie) ein, um 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 Proteom-Analysen sowie einer akkreditierten Analytik, die auch für Metabolom-Analysen 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 menschlichen 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.

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 eröffnet 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-m<sup>3</sup>-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 im Kundenauftrag
- Entwicklung von DNA-Microarrays: Sondendesign, Herstellung von PCR-Fragmenten, Kontaktprinting und Hybridisierung
- Zellbasierte Assays: Antivirale Assays (GLP), Pyrogendetektion, Mutagenität, Toxizität
- Herstellung von Produktionszelllinien und Verfahren zur rekombinanten Produktion von Proteinen (Biosimilars), Proteinreinigung und Proteincharakterisierung
- Entwicklung neuer hochdurchsatztauglicher Enzymassays und Screening
- Stamm- und Parameterscreening 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, Roche)
- Parallelsequenzierung zur Nukleinsäureanalytik (HiSeq 2000-Illumina; GS-Junior, Roche)

#### Kontakt



#### Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

Abteilungsleiter

Molekulare Biotechnologie

Telefon +49 711 970-4045

steffen.rupp@igb.fraunhofer.de

- Proteomics-Facility mit hochauflösenden MS-Technologien (2D-Gelelektrophorese, nano-LC-MALDI-TOF/TOF, HPLC-ESI-MS/MS)
- Fermentationsanlagen für Suspensions- und adhärenzte Zellkulturen bis 10 L non-GLP
- 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

## 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 Lebensmittelindustrie, 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

- Wärmespeicherung mit thermo-chemischen Prozessen
- Abtrennung von Feuchte aus Gasen mit Sorptionssystemen
- Trocknung mit integrierter Rückgewinnung flüchtiger Stoffe
- Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe
- Herstellung von Bodenverbesserungssubstraten aus organischen Reststoffen
- Elektrophysikalische und oxidative Wasseraufbereitung
- Konstruktion kombiniert mit numerischer Simulation
- Systemintegration von aseptischen Prozessen in der Lebensmittelindustrie und Biotechnologie
- Anwendung elektrischer Felder 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 Komponentenentwicklung 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® 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)

#### Kontakt

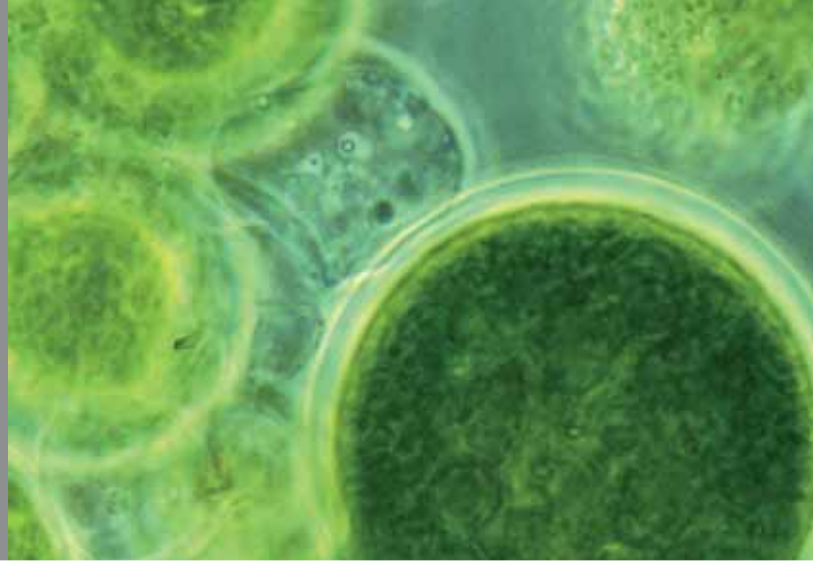


**Dipl.-Ing. Siegfried Egner**

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 – oft kombiniert mit der Rückgewinnung anorganischer Begleitstoffe zur Wiederverwendung als Dünger und der Reinigung des bei der Naturstoffwandlung immer anfallenden Lösungsmittels Wasser. 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 und die Realisierung von Prototypen innovativer semi-dezentraler nachhaltiger Abwasserreinigungsanlagen sind möglich, wenn spezielle anaerobe Mikroorganismen eingesetzt werden. Dabei spielt die Rückhaltung oder Immobilisierung von Biokatalysatoren eine bedeutende Rolle. Das damit verbundene Know-how nutzen wir vielfältig zur Untersuchung oberflächenassoziierten biologischer Prozesse (Biokorrosion, Biofilmbildung, Biomineralisierung, Biofouling, Biosensorik oder Bioleaching) sowie der Testung antimikrobieller Ausrüstungen. Ergänzend greifen wir auf Mikroalgen als natürliche und nachhaltige aquatische Rohstoffquelle zurück, die eine Vielzahl chemischer Grundstoffe und eine 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. Unter robusten Verfahren soll hier verstanden werden, dass sie kontaminationsresistent, kontinuierlich und aseptisch (nicht steril) betrieben werden

können. Die Prozessauslegung erfolgt immer auf Basis der mikrobiologischen Grundlagen wie beispielsweise der Wachstums- und Abbaukinetik der jeweiligen Organismen und reicht von der Planung, Inbetriebnahme und Optimierung von Labor- und Technikumsanlagen bis hin zu Planung, Bau, Inbetriebnahme und Optimierung innovativer Demonstrationsanlagen in Kooperation mit unseren Industriepartnern. Die intelligente Verknüpfung von Unit Operations der mechanischen, thermischen 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 Anreicherung.

- 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 hat den Vorteil, dass das Verhältnis von Biomasseausbeute und Produktausbeute bei ca. 90 Prozent auf Seite des Produktes liegt. 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 und Wasseraufbereitung
- Bioverfahrenstechnische Reinigungsprozesse für industrielle Abwässer sowie Hybridverfahren
- Entwicklung von Verwertungskonzepten für anorganische und organische Reststoffe
- Entwicklung von regionalen Systemkonzepten für das Energie- und Wasser-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 zu Basischemikalien

#### Kontakt



#### Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Abteilungsleiterin Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik  
 Telefon +49 711 970-4222  
[ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de](mailto:ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de)

- Entwicklung von Verfahren für die Isolierung, Trennung und Aufreinigung biotechnisch hergestellter Produkte
- Bewertung mikrobieller Belastungen auf Oberflächen und in prozessberührten Medien

#### Infrastruktur und Geräteausstattung

- Technikum für Umwelt- und Bioverfahrenstechnik
- Bioreaktoren im Labor-, Pilot- und technischem Maßstab
- Analytik der Substrate und Fermentationsprodukte, Proteinanalytik
- Mobile Pilotanlagen im m<sup>3</sup>-Maßstab zur Ermittlung von Auslegungsdaten vor Ort für die Planung und den Bau innovativer Demonstrationsanlagen
- Demonstrationsstandorte Knittlingen (DEUS 21), Stuttgart-Gaisburg (Bioenergie), Reutlingen und Fraunhofer IGB (Algenkultivierung), Franca, SP, Brasilien (Bioenergie)
- Photobioreaktoren unterschiedlicher Größe für Labor, Freiland und Gewächshaus
- Testanlagen für verschiedene Membranverfahren (z. B. Rotationsscheibenfilter)
- Ausstattung und behördliche Zulassung für den Umgang mit pathogenen Organismen
- Testapparaturen zur Prüfung antimikrobiell ausgerüsteter Materialien
- Testanlagen für den Zellaufschluss und die Extraktion mit überkritischen Fluiden
- GIS-Anwendungen mit der Software ESRI ARC-INFO und Prozesssimulation und -automatisierung (Mat-Lab, Siemens-Programmierung)



## ZELLSYSTEME

Schwerpunkt der Abteilung Zellsysteme ist die Entwicklung funktioneller 3D-Gewebemodelle in vitro aus isolierten primären humanen Zellen, mit denen wir Fragestellungen in der regenerativen Medizin, im Tissue Engineering und bei der Entwicklung von Medizinprodukten und zellbasierten Assays für die Toxikologie adressieren. Für eine effektive Isolierung von Reinkulturen aus Geweben und die 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.

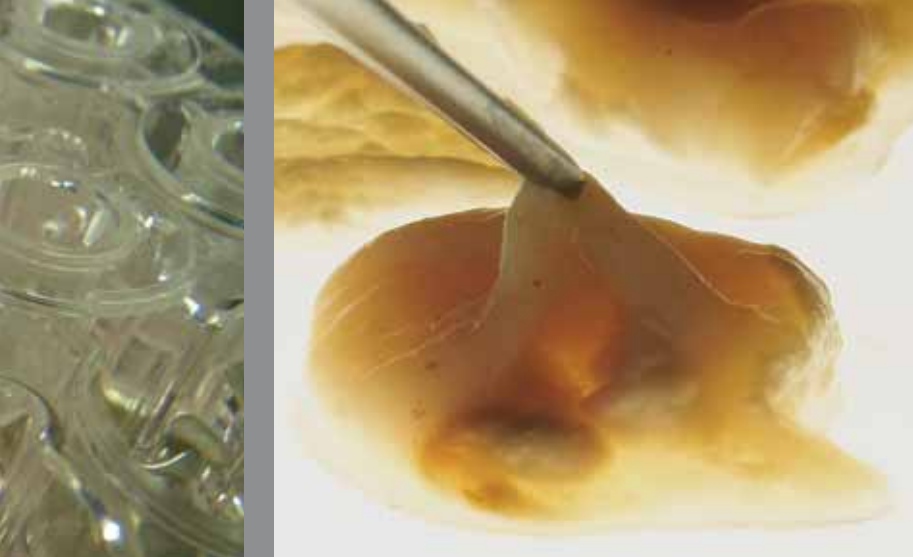
Ein zweischichtiges humanes 3D-Hautäquivalent wurde patentiert (EP 1 290 145B1) und für die Prüfung der Biokompatibilität von Medizinprodukten zertifiziert (DIN ISO 10993-5). Das Hautmodell kann um weitere Zelltypen, beispielsweise Melanozyten oder Tumorzellen, erweitert werden. Es eignet sich auch – 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 konnte der komplette Herstellprozess der avaskulären Hautmodelle automatisiert werden.

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 Projekts bereiten wir momentan die erste klinische Studie für ein Trachea-Transplantat vor, das auf der BioVaSc basiert.

### Kompetenzen

- Isolierung und Kultivierung primärer Zellen aus verschiedenen Geweben und Spezies entsprechend der geltenden GLP- oder GMP-Vorschriften
  - Mikro- oder nanostrukturierte (Bio-) Materialoberflächen
  - Haut inklusive Hauttumoren, 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 Trachea-modell
- Etablierung von Methoden zur zerstörungsfreien Zell- und Gewebecharakterisierung mittels der Raman-Spektroskopie



Parameter, die maßgeblich pharmakokinetische und toxikologische Eigenschaften von Wirkstoffen charakterisieren und daher in der Medikamentenentwicklung unbedingt überprüft werden müssen – diese werden bezeichnet als 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, unsere komplexen Gewebe als Transplantate in der regenerativen Medizin einzusetzen. In unserer GMP-Einheit bieten wir die Verfahrensentwicklung und Musterherstellung autologer Transplantate (ATMPs, Advanced Therapy Medicinal Products) 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

#### Kontakt



#### Prof. Dr. Heike Walles

Abteilungsleiterin Zellsysteme

Telefon +49 711 970-4117

heike.walles@igb.fraunhofer.de

- 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)



## 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 Gebäude mit mehr als 2000 m<sup>2</sup> Fläche für Anlagen, Technika, Labore, Büro- und Lagerräume wurde im September 2012 fertiggestellt und am 2. Oktober 2012 feierlich in Gegenwart von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel eingeweiht. Mit dem Fraunhofer CBP, das von den Fraunhofer-Instituten IGB und ICT koordiniert wird, entstand 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 momentan folgende Forschungsschwerpunkte verfolgt:

- Funktionalisierung pflanzlicher Öle – z. B. biotechnologische Epoxidierung und  $\omega$ -Funktionalisierung
- Aufschluss von Lignocellulose und Trennung der Komponenten
- Fermentative Darstellung von Plattformchemikalien
- Herstellung biobasierter Alkohole und Olefine
- Entwicklung neuer technischer Enzyme
- Gewinnung hochwertiger Extraktstoffe aus biogenen Roh- und Reststoffen

Das Fraunhofer CBP hat seinen Fokus auf der Entwicklung nachhaltiger Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette zur Herstellung von Produkten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. 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 CO<sub>2</sub>-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. Das Fraunhofer CBP bietet mit den verfügbaren Technikums- und Miniplant-Anlagen hierzu eine exzellente Entwicklungsplattform.



### Leistungsangebot

Das Fraunhofer CBP stellt modular einsetzbare Prozesskapazitäten bis 10 m<sup>3</sup> Fermentationsvolumen und kontinuierliche Anlagen bis 10 kg/h auch unter hohen Prozessdrücken sowie verschiedenste Aufbereitungs- und Aufarbeitungstechniken bereit. Mit diesem flexibel einsetzbaren Bioaffineriekonzept können Rohstoffe wie pflanzliche Öle, Cellulose, Lignocellulose, Stärke oder Zucker aufbereitet und zu chemischen Produkten umgesetzt werden.

### Infrastruktur und Geräteausstattung

- Fermentationskapazitäten von 10/100/1000 und 10 000 L und Aufarbeitung der Fermentationsprodukte (Downstream Processing)
- Kontinuierliche Gasphasenreaktionen bis 10 kg/h
- Chemische Flüssigphasenreaktionen bis 100 L bei bis zu 70 bar
- Mechanische und thermische Trennverfahren (inkl. Extraktion mit Propan und sc-CO<sub>2</sub>)
- Aufschluss und Komponententrennung von Lignocellulose mithilfe organischer Lösungsmittel mit einer Kapazität von 1 t Biomasse/Woche
- Reaktionsbehälter zur enzymatischen Hydrolyse von Polysacchariden

### Kontakt

#### Fraunhofer-Zentrum für

#### Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP

Am Haupttor | Tor 12, Bau 1251

06237 Leuna

Fax +49 3461 43-9199 | [www.cbp.fraunhofer.de](http://www.cbp.fraunhofer.de)



#### Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach

Leiter der Projektgruppe CBP

Telefon +49 3461 43-9101

[gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de](mailto:gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de)



#### Dr.-Ing. Katja Patzsch

Gruppenleiterin Biotechnologische Verfahren

Telefon +49 3461 43-9104

[katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de](mailto:katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de)



#### Dr. Moritz Leschinsky

Gruppenleiter Vorbehandlung und Fraktionierung Nachwachsender Rohstoffe

Telefon +49 3461 43-9102

[moritz.leschinsky@cbp.fraunhofer.de](mailto:moritz.leschinsky@cbp.fraunhofer.de)



#### Dr. Daniela Pufky-Heinrich

Gruppenleiterin Chemische Verfahren

Telefon +49 3461 43-9103

[daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de](mailto:daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de)



## FRAUNHOFER-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 CO<sub>2</sub> 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 pflanzlichen Ölen und Fettsäuren funktionalisierte Carbonsäuren und biobasierte Tenside synthetisiert. Dabei ist angestrebt, eine bestmögliche Wertschöpfung vom Rohstoff Biomasse zum biobasierten Endprodukt zu erreichen. Zusätzlich erarbeitet die Projektgruppe neue Verfahren, um überschüssige elektrische Energie zu nutzen und zu speichern, u. a. durch Bindung und Umwandlung von CO<sub>2</sub> in Kraftstoffe.

Heute schon muss die nächste Generation von Katalysatoren und Verfahren entwickelt werden, die es erlauben, Biomasse und CO<sub>2</sub> als wesentliche Rohstoffquelle an Stelle des Erdöls zu verwenden. Die Projektgruppe BioCat möchte diese Entwicklung vor dem Hintergrund der »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 vollständig zu nutzen.

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 und heterogene 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, Pfinztal. 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  $^1\text{H}$ -/ $^{19}\text{F}$ -/ $^{13}\text{C}$ -/ $^{31}\text{P}$ -/ $^{15}\text{N}$ -Messungen und 2D-Anwendungen inkl. Methodenentwicklung
- Screening von Bio- und Chemokatalysatoren
- Molekularbiologische und technische Optimierung von Enzymen und Enzymreaktionen
- Auftragssynthese 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 L
- Automatisierungsplattform für Hochdurchsatzmethoden
- Analytik: GC-MS, LC-MS, HPLC und FT-IR mit Online-Sonde
- 400-MHz-NMR-Spektrometer

### Kontakt

#### Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

#### Projektgruppe BioCat

Schulgasse 11a | 94315 Straubing

Fax +49 9421 187 310 | [www.biocat.fraunhofer.de](http://www.biocat.fraunhofer.de)



#### Prof. Dr. Volker Sieber

Leiter Projektgruppe BioCat  
Telefon +49 9421 187-301  
[volker.sieber@igb.fraunhofer.de](mailto:volker.sieber@igb.fraunhofer.de)



#### Dr. Harald Strittmatter

Laborleiter  
Telefon +49 9421 187-350  
[harald.strittmatter@igb.fraunhofer.de](mailto:harald.strittmatter@igb.fraunhofer.de)



## FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE ONKOLOGIE

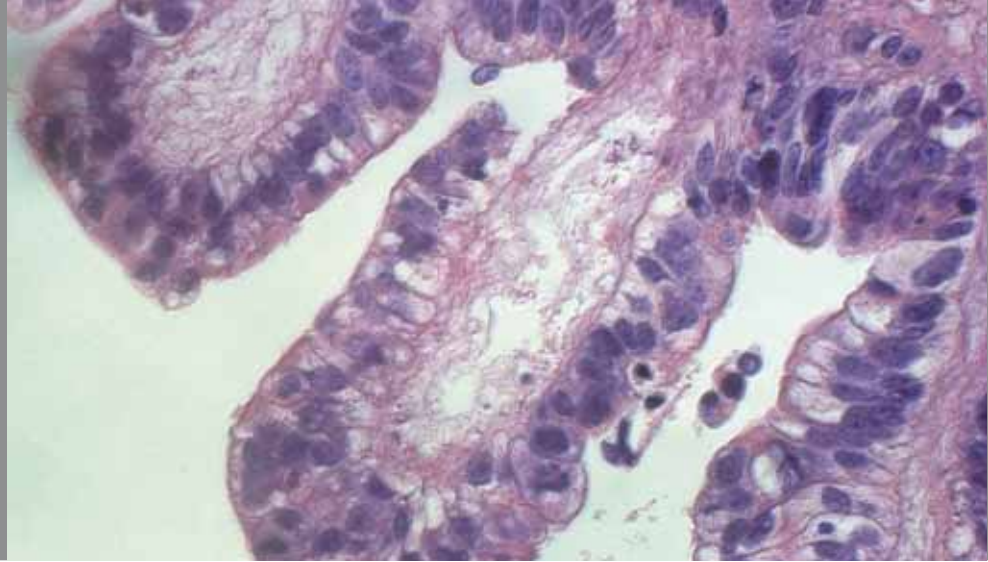
Die Projektgruppe »Regenerative Technologien für die Onkologie« des Fraunhofer IGB wurde 2009 zeitgleich mit dem Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin an der Universitätsklinik Würzburg eingerichtet. Die Projektgruppe profitiert einerseits von der Anbindung an die Forschung des Fraunhofer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

### Kontakt

#### Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

#### Projektgruppe Onkologie

c/o Universitätsklinikum Würzburg

Lehrstuhl 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

- 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 und S2 GenTSV
- Zellanalytik: inverses Fluoreszenzmikroskop, FACS, Mikrodissektionsanlage, Raman-Spektroskopie



## INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHENVERFAHRENS- TECHNIK UND PLASMATECHNOLOGIE IGVP

Das bisherige Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT wurde im Januar 2013 umbenannt: Auch das neue Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP wird von Professor Thomas Hirth geleitet und gehört, wie das bisherige IGVT, weiterhin zur Fakultät »Energie-, Verfahrens- und Biotechnik« der Universität Stuttgart. Das IGVP integriert das bisherige Institut für Plasmaforschung (IPF, ehemals Fakultät Physik), dessen Leitung Professor Hirth bereits zum 1. Juli 2012 übernahm.

Zum Jahresende 2012 zählte das IGVT 54 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, bei einem Forschungsbudget von etwa 2,5 Millionen Euro. Das IPF beschäftigte 30 Mitarbeiter (Seite 13). Das IGVP befindet sich nach wie vor schwerpunktmäßig in den Räumen des Fraunhofer IGB, mit dem in enger Kooperation gearbeitet wird. Zusätzlich nutzt das Institut Labor-, Technikums- und Büroräume im Verfügungsgebäude der Universität Stuttgart, Allmandring 5b. Hinzugekommen ist der Standort Pfaffenwaldring 31, wo das ehemalige IPF seine Labore, Technika, Büros und Werkstätten hat. Die nun acht Arbeitsgruppen des Instituts verfügen über eine moderne Ausstattung für biologische, chemische, physikalische und verfahrenstechnische Forschungsarbeiten an und mit Grenzflächen und Plasmen.

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 IGVP, dessen Forschung von BMBF, DBU, DFG, EU, dem Land Baden-Württemberg, Stiftungen und der Industrie finanziert wird. Am IGVP verbinden wir grundlegende Forschungsideen mit anwendungsorientierten Ansätzen und greifen dabei auch Impulse aus der Praxis auf.

### Forschung und Lehre

Das IGVT widmete sich im Jahr 2012 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.

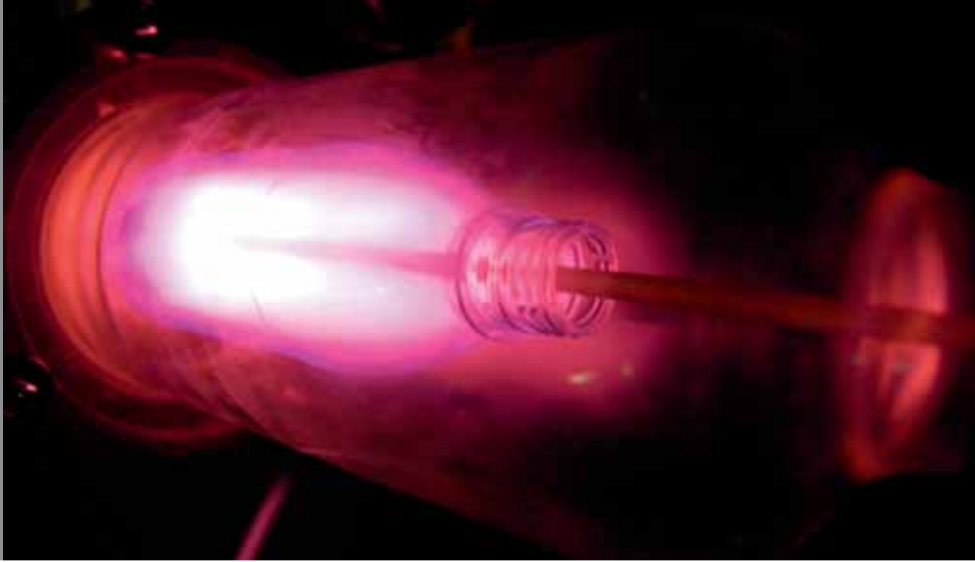
Die Schwerpunkte der Lehre des IGVT lagen bei den Themenfeldern Biomaterialien, Grenzflächenverfahrenstechnik, industrielle Biotechnologie und Nanotechnologie. Darüber hinaus bietet das IGVP qualifizierende Lehrveranstaltungen zu weiteren fachübergreifenden Themenfeldern an. Die Studierenden kommen insbesondere aus den Studiengängen Chemie, Maschinenwesen, Medizintechnik, Physik, Technische Biologie, Technische Kybernetik, Verfahrenstechnik, WASTE und Werkstoffwissenschaften.

### Biologische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Enzym- und Mikroorganismen-Screening
- Microarray-Technologien für Diagnostik und Biomedizin
- Verfahrensentwicklung für die industrielle Biotechnologie
- Wechselwirkungen von Mikroorganismen mit Oberflächen
- Wirt-Pathogen-Interaktionen

### Chemische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Biomaterialien und Nanobiomaterialien
- Biomimetische Funktionsschichten
- Kern-Schale-Nano- und Mikropartikel



- Kompositmaterialien, Hybridmaterialien, ionische Flüssigkeiten
- Nano-/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)
- Grenzflächencharakterisierung
- Mikroplasma
- Nanoskopische Oberflächenfunktionalisierung
- Plasmabeschichtung (PECVD)
- 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 und Brennstoffzellen
- 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

#### Kontakt

#### Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

Universität Stuttgart

c/o Fraunhofer IGB, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Fax +49 711 970-4006

[www.igvp.uni-stuttgart.de](http://www.igvp.uni-stuttgart.de)



**Prof. Dr. Thomas Hirth**

Institutsleiter

Telefon +49 711 970-4400

[thomas.hirth@igvp.uni-stuttgart.de](mailto:thomas.hirth@igvp.uni-stuttgart.de)



**Prof. Dr. Günter Tovar**

Stv. Institutsleiter

Telefon +49 711 970-4109

[guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de](mailto:guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de)

#### Arbeitsgruppen des IPF

Im Jahr 2013 werden die thematischen Schwerpunkte der vorgenannten Arbeitsgruppen mit drei Arbeitsgruppen zu den Themen »Mikrowellentechnologie«, »Plasmadynamik und -diagnostik« und »Plasmatechnologie« im IGVP neu aufgestellt werden.



# MEDIZIN

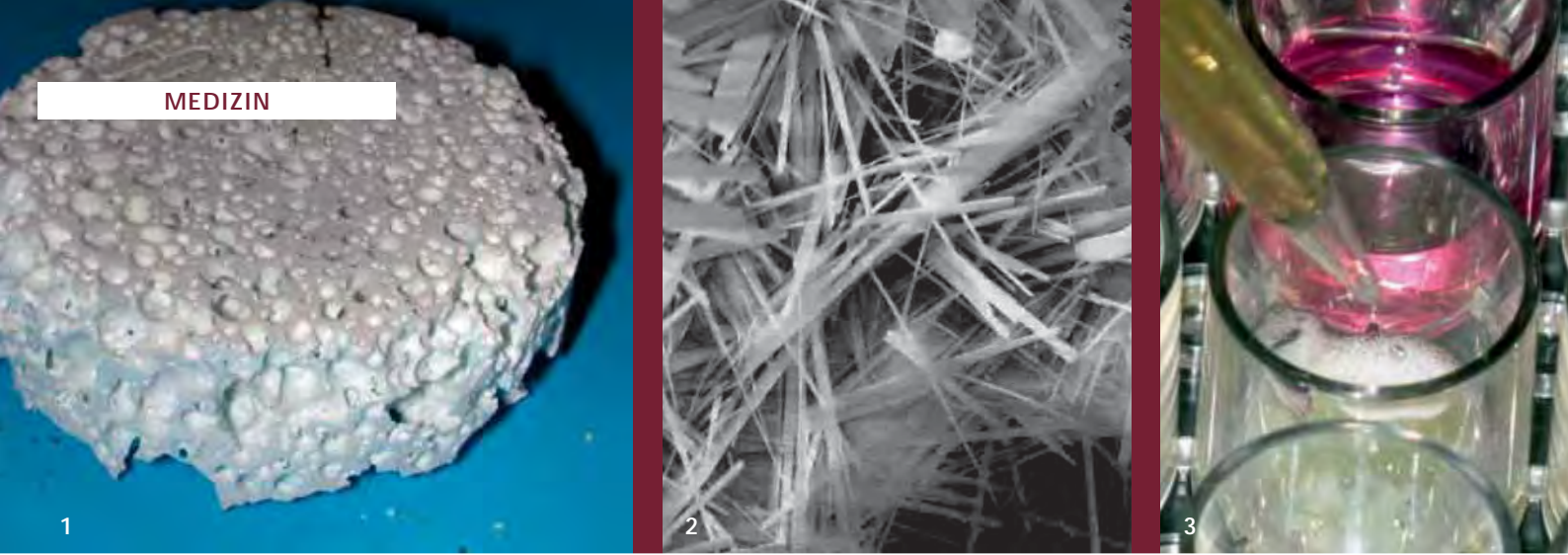
Prof. Dr. Heike Walles

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 Hauttestsystemen 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.



# ANTIBAKTERIELLE KNOCHENIMPLANTATE ZUR VERMEIDUNG LOKALER INFEKTIONEN

Dr. rer. nat. Iris Trick, Prof. Dr. Christophe Drouet\*

## Vorbeugung von Knocheninfektionen

In Krankenhäusern erworbene Knocheninfektionen, beispielsweise infolge von chirurgischen Eingriffen, sind kostspielig und ein ernstzunehmendes Problem. Aus diesem Grund ist die Vorbeugung solcher Knocheninfektionen von höchster Priorität. Calciumphosphat (CaP)-Apatite sind als Biomaterial für die Wiederherstellung von Knochen gut geeignet. Doch obwohl CaP-Verbindungen in den letzten Jahren Gegenstand intensiver Erforschung und Entwicklung auch seitens der Industrie waren, existieren bis heute keine technologischen Konzepte, um CaP-Apatite mit antibakteriellen Eigenschaften zu versehen. Da der Einsatz von Antibiotika aufgrund der Ausbildung bakterieller Resistenzen problematisch ist, müssen andere Strategien gefunden, verglichen und weiterentwickelt werden.

## Deutsch-französische Forschungskooperation

Im binationalen Projekt BioCapabili arbeiten das Fraunhofer IGB und das französische Carnot-Institut CIRIMAT zusammen, um bioaktive, biomimetische CaP-Apatite mit verschiedenen antimikrobiellen Verbindungen auszurüsten und umfassend zu untersuchen. Antibiotika wurden nicht verwendet. CaP-Apatite wurden in der Gruppe »Phosphates, Pharmaceutics and Biomaterials« des CIRIMAT hergestellt, mit dem Fokus auf Synthese, Charakterisierung und Oberflächenaktivität. Alternative Oberflächenmodifikationen sowie die biologische Charakterisierung der modifizierten CaP-Apatite erfolgten am Fraunhofer IGB.

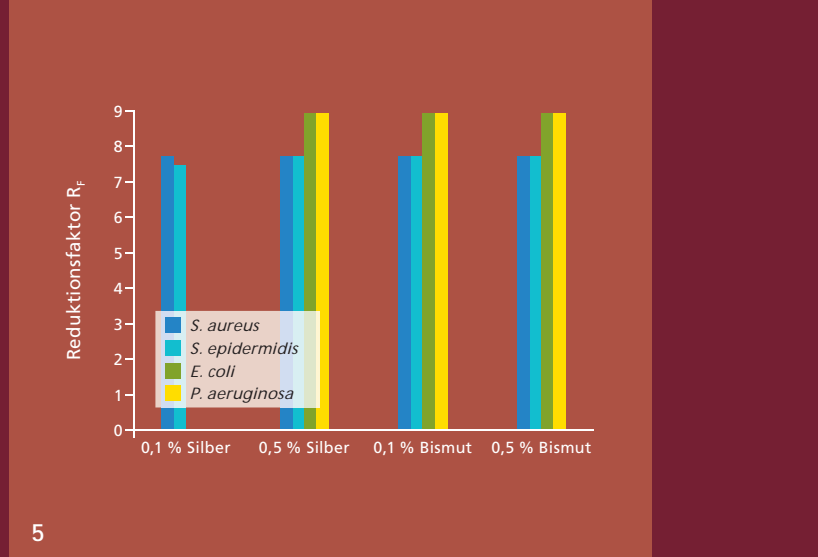
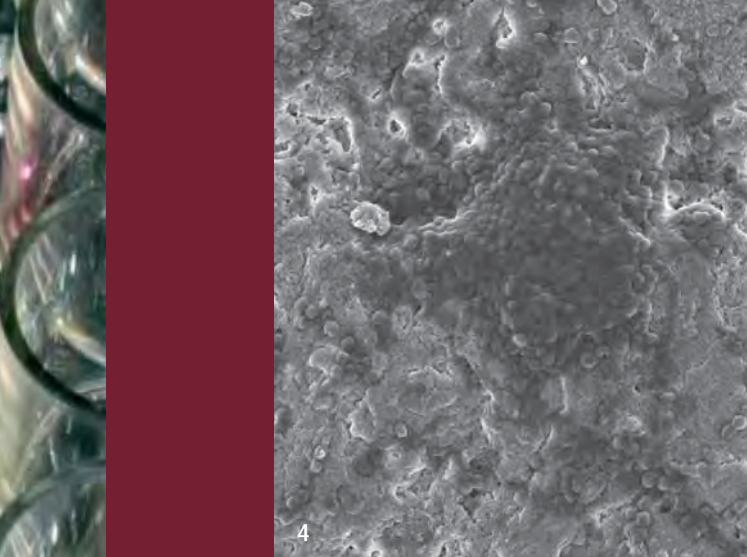
## Vorgehensweise

In der Apatitstruktur kristallisierte Calciumphosphate sind analog aufgebaut wie das mineralische Knochenmaterial. Für die Herstellung neuer Formulierungen nanokristalliner

biomimetischer Apatite mit antibakteriellen Eigenschaften haben wir zum einen die Zusammensetzung der Apatite modifiziert. Ein zweiter Ansatz war, die Oberfläche nanoskaliger CaP-Apatite, deren Oberfläche eine hydratisierte Schicht besitzt, mit Wirkstoffen zu funktionalisieren. Mit verschiedenen Methoden wurde vorzugsweise die Oberfläche der Nanokristalle (z. B. unter Verwendung einer Dialysemembran) oder die Gesamtheit der Kristalle modifiziert. Ebenso wurde die Adsorption von organischen oder organisch-anorganischen Verbindungen auf der Oberfläche der CaP-Kristalle untersucht. Die antibakteriellen Eigenschaften wurden jeweils für unterschiedliche pathogene Organismen und mit unterschiedlichen Prüfbedingungen nachgewiesen. Verglichen wurde die Konzentrationsabhängigkeit der antibakteriellen Wirkung hinsichtlich Zytotoxizität und antibakterieller Eigenschaften. Die besten Formulierungen wurden anschließend in vivo auf Osteokonduktion geprüft.

## Ergebnisse

Mehrere neue Formulierungen von chemisch modifizierten nanokristallinen Apatiten (mit oder ohne Oberflächenmodifikationen) wurden synthetisiert und vollständig charakterisiert. Die Bedingungen, mit denen wir einphasige Apatit-Systeme erhielten, wurden beibehalten und entsprechend auf antibakterielle Eigenschaften und Zytotoxizität getestet. Als Referenz dienen nicht dotierte Systeme. Die erhaltenen Apatit-Nanokristalle zeigten eine hohe Oberflächenaktivität, vor allem durch die hydratisierte Schicht auf ihrer Oberfläche. Der Einfluss der Syntheseparameter, insbesondere die pro Formulierung eingesetzte Menge an antibakteriellem Wirkstoff, und der Nachbehandlungen wurde gründlich untersucht, vor allem im Hinblick auf zukünftige Einsatzgebiete.



Alle im Projekt entwickelten Systeme wurden in einem Screening auf antibakterielle Eigenschaften und Zytotoxizität untersucht. Die vielversprechendsten Formulierungen wurden für zukünftige Untersuchungen zur Übertragung in einen industriellen Herstellungsmaßstab ausgewählt. In Abb. 5 sind einige ausgewählte Ergebnisse des Screenings aufgenommen. Dargestellt ist der Reduktionsfaktor  $R_F$ , der sich aus der eingesetzten Ausgangskeimzahl und der rekultivierbaren Zellzahl errechnet ( $R_F = \log(\text{Ausgangskeimzahl}) - \log(\text{Anzahl rekultivierbare Zellen})$ ). Eine hohe Ausgangszellzahl zwischen  $10^7$  Zellen/ml bei den Staphylokokken und  $10^9$  Zellen/ml bei *E. coli* und *P. aeruginosa* wurde auf silber- und bismutdotierte CaP-Apatite innerhalb eines Konzentrationscreenings aufgebracht. Der im Diagramm angegebene Reduktionsfaktor  $R_F$  gibt die Reduktion der lebens- und vermehrungsfähigen Zellen in logarithmischer Form an. Der maximal mögliche Wert entspricht der eingesetzten Ausgangszellzahl und damit der vollständigen Inaktivierung der eingesetzten Zellzahl. So konnten die Staphylokokken mit den dargestellten Dotierungen vollständig inaktiviert werden. *E. coli* und *P. aeruginosa* zeigen bei 0,1 % Silber noch keine Beeinträchtigung ( $R_F=0$ ), während bereits 0,5 % Silber und beide Bismut-Konzentrationen ebenfalls eine vollständige Inaktivierung nach sich zogen.

In-vivo-Implantationstests wurden gestartet, um die Auswirkungen der besten Formulierungen auf die Neubildung von Knochen (Osteogenese) zu untersuchen.

### Ausblick

Mit Blick auf die Weiterentwicklung der Formulierungen konnten wir noch während der Projektlaufzeit Kontakte zu Chirurgen und Industrieunternehmen knüpfen. Das Patent für eine der neuen Formulierungen wurde eingereicht. Einige Industrieunternehmen haben konkretes Interesse an diesem Patent und an der französisch-deutschen BioCapabili-Forschungsalianz signalisiert. Beide Institute haben weitere neue Anwendungen für die entwickelten antibakteriellen Materialien im Fokus – als Grundlage einer langfristigen Zusammenarbeit für die Entwicklung antibakterieller Materialien in Europa.

### Kontakt



#### Dr. Iris Trick

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



#### Dr. Michaela Müller

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

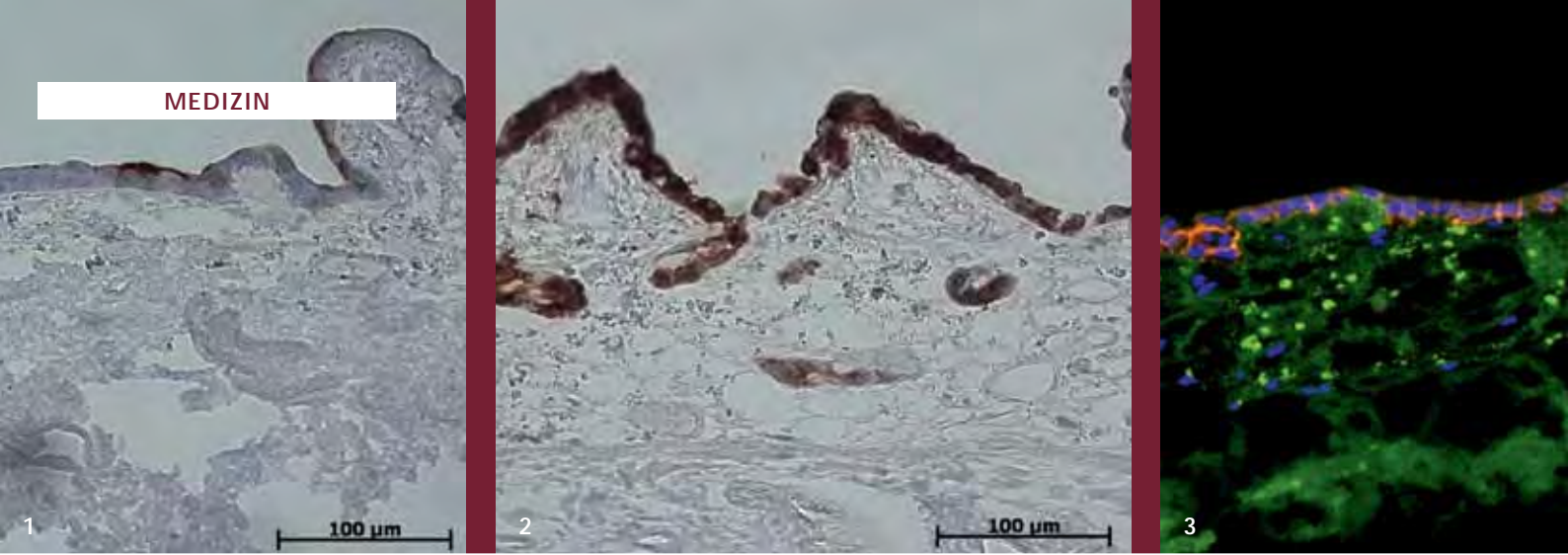
### Förderung

Wir danken dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der französischen Agence Nationale de la Recherche (ANR) für die Förderung des Projekts »BioCapabili« innerhalb des Verbundprojekts »Inter Carnot Fraunhofer PICF 2009«.

### Projektpartner

CIRIMAT Carnot Institut | ENSIACET, 4 allée. Emile Monso, 31030 Toulouse cedex 4 Frankreich | \* Dr. Christophe Drouet, christophe.drouet@ensiacet.fr

- 1 *Prüfkörper des biomimetischen Knochenersatzmaterials (Quelle: CIRIMAT Carnot Institut).*
- 2 *Mikroskopische Aufnahme des verwendeten Apatits (Quelle: CIRIMAT Carnot Institut).*
- 3 *Screening zur Quantifizierung der antimikrobiellen Eigenschaften der BioCapabili-Formulierungen.*
- 4 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Biofilms der Spezies *S. aureus* auf der Oberfläche von CaP-Apatit des CIRIMAT-Instituts ohne antimikrobielle Ausrüstung.*
- 5 *Antibakterielle Wirkung verschiedener BioCapabili-Formulierungen auf relevante Bakterienstämme.*



## HUMANES 3D-LUNGENTUMORMODELL

David Fecher M. Sc.

### Lungentumore, eine schwer zu behandelnde Erkrankung

Lungenkrebs ist die häufigste Tumorerkrankung weltweit und aufgrund seiner Heterogenität nur schwer zu therapieren. Deshalb sind Lungentumore die häufigste Todesursache aller Krebserkrankungen [1]. Ein realitätsnahes Modell, welches es ermöglicht, die Entstehung und Behandlung dieser Tumore besser zu untersuchen und zu verstehen, wird daher dringend benötigt.

Die Testung von Substanzen für die Entwicklung von Medikamenten ist ein aufwendiger und vor allem kostenintensiver Prozess. Von 250 potenziellen Substanzen in präklinischen Tests ist schlussendlich nur eine kommerziell erhältlich [2]. Einer der Gründe hierfür ist das Fehlen eines geeigneten humanen Testsystems. In präklinischen Studien und der Grundlagenforschung zu Tumorerkrankungen werden sowohl Zelllinien als auch Tiere, insbesondere immunsupprimierte Mäuse, verwendet. Die geringe Anzahl der letztendlich in der Praxis verwendbaren Substanzen zeigt jedoch, dass die Situation von humanen Tumoren mit beiden Systemen nur unzureichend dargestellt werden kann.

### Aufbau eines Lungen-Tumortestsystems

In der Projektgruppe Onkologie wird die sogenannte SIS (Small Intestinal Submucosa), ein azelluläres Darmsegment, als Gerüst für die Tumormodelle verwendet. Dieses Kollagengerüst stellt ein Derivat der BioVaSc dar und kann statisch zwischen zwei Metallringe gespannt kultiviert werden [3]. Auf diese biologische Trägerstruktur werden Lungentumorzelllinien mit unterschiedlichem genetischen Hintergrund aufgebracht, um ein dreidimensionales humanes Tumormodell zu generieren.

### Differenziertes Modell für die Erprobung klinischer Therapiestrategien

Mittels der dreidimensionalen Matrix entwickelt sich innerhalb von 14 Tagen statischer Kultur eine polarisierte Epithelschicht der Tumorzellen. Die Zellen weisen darin im Vergleich zur zweidimensionalen Kultur eine deutlich veränderte Expression von tumorrelevanten Proteinen auf, welche den Zustand in vivo besser widerspiegeln.

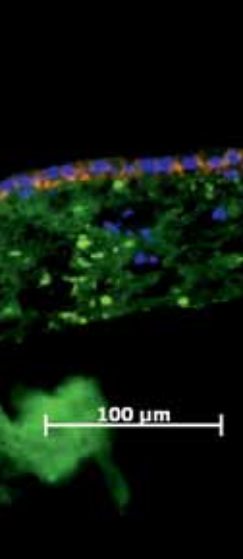
Für die Behandlung von Lungentumoren, die eine Mutation des EGF-Rezeptors (EGFR) aufweisen, wird in der Klinik u. a. Gefitinib, ein EGFR-Inhibitor, verwendet. Wendet man die Gefitinib-Behandlung auf die Tumorzelllinie mit einer aktivierenden EGFR-Mutation in unserem Modell an, erhält man eine ähnliche Reaktion wie bei den Patienten. Die Proliferation der Tumorzellen wird gehemmt, während gleichzeitig mehr Tumorzellen durch Apoptose zugrunde gehen.

### Kokultur mit tumorassoziierten Zelltypen erhöht Komplexität des Modells

Neben den Tumorzellen weist der Tumor in vivo zudem nicht-tumoröse Zellen sowie Bindegewebe auf, welche als Tumorstroma bezeichnet werden. Tumorassoziierte Fibroblasten sind ein Hauptbestandteil des Tumorstromas und spielen eine bedeutende Rolle bei der Tumorentwicklung und -progression.

Um diese Komplexität auch im In-vitro-Tumormodell widerzuspiegeln, wurden Kokulturen der Tumorzelllinien mit tumorassoziierten Fibroblasten, welche aus Biopsien von Lungentumorpatienten gewonnen wurden, etabliert. So kann der Einfluss dieser Fibroblasten sowie ihr Potenzial als Angriffspunkt neuer Medikamente untersucht werden.





### Entwicklung eines fortgeschrittenen, invasiven Tumormodells

Die Hauptursache für Todesfälle durch Krebserkrankungen sind Tumormetastasen an anderen Stellen im Körper. Hierbei spielt die sogenannte Epithelial-mesenchymale Transition eine wichtige Rolle, bei der die Tumorzellen die Fähigkeit zur Invasion ins Gewebe erlangen. Dieser Prozess kann in unserem System durch Stimulation der Tumorzellen induziert werden. Die Tumorzellen verlieren die Expression epithelialer Marker und wandern einzeln tief in die Matrix ein. Mithilfe dieses Modells kann der Prozess der Invasion besser verstanden werden und es ermöglicht, zielgerichtete Therapien dagegen zu entwickeln.

### Ausblick

Mit dem entwickelten humanen Testsystem können Medikamente zur Behandlung von Lungenadenokarzinomen getestet und Vorhersagen über die Wirksamkeit von zielgerichteten Medikamenten und Therapien getroffen werden. Die einfache Handhabung sowie die schnelle Verfügbarkeit machen es kostengünstig und weniger zeitaufwendig als Tierstudien.

Durch die Verwendung von primären Tumorzellen aus den Biopsien von Patienten zum Aufbau des Tumormodells kann ein »personalisiertes Modell« generiert werden. Daran kann direkt getestet werden, wie der Tumor eines Patienten auf bestimmte Therapiekonzepte anspricht.

Um ein noch realistischeres Gewebemodell zu erstellen, verwenden wir eine weitere Trägerstruktur auf Basis dezellularisierter Lungen, welche die dreidimensionale, komplexe räumliche Architektur besitzt. Für die Kultivierung dieses Gewebemodells wurde ein Bioreaktor konstruiert, mit welchem die Unterdruckatmung der Lunge simuliert werden kann.

### Kontakt



**David Fecher M. Sc.**  
Telefon +49 931 31-89034  
david.fecher@uni-wuerzburg.de



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

### Literatur

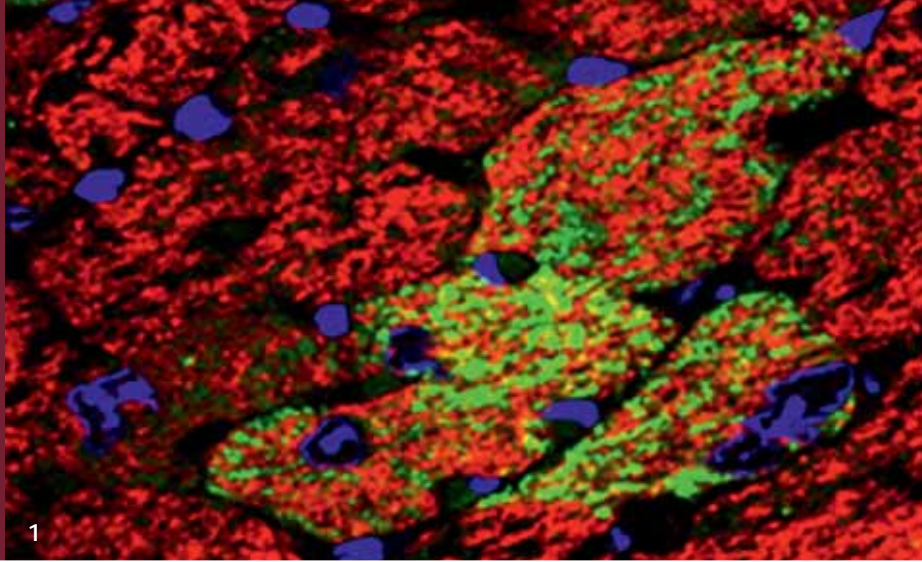
- [1] Jemal, A.; Center, M.; DeSantis C.; Ward E. M. (2010) Global patterns of cancer incidence and mortality rates and trends, *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 19: 1893
- [2] PhRMA industry profile (2012) <http://de.slideshare.net/PhRMA/2012-pharmaceutical-industry-profile-12691151>
- [3] Mertsching, H.; Walles, T.; Hofmann, M.; Schanz, J.; Knapp, H. (2005) Engineering of a vascularized scaffold for artificial tissue and organ generation, *Biomaterials* 33: 6610–6617

### Förderung

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie und der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung der Fraunhofer-Projektgruppe »Regenerative Technologien für die Onkologie« im Rahmen des Programms Bayern FIT.

1 Apikale Muzin-1-Expression der HCC-827-Zelllinie.  
2 Depolarisierte, erhöhte Expression von Muzin-1 der A549-Zelllinie.

3 Kokultur mit primären Fibroblasten und Tumorepithelzellen.  
4 Matrixgerüst einer azellulären Lunge.  
5 Bioreaktor für die Kultivierung der Lungenmatrix.



1

## ENTWICKLUNG BIOINSPIRIERTER KARDIALER REGENERATIONSTECHNOLOGIEN

Prof. Dr. rer. nat. Katja Schenke-Layland, Shannon Lee Layland B. A.

Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems sind trotz bedeutender Fortschritte in der Kardiologie und Herzchirurgie weiterhin weltweit die Todesursache Nummer eins. Allein in Europa sind schätzungsweise 10 Mio Menschen betroffen. Hauptursache einer Herzinsuffizienz ist in den meisten Fällen eine akute oder chronische Schädigung des Herzmuskels. Die geschädigten Herzmuskelzellen regenerieren sich im erwachsenen Menschen nicht, so dass bei einem großen Teil der Patienten die Pumpleistung des Herzens – und damit ein gutes Stück Lebensqualität – auf Dauer beeinträchtigt ist. Eine Wiederherstellung der normalen Funktionsfähigkeit des Herzens ist daher das große Ziel, an welchem eine Vielzahl von Forschern weltweit arbeitet.

### Entwicklung von Herzmuskelzellen aus Vorläuferzellen

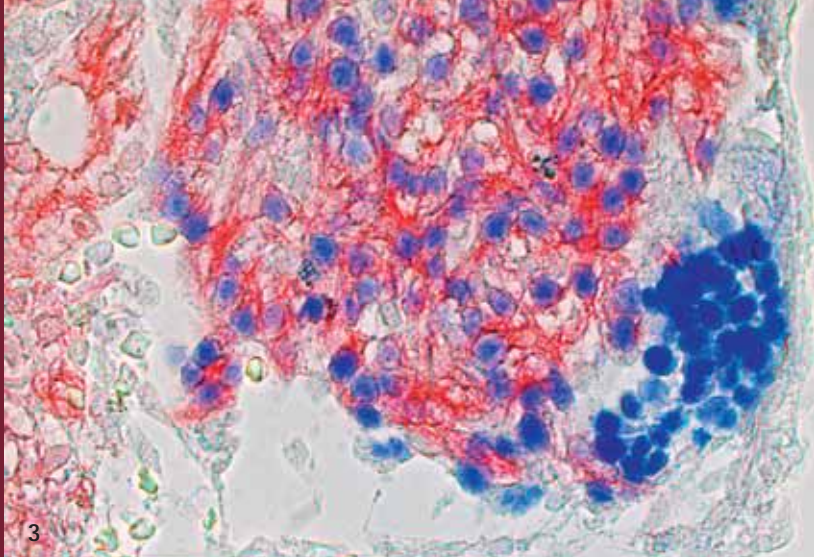
Herzmuskelzellen entwickeln sich im Laufe der Embryonalentwicklung des Menschen und anderer Säuger – ebenso wie Endothelzellen und glatte Muskelzellen – aus den kardiovaskulären Vorläuferzellen. Diese sind daher seit langem für die medizinisch-biologische Forschung von großem Interesse, konnten bisher aber nicht wirklich genutzt werden. Der Grund: Die Marker, mit denen sich die kardiovaskulären Vorläuferzellen identifizieren lassen, beispielsweise Islet1 oder auch Nkx2.5, befinden sich im Inneren der Zellen. Der Nachweis der Vorläuferzellen geht also zwangsläufig mit ihrer Zerstörung einher. Damit die Zellen auch für die Erforschung und Therapie von Herzmuskelerkrankungen zur Verfügung stehen, muss man sie lebend aus einer Kultur, in der verschiedene Zelltypen entstehen, entnehmen können. Die Identifizierung geeigneter Zelloberflächenmarker ist daher ein Schwerpunkt gegenwärtiger Forschungsanstrengungen.

### Oberflächenmarker zur Identifizierung kardiovaskulärer Vorläuferzellen

Gemeinsam mit unseren Partnern, Professor Ali Nsair von der University of California Los Angeles (UCLA) und Professor W. Robb MacLellan von der University of Washington in Seattle ist es uns erstmals gelungen, Oberflächenmarker zu identifizieren, mit denen sich lebende, funktionale kardiovaskuläre Vorläuferzellen der Maus kennzeichnen und isolieren lassen [1]. Hierbei kamen vor allem umfassende Genexpressionsanalysen zur Anwendung. Der Vergleich der Sequenzierungsdaten mit existierenden Datenbanken ergab, dass die Rezeptoren Flt1 (VEGFR1) und Flt4 (VEGFR3) zur Identifizierung kardiovaskulärer Vorläuferzellen geeignet sind.

### Herstellung von Herzmuskel-Vorläuferzellen aus induziert-pluripotenten Stammzellen

In weiterführenden Studien konnten wir zudem erstmals Flt1-/Flt4-positive kardiovaskuläre Vorläuferzellen aus klinisch relevanten, induziert-pluripotenten Stammzellen (iPS-Zellen) herstellen, welche sich zu Endothelzellen, glatten Muskelzellen und funktionalen, pulsierenden Herzmuskelzellen weiterentwickeln konnten. Hierzu bedienten wir uns der Methode, für die der japanische Wissenschaftler Shinya Yamanaka im Jahr 2012 mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet wurde. Er fand heraus, dass nur vier Proteine dafür verantwortlich sind, dass embryonale Stammzellen der Maus, die aus frühen Embryonen gewonnen und in Zellkultur gezüchtet werden können, ihre Pluripotenz behielten [2]. Brachte er die vier Gene in differenzierte – reife und spezialisierte – Körperzellen ein, ließen sich diese in einen embryonalen Zustand zurückprogrammieren. Aus diesen Zellen, die er iPS-Zellen nannte, können sich



wieder alle Körperzellen, beispielsweise Leberzellen, Nervenzellen oder auch Herzmuskelzellen entwickeln.

### Aus iPS-Zellen gewachsene Vorläuferzellen integrieren sich in das lebende Mausherz

Um die Fragen zu beantworten, wie sich die aus iPS-Zellen gewonnenen Vorläuferzellen im lebenden Organismus verhalten und ob sie sich wirklich in das Herzgewebe integrieren können, injizierten wir die Zellen in das Herz einer lebenden Maus. Es konnte festgestellt werden, dass die Vorläuferzellen sich in der Tat zu schlagenden Herzmuskelzellen entwickelten und vollkommen in das Herzmuskelgewebe der Maus integrierten.

### Ausblick

Um die Neubildung von Herzmuskelzellen anzuregen, wurden bisher Stammzellen oder aus Stammzellen abgeleitete Herzmuskelzellen direkt ins Herz injiziert. Obwohl die Mehrzahl der Studien eine mehr oder weniger gute Funktionsverbesserung der Herzens feststellte, wurde in den meisten Fällen weder eine langfristige Integration noch die Differenzierung der Zellen in funktionsfähiges Herzmuskelgewebe nachgewiesen. Das Ergebnis unserer Arbeiten eröffnet erstmals die Möglichkeit, funktionierende Herzmuskelzellen zu generieren, die sich in das Herzmuskelgewebe integrieren. Gegenwärtig konzentrieren wir uns auf Untersuchungen mit humanen iPS-Zellen, um humane, aus iPS-Zellen gewonnene Vorläuferzellen schon bald für die klinische Prüfung und Therapie des erkrankten Herzmuskels einsetzen zu können.

- 1 Aus iPS-Zellen entstandene Vorläuferzellen (grün), die in das Herz einer lebenden Maus injiziert wurden, verwandeln sich in funktionelles Herzmuskelgewebe (rot). Zellkerne sind blau.
- 2 Bioinformatische Analysen am Fraunhofer IGB.
- 3 Kardiovaskuläre Vorläuferzellen (blau) entwickeln sich zu Herzmuskelzellen (rot).

### Kontakt



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



**Shannon Lee Layland B. A.**  
Telefon +49 711 970-4283  
shannon.layland@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Nsair, A. et al. (2012) PLoS One 7(10): e45603
- [2] Takahashi, K.; Yamanaka, S. (2006) Cell 126(4): 663–676

### Projektpartner

University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, CA, USA | University of Washington, Seattle, WA, USA | Universitätsklinikum der Eberhard Karls Universität Tübingen

### Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung der Attract-Gruppe zur Entwicklung kardiovaskulärer Regenerationstechnologien sowie dem California Institute for Regenerative Medicine (CIRM) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Charakterisierung und Bioengineering der kardialen Stammzellnische«, Förderkennzeichen 0316059.



# INNOVATIVE ZELL- UND GEWEBETHERAPIEN AUF DEM WEG IN DIE KLINISCHE ANWENDUNG

Dr. rer. nat. Martin Funk, Dipl.-Biol. (t. o.) Iris Dally

## Prozessentwicklung zur Herstellung von »Arzneimitteln für neuartige Therapien« (ATMPs)

Die Fortschritte in der Weiterentwicklung und die breitere Anwendung von neuartigen Zelltherapien, des Tissue Engineerings und der regenerativen Medizin haben in den letzten Jahren zu einer Erweiterung des Arzneimittelbegriffs und den damit verbundenen gesetzlichen Regularien geführt. Zellen oder Gewebe, die zur Behandlung im Menschen eingesetzt werden, wurden deshalb in einer neuen Produktgruppe und EU-Verordnung (EG Nr. 1394/2007) zusammengefasst: den Arzneimitteln für neuartige Therapien oder auch Advanced Therapies Medicinal Products (ATMP).

Die GMP-Einheit des Fraunhofer IGB entwickelt und validiert neue, teils komplexe Herstellungsprozesse für innovative Zelltherapien und Tissue-Engineering-Produkte, um die behördliche Genehmigung zur Herstellung von klinischem Prüfmaterial zu erlangen sowie die Partner mit ausreichendem Material dieser ATMPs für eine erste Anwendung im Patienten zu versorgen.

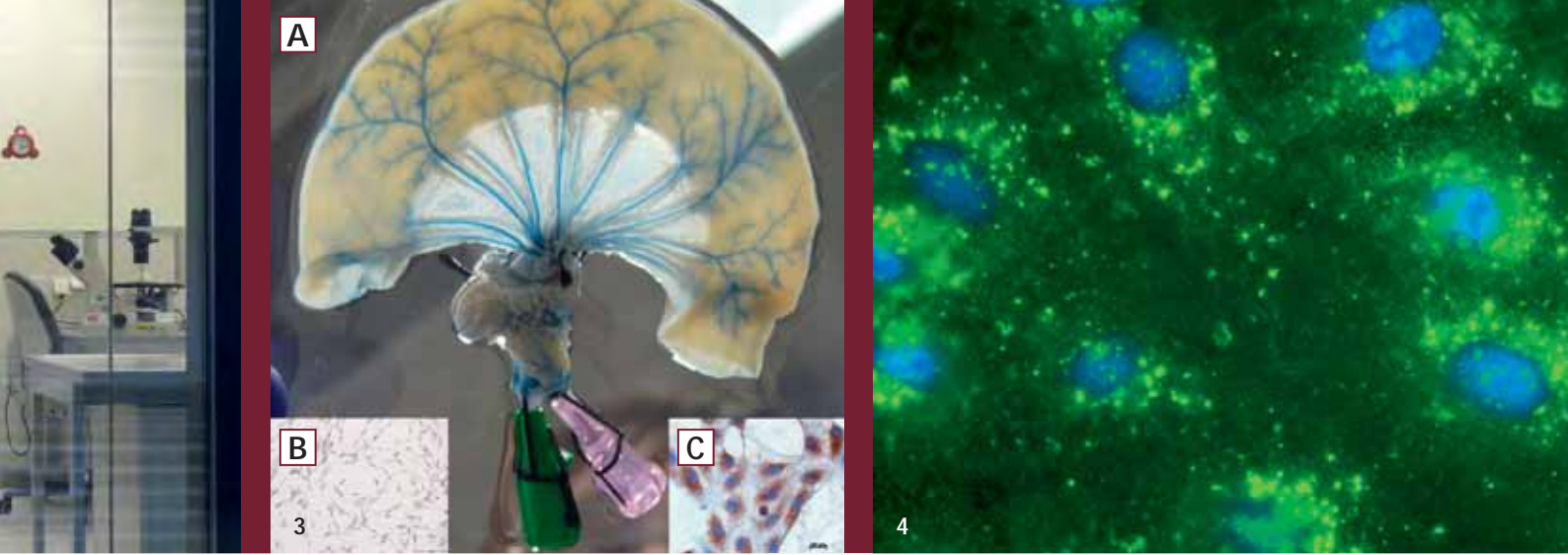
## Bioartifizielles Rekonstruktionsgewebe für die Luftröhrenchirurgie

Ziel dieses BMBF-Projekts ist die Entwicklung eines Herstellungsprozesses und die klinische Testung eines neuartigen Implantats für die Rekonstruktion seltener Atemwegsdefekte. Das Implantat besteht aus einer vaskularisierten porcinen Trägerstruktur (BioVaSc, Biological Vascularized Scaffold) und patienteneigenen (autologen) Zellen.

Für die Entwicklung eines GMP-Prozesses wurde zunächst die Herstellungsmethode der BioVaSc optimiert. Um die Produktqualität zu gewährleisten, insbesondere die virale Sicherheit des tierischen Ausgangsmaterials, wurden geeignete Methoden zur Analyse der Zell-, DNA- und Endotoxin-Freiheit etabliert. Zur Besiedlung der BioVaSc mit autologen Fibroblasten und Endothel- sowie Muskelzellen haben wir GMP-konforme Protokolle erarbeitet. Hierbei werden die Zellen nach einer vierwöchigen Wachstumsphase in die Matrix der BioVaSc eingebracht. Die mikrovaskulären Endothelzellen besiedeln die vaskulären Strukturen, wohingegen die Fibroblasten und Skelettmuskelzellen im Darmlumen der BioVaSc wachsen. Die anschließende zweiwöchige Reifung des Gewebes findet in einem speziell entwickelten Bioreaktorsystem statt, welches die Kultur und besonders die Reifung der Blutgefäße unter angenäherten physiologischen Bedingungen erlaubt. Nach Erteilung der Herstellerlaubnis für solche Implantate durch die zuständige Behörde sollen diese in einer klinischen Phase-I-Studie getestet werden.

## Insulinproduzierende Zellen zur Therapie von Typ-1-Diabetes

Für die US-Firma Orgenesis entwickelt das Fraunhofer IGB einen GMP-konformen Prozess zur Herstellung insulinproduzierender Zellen aus patienteneigenen Leberzellen. Bevor diese Zellen in einer ersten klinischen Studie als Therapeutikum für Typ-1-Diabetes getestet werden können, muss der Herstellungsprozess basierend auf den behördlichen Regularien für ATMPs standardisiert und das Zelltransplantat reproduzierbar hergestellt werden.



Ursache des Diabetes Typ 1 ist der sukzessive Verlust aller Beta-Zellen der Langerhans-Inseln, die das Insulin in der Bauchspeicheldrüse produzieren. Eine Heilung dieser Diabetes wäre prinzipiell dann möglich, wenn die erkrankten Beta-Zellen durch die Transplantation von gesundem Bauchspeicheldrüsengewebe ersetzt werden könnten. Solche Transplantationen von Bauchspeicheldrüsen oder Inselzellen werden derzeit in klinischen Studien untersucht. Um die Abstoßung des Transplantats durch das Immunsystem des Empfängers zu vermeiden, müssen die Patienten jedoch über Jahre hinweg immun-supprimierende Medikamente einnehmen. Zudem zeigen erste Daten der klinischen Studien, dass solche Transplantate nur 3–5 Jahre funktionsfähig sind.

Orgenesis hat eine Technologie entwickelt, mit der sich patienteneigene Leberzellen zu funktionalen insulinproduzierenden Zellen entwickeln. Hierzu werden dem Patienten mit einer Biopsie Leberzellen entnommen, im Labor vermehrt und so genetisch reprogrammiert, dass sie einen Phänotyp ausbilden, der dem der Langerhans-Inseln entspricht und die Zellen Insulin produzieren. Ein solches funktionales Zelltransplantat würde vom Immunsystem nicht abgestoßen.

#### Kontakt



#### Dr. Martin Funk

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



#### Prof. Dr. Heike Walles

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

#### Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Bioartifizielles Rekonstruktionsgewebe für die Luftröhrenchirurgie«, Förderkennzeichen FKZ0315575.

#### Projektpartner

Robert-Bosch-Krankenhaus Klinik Schillerhöhe, Gerlingen |  
Orgenesis Inc., White Plains, NY, USA

- 1 Inkubatorwagen und Bioreaktoren zur Herstellung von Implantaten.
- 2 C-Raum der GMP-Einheit am Fraunhofer IGB.
- 3 (A) BioVaSc zur Implantatherstellung, (B) Muskelzellen, (C) Endothelzellen.
- 4 Durch aufgenommenes LDL fluoreszierende mikrovaskuläre Endothelzellen.



# ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG EINES SYSTEMS ZUR PASTEURISIERUNG VON MILCH

Dr. rer. nat. Ana Lucía Vásquez-Caicedo, Ali Imran Javaid M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Alexander Lohner, Sildarista Fukohani-Lohner M. Sc.

## Ausgangssituation

Für die Haltbarmachung von Milchprodukten müssen darin enthaltene Mikroorganismen durch die Erhöhung der Produkttemperatur ganz oder teilweise abgetötet werden. Entsprechend der Temperatur-Zeit-Verläufe unterscheidet man verschiedene Verfahren wie Pasteurisierung, Thermisierung oder Sterilisierung (UHT). Die gängigste Technik der Wärmezufuhr ist das Erhitzen mittels Plattenwärmetauscher. Diese hat den Nachteil, dass sich aufgrund des Temperaturgradienten zwischen Tauscheroberfläche und Produkt Ablagerungen auf den Oberflächen der Wärmetauscher (Fouling) bilden können. Die Wärmetauscher müssen daher regelmäßig gereinigt werden, was in der Folge zu erheblichen Kosten durch Stillstandzeiten und den Verbrauch von Energie und Hilfsstoffen führt. Ziel der Milchindustrie ist es daher, die Reinigungszeiten der Anlagen zu minimieren, die Produktionszeiten zu maximieren und gleichzeitig Wasser und Energie einzusparen.

## Projekt MicroMilk – Mikrowellenpasteurisierung

In dem von der EU geförderten Projekt MicroMilk hat ein paneuropäisches Konsortium mit kleinen und mittleren Unternehmen aus Molkereiwesen, Mikrowellentechnologie und Automatisierungstechnik, zwei Forschungsinstituten und einer Universität eine vielversprechende Technologie zur Erhitzung von Milch mittels Mikrowellen entwickelt. Aufgrund des volumetrischen Energieeintrags arbeitet die MicroMilk-Technologie sehr effizient. Da bei diesem direkten Erhitzungsverfahren keine Wärmetauschergrrenzfläche existiert, ist die Bildung von Ablagerungen minimiert.

## Verfahrensentwicklung und Versuchsanlage

Nach einer Analyse gängiger Erhitzungsverfahren wurden verschiedene Konzepte zur Mikrowellenerwärmung von Milch erarbeitet und durch Simulation überprüft und optimiert. Primäres Entwicklungskriterium war eine schnelle und gleichmäßige Erwärmung. Es wurde eine Versuchsanlage konzipiert, entwickelt und gebaut sowie erste Feldversuche in der Versuchsmolkerei der Universität Hohenheim durchgeführt, um Prinzipien des Verfahrens zu validieren und Daten zu Prozessparametern zu ermitteln.

## Industrieller Prototyp

Auf Basis der Ergebnisse mit der Versuchsanlage wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern aus der Industrie und unter Nutzung der QFD-Methodik ein industrieller Prototyp zur Mikrowellenpasteurisierung entworfen. Neben fertigungs- und materialtechnischen Aspekten wurden als Entscheidungskriterien die HACCP- und GMP-Richtlinien für lebensmitteltechnische Apparate berücksichtigt, um eine sofortige Integration in Produktionen zu ermöglichen. Für das Produkt »Milch« war die zentrale Aufgabe, die mikrobiologische, ernährungsphysiologische und organoleptische Qualität zu erhalten und dennoch die Haltbarkeit der Milch zu verbessern. Das System ist modular aufgebaut, so dass es sowohl als Nachrüstung in bestehende Systeme integriert, als auch als eigenständige Anlage eingesetzt werden kann.

## Qualitätsmerkmale und Vorteile

Durch Benchmark-Vergleiche mittels analytischer Referenzmethoden zwischen konventioneller indirekter Erhitzung und Mikrowellenerhitzung konnten wir relevante Qualitätsmerkmale



untersuchen. Zu diesem Zweck wurde die Mikrowellenversuchsanlage in ein existierendes Pasteurisierungssystem der Versuchsmolkerei der Uni Hohenheim integriert (Abb. 1), einschließlich der neu entwickelten Automation (Abb. 2). Mit der integrierten Versuchsanlage wurden die Auswirkungen des Gradienten der Temperaturerhöhung ( $dT/dt$ ) auf die Erwärmung der Milchbestandteile untersucht. Mit der Mikrowellenerwärmung wurde ein dreifach schnellerer Temperaturanstieg im Vergleich zur konventionellen indirekten Erhitzung über Wärmetauscher erreicht (unter vergleichbaren Durchfluss- und Haltezeitbedingungen). Die physikalisch-chemischen (z. B. Furose und HMF-Bildung), mikrobiologischen, ernährungsphysiologischen (z. B. Vitamin B1) und organoleptischen Eigenschaften (Farbe und Geschmack) der Milch zeigten bei beiden Verfahren keine signifikanten Unterschiede. Die mittels Mikrowellenpasteurisierung erreichte Produktqualität ist demnach der durch herkömmliche Pasteurisierung vergleichbar.

Durch den Wegfall der Wärmetauscherfläche kann die Betriebszeit zwischen den Reinigungszyklen verlängert werden. Dies spart Wasser und Energie und erhöht die betriebliche Effizienz.

### Ausblick

Die bisherige Entwicklung fokussierte sich auf die Pasteurisierung von Milch, das auf dem mitteleuropäischen Markt am häufigsten zur Haltbarmachung von Milch angewandte Verfahren. Die Vorteile der Mikrowellenerhitzung in Bezug auf die Milchqualität und die verminderte Bildung von Ablagerungen kommen jedoch bei der UHT-Erwärmung noch wesentlich stärker zum Tragen. Eine Erweiterung des Verfahrens auf UHT und andere thermische Anwendungen, insbesondere für hochviskose Milchprodukte mit niedrigem pH-Wert, ist angestrebt. Darüber hinaus kann das MicroMilk-System auf viele weitere Lebensmittel und Getränke übertragen werden.

- 1 Die in ein existierendes Pasteurisierungssystem der Universität Hohenheim integrierte Versuchsanlage.
- 2 MicroMilk-Steuerungssystem.
- 3 Prozessvalidierung im Labor.

### Kontakt



**Dr. Ana Lucía Vásquez-Caicedo**  
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 Projekts »MicroMilk« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 262603.

### Projektpartner

C. Van't Riet Dairy Technology B. V., Nieukoop, Niederlande | Danthech UK LTD, Lancashire, Großbritannien | Rorosmeieriet, Roros, Norwegen | Malthe Winje Automasjon AS, Oppegård, Norwegen | Schwarzwaldmilch GmbH, Freiburg | Universität Hohenheim, Stuttgart

### Weitere Informationen

[www.micromilk.eu](http://www.micromilk.eu)

### Abkürzungen

- UHT** Ultra High Temperature (Ultraheerhitzung)  
**HACCP** Hazard Analysis and Critical Control Points (Gefahrenanalyse und kritische Kontrollpunkte)  
**HMF** Hydroxymethylfurfural  
**GMP** Good Manufacturing Practice (Gute Herstellungspraxis)  
**QFD** Quality Function Deployment (Qualitätsfunktionendarstellung)





# PHARMAZIE

Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

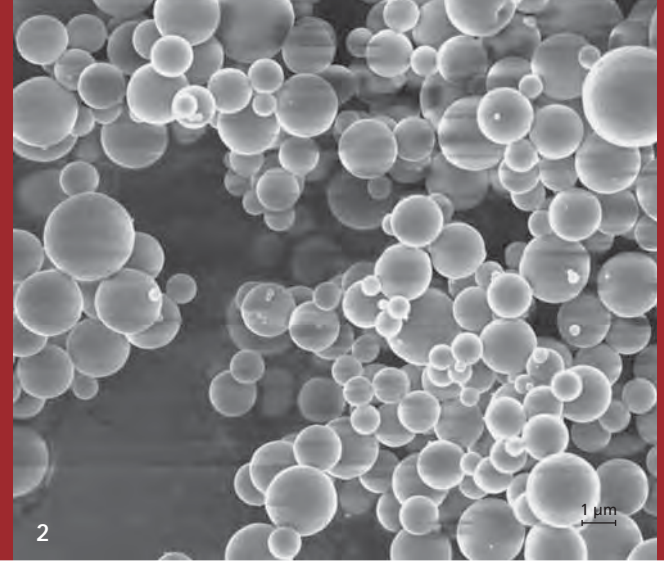
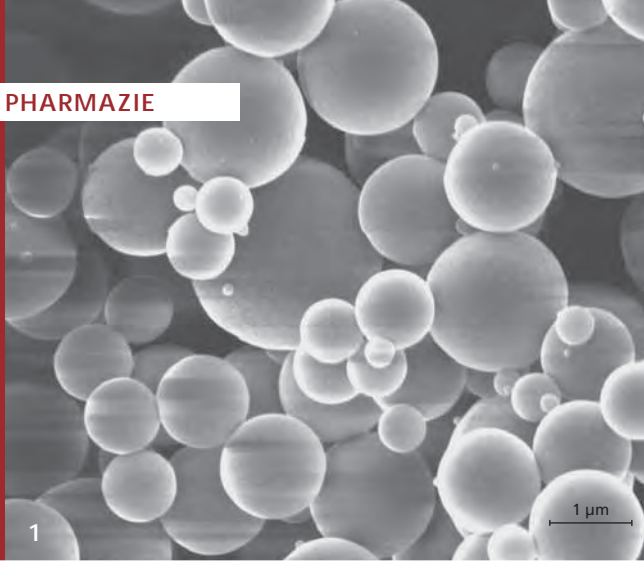
Aktuelle Herausforderungen für die pharmazeutische Industrie sind, die Diagnose von Erkrankungen und die individuelle Therapie zu verbessern, neue Wirkstoffe zu entwickeln sowie durch Formulierungen die Wirksamkeit von Medikamenten zu erhöhen. Im Geschäftsfeld Pharmazie erarbeiten wir am Fraunhofer IGB 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 organtypischer 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 Pharmazeutika – 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.



## SKIN HEAL – PARTIKELBASIERTE FORMULIERUNG FÜR DIE VERBESSERTE WUNDHEILUNG

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

### Herausforderung chronische Wunden

Die effektive und kostengünstige Behandlung chronischer Wunden ist eine große Herausforderung im Gesundheitswesen. Aufgrund des demographischen Wandels nimmt die Anzahl chronischer Wunden – vor allem das diabetische Ulcus – stetig zu. Bisher sind die Amputation von Extremitäten und der damit verbundene Verlust der Lebensqualität häufig unvermeidbar. Die Entwicklung und Evaluierung neuer Therapieformen für chronische Hauterkrankungen sind daher in Hinsicht auf eine Kostenreduktion wie auch eine verbesserte Versorgung wichtig. Für die individuelle Behandlung dieser chronischen Wunden entwickeln wir innerhalb des Fraunhofer-Übermorgen-Projekts »SKIN HEAL« partikelbasierte Formulierungen. Die wirkstoffbeladenen Partikel können in kommerziellen Wundaufgaben integriert oder direkt bei der Therapie als pharmazeutische Formulierungen eingesetzt werden.

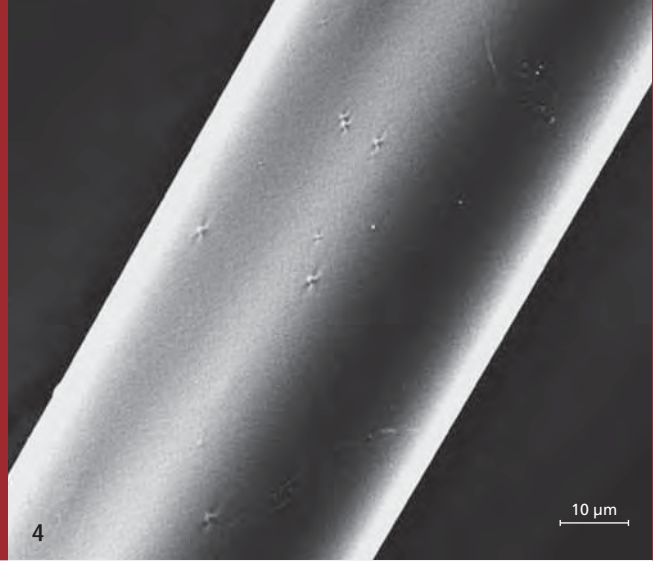
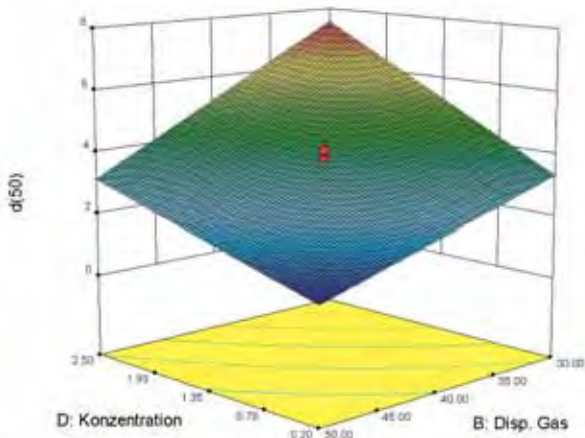
### Wirkstoffbeladene Chitosanpartikel mittels Sprühtrocknung

Mittels unterschiedlicher Partikeltechnologien werden hierfür am Fraunhofer IGB wirkstoffbeladene Mikro- und Nanopartikel formuliert. Als pharmakologisch wirkende Substanzen (Active Pharmaceutical Ingredients, APIs) setzen wir sowohl niedermolekulare Wirkstoffe als auch Proteine ein. Als Grundmaterial für die Partikel wurde Chitosan sowie dessen Derivat Chitosanhydrochlorid ausgewählt. Chitosan ist ein biobasiertes, biokompatibles Polymer, das aus Krabbenschalen gewonnen wird und antimikrobielle Eigenschaften aufweist.

Für die Formulierung von Wirkstoffen, die bei der Wundheilung eingesetzt werden wie beispielsweise Dexpanthenol oder TGF- $\beta$  (Transforming Growth Factor), konnten wir erfolgreich Sprühtrocknungsverfahren entwickeln. Hierzu stehen am Fraunhofer IGB der Minisprühtrockner B-290 und der Nanosprühtrockner B-90 der Firma Büchi zur Verfügung. Die Prozessparameter der Sprühtrocknung beim Einsatz des Minisprühtrockners wurden dabei mittels statistischer Versuchsplanung (Design of Experiments, DoE) verifiziert. Dies gewährleistet ein unkompliziertes Upscaling der Prozessparameter für die Übertragung des Sprühtrocknungsverfahrens in die Großproduktion.

### Optimierte Partikelgröße für optimale Integration in Wundaufgaben

Sowohl mittels Mini- als auch Nanosprühtrockner konnten Dexpanthenol- und TGF- $\beta$ -beladene Chitosan- und Chitosanhydrochloridpartikel hergestellt werden (Abb. 1 und 2). Die statistische Versuchsplanung ist unter anderem dafür geeignet, die Prozessparameter hinsichtlich der Partikelgröße zu optimieren. Mithilfe dieses Verfahrens konnten wir ein Modell erstellen, mit dem sich die Partikelgröße ( $d_{50}$ ) bei der Partikelherstellung mittels des Minisprühtrockners (Abb. 3) gezielt einstellen lässt. So konnten wir Chitosanpartikel mit definierten Partikelgrößen von 2  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$  herstellen. Die Partikel wurden am Fraunhofer ISC in Fasern der CE-zertifizierte Kieselgelfaser-Vlies-Wundaufgabe integriert (Abb. 4). Am besten waren hierfür die Chitosanpartikel mit einem Durchmesser kleiner 5  $\mu\text{m}$  geeignet.



### Quervernetzung für kontrollierte Wirkstofffreisetzung

Für die kontrollierte Freisetzung der Wirkstoffe wurden die Chitosan- und Chitosanhydrochloridpartikel mittels ionischer Gelation unter Einsatz von Tripolyphosphat (TPP) und anschließender Sprühtrocknung quervernetzt. Hierbei wurde die Konzentration an Tripolyphosphat variiert und es wurden dabei Verhältnisse von 0, 4, 7, 10 und 12 % Vernetzer eingesetzt. Über diese zusätzliche Quervernetzung der Matrix und den gewählten Quervernetzungsgrad lässt sich die Freisetzungsrate des Wirkstoffs wirksam steuern.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Sprühtrocknung ist als Verfahren für die Herstellung von partikelbasierten Formulierungen für die verbesserte Wundheilung geeignet. Die Partikel konnten erfolgreich in Wundauflagen integriert werden. Durch Variation des Kapselmaterials oder ein zusätzliches Beschichten der Partikel kann das zeitliche Freisetzungsverhalten der Wirkstoffe aus den Partikeln weiter optimiert werden. Hierfür werden derzeit verschiedene Vernetzer (kovalent und nicht kovalent) bei der Herstellung der Chitosanpartikel getestet.

Die hier entwickelten Partikelsysteme können auf unterschiedlichste Fragestellungen im Bereich der Formulierung sowohl von niedermolekularen Wirkstoffen als auch von Biopharmazeutika übertragen werden. So konnte bereits Interferon unter vollständigem Erhalt der Bioaktivität verkapselt werden [1].

- 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der mit Dexpanthenol beladenen Partikel.
- 2 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der TGF- $\beta$ -beladenen Partikel.
- 3 3D-Darstellung der Wechselwirkung der signifikanten Parameter bei der statistischen Versuchsplanung.
- 4 Rasterkraftelektronenmikroskopische Aufnahme von Chitosanpartikeln, die in die Fasern der Kieselgelfaser-Vlies-Wundauflage eingebracht wurden (Quelle: Fraunhofer ISC).

### Kontakt



#### 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

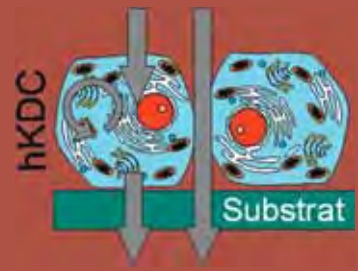
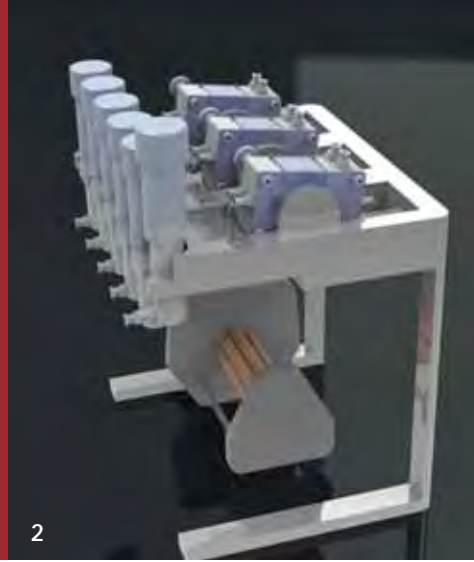
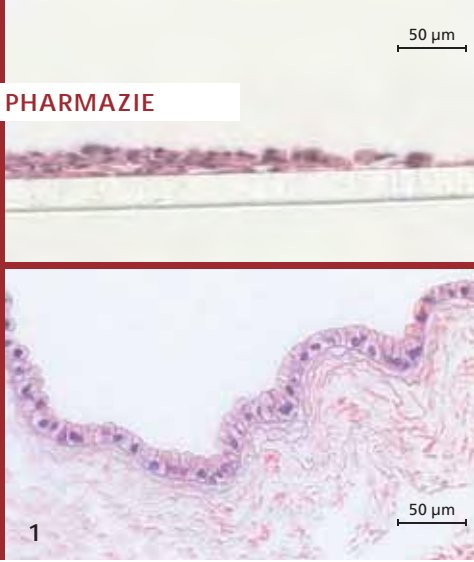
[1] Gruber-Traub, C.; Burger-Kentischer, A.; Gretzinger, S.; Hirth, T.; Weber, A. (2012) Spray drying of BSA- and interferon- $\beta$  loaded chitosan particles. *Chemie Ingenieur Technik* 84(3): 343–348

### Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »SKIN HEAL« im Rahmen des Programms »Märkte von Übermorgen«.

### Projektpartner

Fraunhofer ISC, Würzburg



## BIOARTIFIZIELLER PROXIMALER TUBULUS

Anke Hoppensack M. Sc., Dr.-Ing. Jan Hansmann

### Hintergrund und Herausforderung

Die Niere übt eine Vielzahl lebenswichtiger Funktionen aus, wie die Bluthomöostase, die Blutdruckregulation und die Entfernung von endogenen und exogenen toxischen Abfallstoffen aus dem Blut. Ein Ausfall der Nierenfunktion kann daher schwere, lebensbedrohliche Folgen haben. Aktuelle Standardtherapien beschränken sich auf die Dialyse und die Organtransplantation. Die Verfügbarkeit von Spenderorganen ist jedoch stark limitiert und die Dialyse weist verschiedene Nachteile auf [1]. So verliert der Körper z. B. wertvolle Substanzen wie Aminosäuren oder Glukose mit dem Filtrat, das bei der Dialyse entsteht und anschließend verworfen wird. Im Körper werden diese Substanzen zum großen Teil in einer Struktur, dem renalen proximalen Tubulus, nach der endogenen Filtration zurückgewonnen. Die Komplexität dieser funktionellen Einheit kann bisher noch nicht von einem technischen Gerät abgebildet werden. Ein vielversprechender Ansatz basiert daher auf der Integration zellulärer Komponenten in ein extrakorporales Filtersystem [2].

Unser Projektpartner, *Advanced Technologies and Regenerative Medicine (ATRM), LLC, a Johnson & Johnson company*, hat Protokolle zur Isolierung einer proprietären hochproliferativen und funktionellen Zellquelle aus humanem Nierengewebe etabliert [3]. Unsere Arbeit bestand in der Entwicklung von Methoden für die nierenspezifische Kultivierung dieser *human kidney-derived cells* (hKDCs) sowie für deren Verwendung in einem bioartifiziellen proximalen Tubulus.

### Einfluss der Trägersubstrate

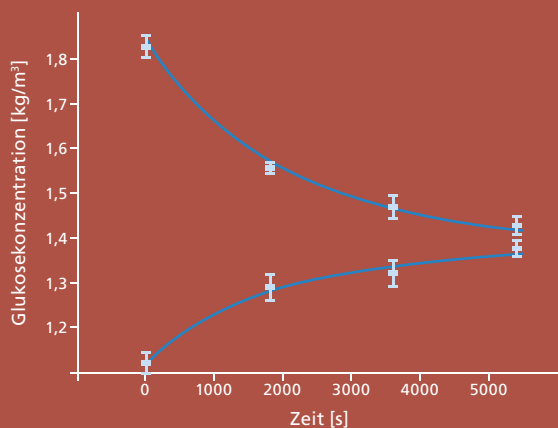
In einem ersten Ansatz erfolgte die Kultivierung der hKDCs auf kommerziell erhältlichen synthetischen Membranen unter

statischen Kulturbedingungen. In vivo sind Zellen jedoch einer Vielzahl biologischer und physikalischer Stimuli ausgesetzt. Diese zellspezifischen Bedingungen beeinflussen die Zelldifferenzierung und tragen zum Erhalt der zellulären Funktionen bei. Zur Imitation einer natürlichen Mikroumgebung kamen biologische Matrices zum Einsatz, welche eine komplexe molekulare Zusammensetzung besitzen.

Zellkulturexperimente unter statischen Bedingungen zeigten einen starken Einfluss der verwendeten Trägersubstrate auf die Eigenschaften der Zellen. So wuchsen hKDCs auf synthetischen Membranen in einer unnatürlichen mehrschichtigen Formation und wiesen eine flache Morphologie auf. Dahingegen unterstützte die biologische Matrix die Ausbildung eines einlagigen Epithels, welches spezifisch für den proximalen Tubulus ist (Abb. 1).

### Ableitung der Kulturbedingungen und mathematisches Modell für den Glukosetransport

Die Kulturbedingungen wurden mittels eines Finite-Elemente-Modells aus der In-vivo-Situation abgeschätzt. Ferner erfolgte die dynamische Kultur der Zell-Matrix-Konstrukte in einem spezifischen Bioreaktorsystem mit zwei Kompartimenten (Abb. 2). Zur Untersuchung des Glukosetransports wurde ein mathematisches Modell entwickelt, das sowohl den passiven als auch den aktiven Stofftransport beinhaltet (Abb. 3 und 4). Dabei wurde der Transport durch eine Zelle in Influx und Efflux unterschieden und die Barriere des Substrats berücksichtigt. Weiterhin ist der Glukoseverbrauch durch die Zellen implementiert. Die Modellparameter für die Glukosediffusion, für den -verbrauch und den -transport ließen sich auf Basis experimenteller Daten berechnen. Dafür wurden hKDCs an



4

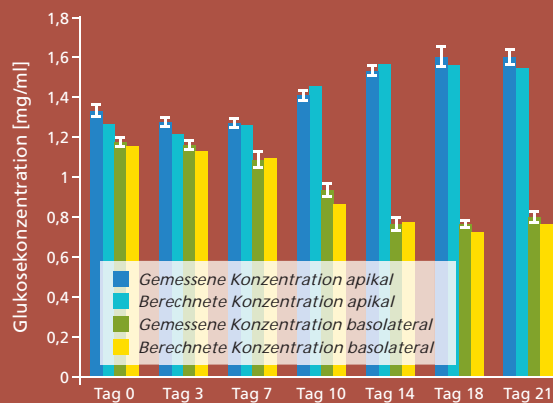
der Grenzfläche zwischen einem Donor- und einem Akzeptorkompartiment kultiviert und die Glukosekonzentration in beiden Kompartimenten im Zeitverlauf gemessen. Abschließend erfolgte eine Validierung des Modells.

Die Untersuchungen der Zellfunktionalität zeigten, dass die hKDCs nach 3 Tagen in Kultur einen Glukosegradienten bildeten (Abb. 5). Selbst nach aufgeprägter Äquilibrierung der Konzentrationen stellten die hKDCs den Konzentrationsunterschied innerhalb von 5 bis 6 Stunden wieder her. Dabei wurde die Glukosetransport-Funktionalität der hKDCs über 3 Wochen untersucht. Die Simulationen zeigten eine hohe Übereinstimmung zwischen den gemessenen Werten und errechneten Ergebnissen. Das mathematische Modell erlaubte die Ableitung der Stärke des aktiven Glukosemassentransports durch die hKDCs. Ferner konnte ein erster Entwurf für ein proximales Tubulussystem entwickelt werden.

### Ausblick

Die generierten Daten zur Transportkapazität, der Bioreaktor und das extrakorporale proximale Tubulussystem stellen wichtige Grundlagen für die Entwicklung neuartiger bioartifizieller Nierenersatzsysteme dar. So könnte das bei der Standarddialyse generierte Filtrat in eine bioartifizielle proximale Tubuluseinheit geleitet werden, um wertvolle Substanzen in das Blut des Patienten zurückzuführen. Für die Translation in ein klinisches System muss in weiteren Studien die experimentelle Validierung und Charakterisierung des Systems erfolgen.

- 1 hKDCs kultiviert auf einer synthetischen Membran (oben) und auf einer biologischen Matrix (unten).
- 2 Bioreaktorsystem für die spezifische Zellkultur proximaler Tubuluszellen.
- 3 Massentransportwege.
- 4 Parameterabschätzung.
- 5 Apikale und basolaterale Glukosekonzentrationen während der Kultur der hKDCs.



5

### Kontakt



**Anke Hoppensack M. Sc.**

Telefon +49 711 970-4073

anke.hoppensack@igb.fraunhofer.de



**Dr.-Ing. Jan Hansmann**

Telefon +49 711 970-4084

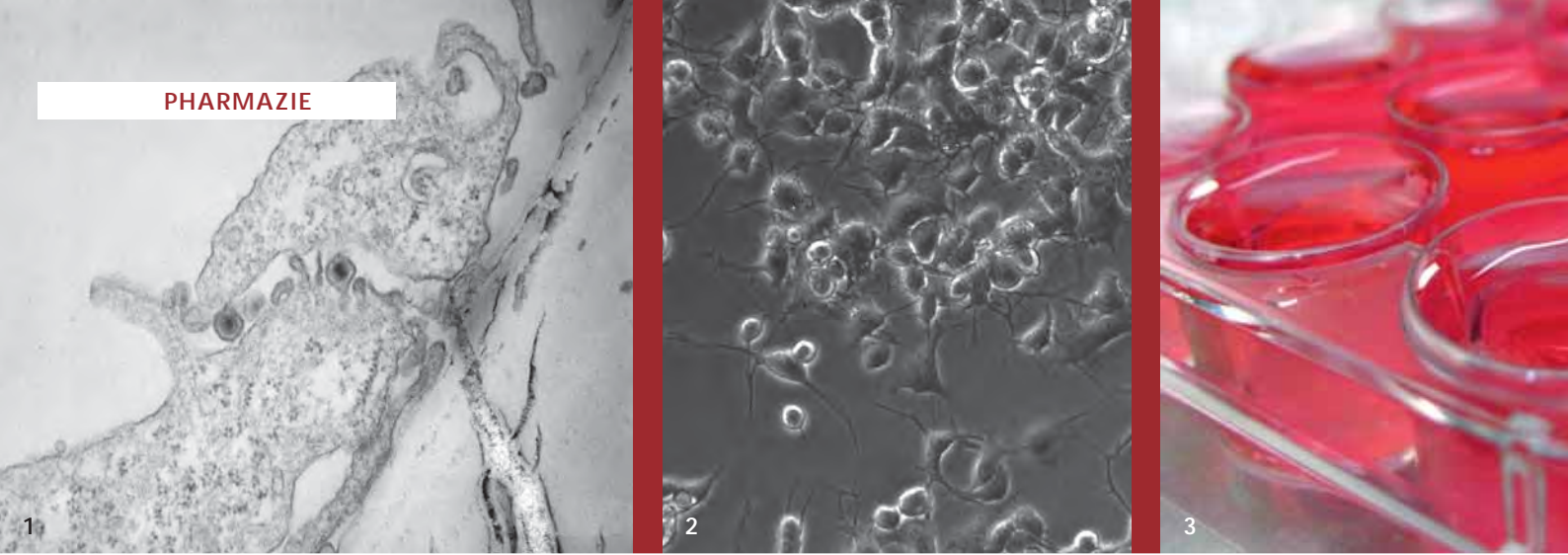
jan.hansmann@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Dankers, P. Y. W.; Boomker, J. M.; Meijer, E. W.; Popa, E. R.; van Luyn, M. J. A. (2011) From kidney development to drug delivery and tissue engineering strategies in renal regenerative medicine, *Journal of Controlled Release* 152(1): 177–85
- [2] Tasnim, F.; Deng, R.; Hu, M.; Liour, S.; Li, Y.; Ni, M.; Ying, J. Y.; Zink, D. (2010) Achievements and challenges in bioartificial kidney development, *Fibrogenesis Tissue Repair* 10: 3–14
- [3] Colter, D. C.; Seyda, A.; Buensuceso, C. S.; Gosiewska, A. (2008) Kidney-derived cells and methods of use in tissue repair and regeneration, Ethicon Inc (Somerville, NJ, US) US Patent 20080112939

### Projektpartner

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden in Zusammenarbeit des Fraunhofer IGB mit der Firma Advanced Technologies and Regenerative Medicine (ATRM), LLC, a Johnson & Johnson company, Somerville, NJ, USA erarbeitet. Ferner hatte Jan Hansmann die Möglichkeit, Forschungsarbeiten in den Laboren des Projektpartners durchzuführen. Wir danken ATRM für die Unterstützung und Zusammenarbeit in diesem Projekt.



# TARGETED DRUG DELIVERY – RNA-VERMITTELTE THERAPIEOPTION GEGEN HSV-1

Dipl.-Biol. (t. o.) Ina Hogk, Dr. rer. nat. Anke Burger-Kentischer

## Ausgangssituation

Infektionen mit dem Herpes-simplex-Virus gehören zu den häufigsten Erkrankungen der Haut. Mehr als 90 % der Weltbevölkerung sind mit dem Herpes-simplex-Virus Typ-1 (HSV-1) infiziert. Neben den charakteristischen Hautläsionen können HS-Viren auch schwerwiegende Erkrankungen unter Beteiligung anderer Organe (Herpes-Keratitis) sowie des Zentralnervensystems (Herpes-Enzephalitis, Herpes-Meningitis) hervorrufen und zum Teil tödlich verlaufen. Eine wirkungsvolle Therapie der Herpes-Infektion gibt es bis heute nicht. Für die Behandlung von HSV-Infektionen werden bislang ausschließlich Virostatika, meist Nucleosidanaloga, eingesetzt. Diese können lediglich die Symptome lindern und die Infektionszeit verkürzen, jedoch nicht die Reaktivierung des Virus verhindern. Ein Ziel ist es daher, einen alternativen Therapieansatz zur Behandlung der HSV-1-Infektion zu entwickeln.

## RNA-Interferenz-vermittelter Therapieansatz

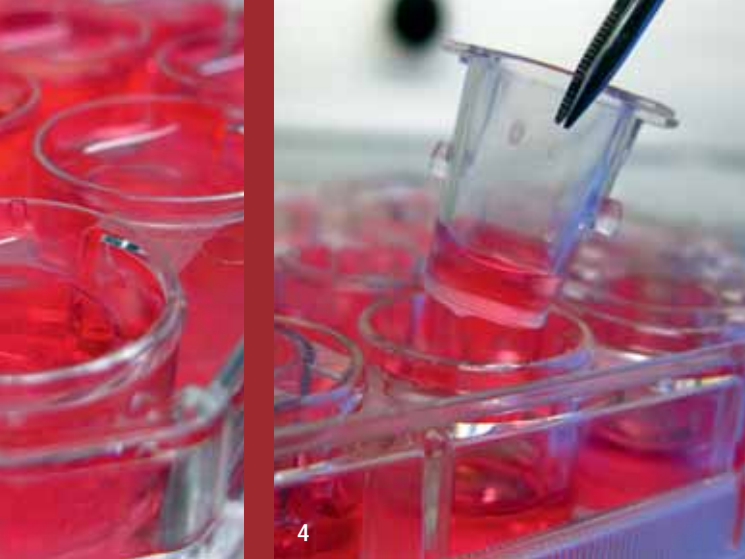
Eine mögliche Alternative zu den bislang verwendeten Virostatika stellen RNA-basierte Wirkstoffe dar. Mithilfe des Verfahrens der RNA-Interferenz (RNAi) lassen sich einzelne Gene zielgenau abschalten, zum Beispiel diejenigen, welche mit der Vermehrung von HSV-1 in Verbindung stehen. Dazu werden kurze Abschnitte von RNA-Molekülen (siRNA oder miRNA) in die Zellen eingebracht, wo sie zielgerichtet die Expression der maßgeblich an der Virusreaktivierung, Verbreitung bzw. Replikation beteiligten Schlüsselproteine inhibieren, um so den Ausbruch einer latenten Herpeserkrankung dauerhaft zu unterdrücken.

## Nanotechnologie für gezielte Wirkstoffapplikation

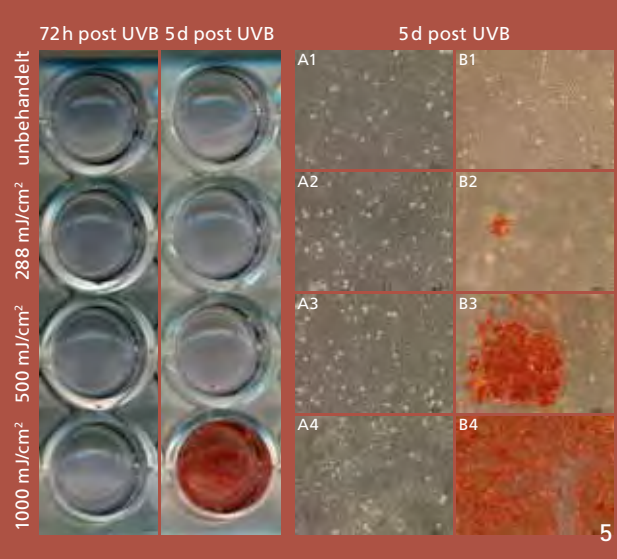
Eines der Hauptprobleme bei der Anwendung der RNAi-Methode liegt im zielgerichteten Transport der RNA-Moleküle in die Zellen und in der Art der Verabreichung. RNA ist ein von Natur aus instabiles Molekül, welches von körpereigenen Enzymen rasch zerstört wird. Des Weiteren weisen RNA-Moleküle aufgrund ihrer negativen Ladung eine äußerst geringe Membrangängigkeit auf. Um diese Probleme zu lösen und den Einsatz von RNA-Molekülen als Wirkstoff in der Herpes-Therapie zu ermöglichen, entwickeln wir in Kooperation mit der Hebrew University of Jerusalem eine Formulierung aus spezifischen RNAs und einem bioabbaubaren Polymer mit Dimensionen im Nanometerbereich – ein sogenanntes RNA-Nano-Carrier-System. Eine solche Formulierung kann die nicht membrangängigen, instabilen RNA-Moleküle vor der Zerstörung durch das körpereigene Abwehrsystem schützen und ihre Aufnahme über die Haut ermöglichen. Diese gezielte Wirkstofffreisetzung (Targeted Drug Delivery) soll durch Kopplung der Nanopartikel an virale Hüllproteinfragmente oder Antikörperfragmente ermöglicht werden, welche gegen ein spezifisches Epitop neuronaler Zellen gerichtet sind. Dadurch können sie spezifisch an latent mit HSV-1 infizierte Nervenzellen gebunden werden. Durch Kopplung viraler Hüllproteinfragmente an Nanopartikel kann eine Bindung an alle Zelltypen erreicht werden.

## Kompetenzen und Technologien

Seit Jahren werden am Fraunhofer IGB komplexe zellbasierte Testsysteme entwickelt. Diese Expertise wird zum Nachweis der Wirksamkeit und Verträglichkeit des Oligonukleotid-basierten Wirkstoffes und dessen Formulierung eingesetzt. Mithilfe des Activity-Selectivity (AS)-Assays kann die Wirksamkeit



4



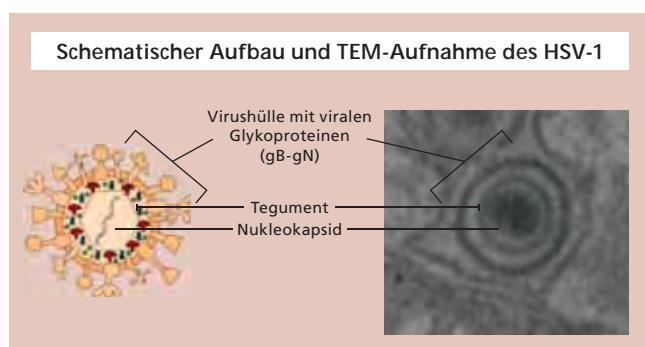
5

und gleichzeitig die Verträglichkeit der RNA-Nano-Carrier-Formulierung untersucht werden [1]. Begleitende Untersuchungen zur immunmodulatorischen Wirkung der Carrier werden mit dem am IGB entwickelten und patentierten zellbasierten Pyrogenassay durchgeführt [2]. Zell- bzw. Membrangängigkeit sowie fortführende Wirksamkeitsstudien der mit spezifischen miRNA-beladenen Nano-Carrier werden in einem etablierten Kokultursystem durchgeführt. Mit dem ebenfalls patentierten In-vitro-HSV-1-Infektionsmodell können abschließend die Hautgängigkeit, der zielgerichtete Transport sowie die spezifische Inhibition der Virusreaktivierung durch die RNA-Nano-Carrier an einem komplexen Testsystem untersucht werden [3, 4].

### Ausblick

Durch Einsatz der RNAi-Technologie kann ein Ausbruch der HSV-1 möglicherweise dauerhaft verhindert und damit der Leidensdruck vieler Betroffener wesentlich vermindert werden. Es ist zu erwarten, dass diese neue Technologie auch auf andere Viruserkrankungen adaptiert werden kann und dadurch ein großes Potenzial im Einsatz zur antiviralen Therapie aufweist.

- 1 TEM-Aufnahme einer mit HSV-1 infizierten Zelle auf einem Kokulturträger.
- 2 Neuronale Zelllinie (PC12).
- 3 Kultivierung des HSV-1-Infektionsmodells.
- 4 Aufbau des Kokultur-Testsystems.
- 5 Reaktivierung des HSV-1 im Kokultur-Testsystem.



### Kontakt



**Dipl.-Biol. (t. o.) Ina Hogk**  
 Telefon +49 711 970-4036  
 ina.hogk@igb.fraunhofer.de



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

### Literatur

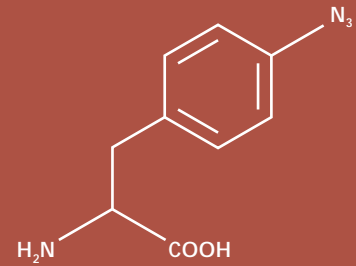
- [1] Burger-Kentischer, A.; Finkelmeier, D.; Keller, P.; Bauer, J.; Eickhoff, H.; Kleyman, G. et al. (2011) A screening assay based on host-pathogen interaction models identifies a set of novel antifungal benzimidazole derivatives, *Antimicrob Agents Chemother* 55(10): 4789–4801
- [2] Zellbasiertes Testsystem zur Identifizierung und Differenzierung von Keimspektren (2009) DE 10 2006 031 483
- [3] In vitro-Testsystem für virale Infektionen (2012) DE 10 2010 023 156
- [4] Hogk, I.; Rupp, S.; Burger-Kentischer, A. (2013) 3D-Tissue model for herpes simplex virus-1 infections. *Methods in Molecular Biology*, in press

### Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Novel Drug/Gene Delivery Systems for Herpes Simplex Virus (HSV) Therapy« im Rahmen des Programms ICON.

### Projektpartner

Hebrew University of Jerusalem, Institute for Drug Research (IDR), Jerusalem, Israel



## SYNTHETISCHE PROTEINE IN HUMANPATHOGENEN PILZEN

Dipl.-Biol. Silke Palzer, Dr. rer. nat. Kai Sohn

### Virulenzfaktoren bestimmen die Pathogenität

In den letzten Jahren ist die Anzahl an Erkrankungen durch humanpathogene Pilze stetig gestiegen. Aufgrund ihrer hohen Morbidität und Mortalität sind sie zu einem ernststen Problem im Gesundheitswesen geworden. Vor allem schwerwiegende Krankheitsverläufe wie systemische Mykosen, die den gesamten Körper betreffen, sowie entstehende Resistenzen bereiten Probleme in der Behandlung. Häufigster Auslöser systemischer Mykosen im Menschen ist der humanpathogene Pilz *Candida albicans*, der bei supprimiertem Immunstatus des Wirtes, beispielsweise in Folge von Operationen, Chemotherapien oder krankheitsbedingt, schwere Infektionsverläufe auslösen kann. *Candida albicans* verfügt über eine Vielzahl von Mechanismen, die zur Pathogenität führen. Vermittelt werden diese Mechanismen durch Virulenzfaktoren, Proteine mit unterschiedlichsten Funktionen in der Zelle. Virulenzfaktoren sind essenziell für die Pathogenität, insofern bieten sie ein vielversprechendes Ziel für die Entwicklung von Therapeutika. Voraussetzung dafür ist jedoch ein fundiertes Wissen über die molekularen Eigenschaften und physiologischen Interaktionsnetzwerke der Proteine in der Zelle. Da insbesondere für *Candida albicans* Techniken fehlen, um die Interaktionsnetzwerke von Proteinen in vivo zu analysieren, wurde am Fraunhofer IGB eine neue Methodik zur Analyse von Protein-Protein-Interaktionen mithilfe synthetischer Aminosäuren entwickelt.

### Analyse der Proteininteraktion mit synthetischen Proteinen

Dabei wird das zu analysierende Protein in nur einem Baustein, also einer Aminosäure, modifiziert und anstelle einer

natürlichen wird an dieser Position eine artifizielle Aminosäure integriert. Diese kann dem Protein neue physikalisch-chemische Eigenschaften verleihen. Artifizielle Aminosäuren entstammen dem Forschungsfeld der synthetischen Biologie, bislang sind schon über 300 artifizielle Aminosäuren verfügbar. Die synthetischen Aminosäuren ermöglichen Forschern ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten, so dass Proteine beispielsweise leichter analysiert werden können oder neuartige Eigenschaften erhalten. Für die Studie von molekularen Interaktionen bietet sich die unnatürliche Aminosäure *p*-Azidophenylalanin an, ein Derivat der natürlichen Aminosäure Phenylalanin (Abb. 2). Die nicht natürlich in Proteinen vorkommende Azido-Gruppe kann durch Anregung mit UV-Licht aktiviert werden und dadurch eine stabile kovalente Bindung mit Molekülen in der Umgebung eingehen. Findet in der Zelle eine Interaktion des modifizierten synthetischen Proteins mit einem anderen Protein statt, kann diese Interaktion unter physiologischen Bedingungen durch Kreuzvernetzung fixiert werden und ist stabil für die weitere Aufreinigung und Identifizierung des Interaktionspartners.

### Erweiterter genetischer Code

Um in vivo Interaktionsstudien durchführen zu können, muss die artifizielle Aminosäure zunächst in Proteine integriert werden. Dies wird durch eine Methodik der synthetischen Biologie ermöglicht, dem sogenannten erweiterten genetischen Code. Die artifizielle Aminosäure kann durch spezielle Biomoleküle, tRNAs und tRNA-Synthetasen, direkt während der Proteinsynthese positionsspezifisch und mit bislang unerreichter Effizienz in das Zielprotein eingebaut werden.



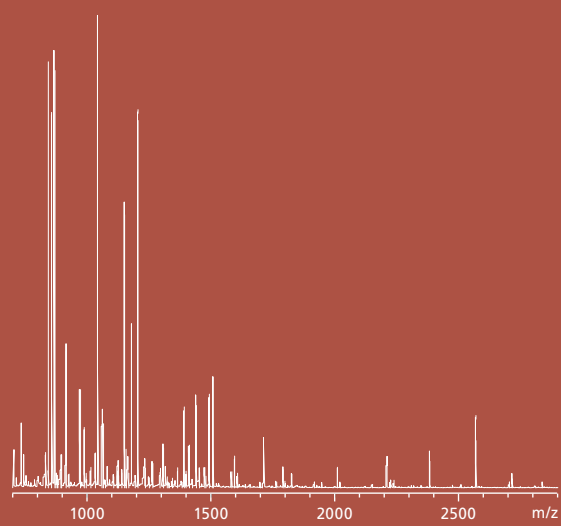


3

### Erfolgreicher positionsspezifischer Einbau in *C. albicans*-Virulenzfaktoren

Nach umfassenden grundlegenden Forschungsarbeiten konnten wir am Fraunhofer IGB die Methodik des erweiterten genetischen Codes erfolgreich für den humanpathogenen Pilz *Candida albicans* etablieren. Dazu wurden die benötigten tRNAs und tRNA-Synthetasen am Fraunhofer IGB speziell für den Einbau artifizierender Aminosäuren in *C. albicans* angepasst. Dabei ist es uns gelungen, die generelle Anwendbarkeit der Methode nicht nur an einem Modellprotein, sondern darüber hinaus auch an dem zentralen Virulenzfaktor Tup1 (Abb. 3) zu zeigen. Somit ist erstmals der positionsspezifische Einbau einer artifizierender Aminosäure in ein eukaryontisches Humanpathogen gelungen. Zugleich konnten wir erstmals eine durch die synthetische Markierung vermittelte physiologische Interaktion des Virulenzfaktors Tup1 charakterisieren. Die so veränderten *Candida-albicans*-Stämme können nun für weitreichende Interaktionsstudien, beispielsweise von Virulenzfaktoren, eingesetzt werden, denkbar ist aber auch die Erforschung von Wirt-Pathogen-Interaktionen.

Das entwickelte System ist außerdem für Protein-DNA- sowie Protein-Metabolit-Interaktionen nutzbar. Nachdem die generelle Anwendbarkeit gezeigt werden konnte, ist darüber hinaus denkbar, dem genetischen Code von *Candida albicans* weitere artifizierender Aminosäuren hinzuzufügen und dadurch das Spektrum an molekularen Werkzeugen, die zur Erforschung der Virulenzmechanismen zur Verfügung stehen, noch weiter auszudehnen.



4

#### Kontakt



**Dipl.-Biol. Silke Palzer**  
 Telefon +49 711 970-4079  
 silke.palzer@igb.fraunhofer.de



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

#### Förderung

Wir danken dem Landesgraduiertenförderungsprogramm des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts »Erweiterung des genetischen Codes zur Analyse von Protein-Protein-Interaktionen im humanpathogenen Pilz *Candida albicans*«.

- 1 *Candida albicans* in hyphaler Morphologie.
- 2 Die artifizierender Aminosäure p-Azidophenylalanin.
- 3 Kristallstruktur von interagierenden Tup1-Domänen.
- 4 Identifizierung interagierender Proteine per Massenspektrometrie.



# 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.



2

## ANTIMIKROBIELLE OBERFLÄCHEN DURCH EINSATZ NATÜRLICHER WIRKSTOFFE

Dr. rer. nat. Michaela Müller, Dipl.-Ing. Christina Weber

### Unerwünschte Biofilme

Bakterien und Pilze leben bevorzugt in Biofilmen. Diese bestehen aus miteinander agierenden Mikroorganismen, umgeben von einer selbst produzierten Schleimschicht zum Schutz vor äußeren Angriffen. An natürlichen und technischen Grenzflächen in feuchter oder wässriger Umgebung sind sie allgegenwärtig. Biofilme mit pathogenen Organismen oder am falschen Ort können eine Gefahr für die Gesundheit darstellen, Materialschäden verursachen oder den Energieaufwand im Anlagenbetrieb stark erhöhen (Abb. 1). Daher werden in vielen Bereichen Biozide eingesetzt. Ihre Zulassung und Anwendung ist durch eine Reihe von Gesetzen, Verordnungen und europäischen Regularien geregelt. Mit zunehmenden gesetzlichen Beschränkungen für ihren Einsatz steigt der Bedarf an biozidfreien, antimikrobiell wirksamen Ausrüstungen für technische Oberflächen. Zur Entwicklung geeigneter Systeme arbeiten am Fraunhofer IGB abteilungsübergreifend Materialwissenschaftler, Mikro-, Molekular- und Zellbiologen zusammen.

### Schichtsysteme für antimikrobielle Verbindungen

Zur Vermeidung der Biofilmbildung untersuchen wir die Wirkung natürlich vorkommender antimikrobiell aktiver Verbindungen wie Pflanzenextrakte, kationische Peptide und Enzyme. Da es für eine technische Nutzung notwendig ist, Wirkstoffe in einer geeigneten Darreichungsform zu applizieren, entwickeln wir Schichtsysteme zur längerfristigen und gezielten Freisetzung und, besonders im Fall von Biomolekülen, zur längerfristigen Erhaltung ihrer Funktion. Die Applikationsart der Wirkstoffe hängt dabei vom Einsatzbereich, der Art und Geometrie der Oberfläche und dem zu immobilisierenden Wirkstoff ab.

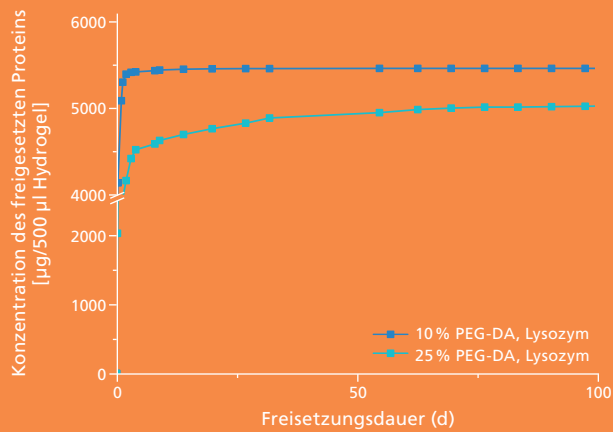
### Immobilisierung in polymerer Matrix

Eine Möglichkeit zur Immobilisierung aktiver Biomoleküle ist die Einbettung in eine polymere Matrix als Beschichtung eines Bauteils. Aus dieser wird der Wirkstoff über einen bestimmten Zeitraum freigesetzt. Wir realisierten aktive Schichten mit Lysozym, DNase und LL-37. Lysozyme sind Enzyme des angeborenen Immunsystems und beschädigen die Bakterienzellwand. Das humane antimikrobielle Peptid LL-37 wird auch vom Immunsystem gebildet und zerstört die Zellwände zahlreicher Gram-positiver und Gram-negativer Bakterien. Zudem ist es sehr proteolysestabil. Das Enzym DNase spaltet DNA. Da Biofilme zu einem großen Anteil aus der freigesetzten DNA abgestorbener Mikroorganismen bestehen, können DNAsen den Biofilm reduzieren.

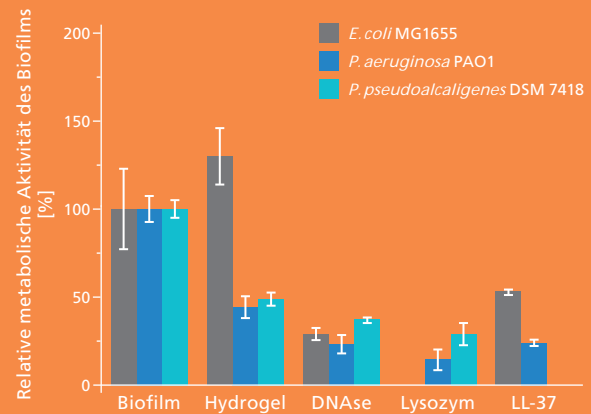
Die polymere Matrix wurde aus kurzkettigen Poly(ethylen-glykol)-Diacrylaten durch UV-Bestrahlung aufgebaut. Dazu wurde der Wirkstoff mit Additiven in die wässrige Polymerlösung gegeben, auf die gewünschte Oberfläche gebracht und für 3 Sekunden bestrahlt (Abb. 2). Durch die Bestrahlung vernetzen die Polymerketten und der Wirkstoff wird so im Hydrogel eingebettet. Wir wiesen nach, dass die angewandte Bestrahlungsdauer zur Netzwerkbildung ausreicht und das Biomolekül nicht wesentlich in seiner Sekundärstruktur oder Aktivität verändert wird.

### Steuerung der Freisetzung und antimikrobielle Wirkung

Das Freisetzungsverhalten wurde bei Raumtemperatur in einer phosphatgepufferten Salzlösung untersucht, welche regelmäßig gewechselt wurde. Abb. 3 zeigt die freigesetzte Menge Lysozym über 100 Tage in Abhängigkeit unterschiedlicher



3



4

Netzwerkdichten. Der größte Teil wird in den ersten Tagen freigesetzt, aber auch nach 100 Tagen wurde noch eine Abgabe gemessen. Zu diesem Zeitpunkt waren 50 % des gesamten eingebrachten Lysozyms freigesetzt. Die Freisetzung selbst kann über die präparierte Netzwerkdichte eingestellt werden.

Die beschriebenen Systeme wurden mit *E. coli*, *P. aeruginosa* und *P. pseudoalcaligenes* auf ihre antimikrobielle, bakterio-statische Wirkung untersucht. Ihre Wirkung wurde auf planktonische und Biofilmzellen überprüft. Abb. 4 zeigt die statistisch signifikante Reduzierung der metabolischen Aktivität der untersuchten Mikroorganismen im Vergleich zum Referenz-Biofilm durch die präparierten Systeme. Für Hydrogele mit Lysozym und LL-37 wurde auch eine statistisch signifikante Reduzierung der planktonischen Zellzahl erreicht.

### Ausblick

Wir konnten zeigen, dass natürliche antimikrobielle Wirkstoffe unter Funktionserhalt in Depotschichten eingebettet werden können und ihre Freisetzung über die Gestaltung dieser Schicht steuerbar ist. Auf die untersuchten Mikroorganismen wirkten die präparierten Systeme antimikrobiell. Antimikrobielle Naturstoffe besitzen meist ein enges Wirkspektrum, daher müssen für eine technische Anwendung gegebenenfalls Wirkstoffkombinationen für die vorhandenen, zu vermeidenden Mikroorganismen eingesetzt werden. Die Depotschicht ist dabei jeweils auf die freizusetzenden Wirkstoffe abzustimmen.

### Kontakt



**Dr. Michaela Müller**

Telefon +49 711 970-4140

michaela.mueller@igb.fraunhofer.de



**Dr. Iris Trick**

Telefon +49 711 970-4217

iris.trick@igb.fraunhofer.de

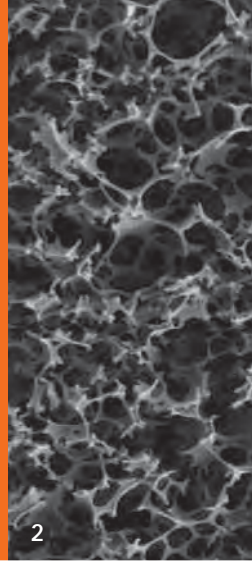
### Literatur

[1] Weber, C.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T. (2011) Biofilmvermeidung durch natürliche Wirkstoffe – gezielte und langfristige Freisetzung durch ein PEG-basiertes Depotssystem, *Biomaterialien* 12: 2

- 1 *Mit Biofilm zugesetzter Wasserfilter.*
- 2 *Ausrüstung einer Materialoberfläche mit Hydrogel und antimikrobiellem Wirkstoff.*
- 3 *Freisetzungsverhalten eines Wirkstoffes aus einem Hydrogel.*
- 4 *Reduzierung des Biofilms durch wirkstoffbeladenes Hydrogel.*



2



# FUNKTIONALE POLYMERE SCHÄUME

Dr. rer. nat. Michaela Müller

## Anwendungspotenzial

Offenporige polymere Schäume sind interessante Materialien für eine Vielzahl von Anwendungen, vor allem als Adsorbentmaterialien für die Stofftrennung oder Stoffanreicherung, als Trägermaterial für die Chemo- oder Biokatalyse sowie als dreidimensionale Träger für mammalische Zellen oder Mikroorganismen. Durch geeignete Additive leitfähig gestaltete Schäume eignen sich sogar als Elektrodenmaterial für Biobrennstoffzellen. Für die genannten Anwendungen muss in der Regel die innere Oberfläche der Poren mit funktionellen Gruppen oder Molekülen ausgerüstet werden. Je nach Porenstruktur und Art des für den Schaum verwendeten Polymers ist dies bisher nicht oder nur mit großem Aufwand möglich.

## Neue einstufige Herstellung

Zur einfachen Herstellung von makroporösen Polymerschäumen mit funktionellen Gruppen, die über sogenannte Click-Reaktionen leicht umgesetzt werden können, haben wir eine einstufige Synthesestrategie entwickelt.

Dazu wurde über ein Emulsionspolymerisationsverfahren (High Internal Phase Emulsion) ein vernetzter, Azid-Funktionen enthaltender Polymerschäum hergestellt. Die organische Phase enthält dabei das Monomer, den Vernetzer und ein Tensid. Die wässrige Phase, die zusammen mit der organischen Phase in ein Reaktionsgefäß gegeben wird, enthält den Initiator für die radikalische Polymerisation (Abb. 3).

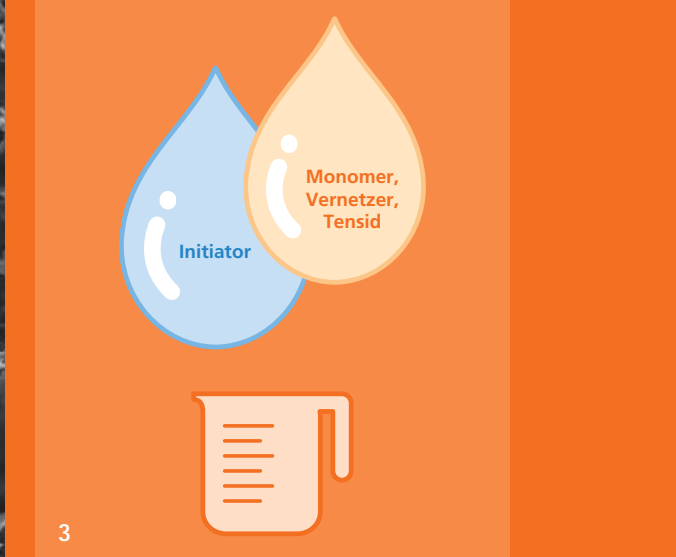
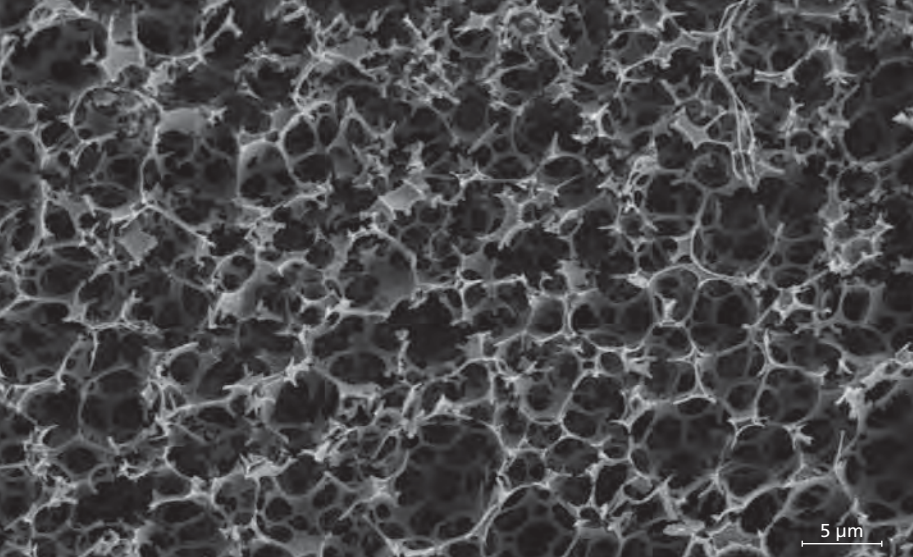
## Schaum mit funktionellen Poren

Das als Beispiel in Abb. 1 gezeigte hergestellte Material besitzt eine Porosität von ca. 90 %. Die Struktur mit offenen Makroporen im Bereich von ca. 5–10  $\mu\text{m}$  und Mikroporen unterhalb von 1  $\mu\text{m}$  zeigt die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme in Abb. 2.

Azid-Funktionen können unter sehr milden Bedingungen, wie sie beispielsweise Biomoleküle benötigen, und nebenreaktionsfrei mit Alkin-Funktionen reagieren (Click-Reaktion). Die Anbindung von niedermolekularen Verbindungen und auch Polymeren an die innere Oberfläche des synthetisierten Schaumes über eine Azid-Alkin-Cycloaddition (Abb. 4) konnten wir am Beispiel von Propargylalkohol (Abb. 4A) und Propargyl-Poly(methylmethacrylat) (Abb. 4B) zeigen.

## Biokompatibilität / Biofunktionalität

Für Anwendungen des Materials als Träger für Zellen ist dessen Biokompatibilität eine notwendige Voraussetzung. Erste Tests mit humanen Hautzellen auf den PMMA-modifizierten Schäumen zeigten nach einer Inkubationsdauer von 24 Stunden eine verbesserte Adhäsion der Zellen im Vergleich zum unmodifizierten Schaum. Lebend-Tot-Färbungen der auf der Oberfläche für 24 Stunden kultivierten humanen Zellen zeigten eine hohe Lebendzellzahl.



### Ausblick

Im Unterschied zu konventionellen Polymerschäumen wird hier nicht das fertige Polymer geschäumt. Das Material besitzt also alle Vorteile eines synthetisch herstellbaren Polymers. Durch seine vernetzte Struktur ist das Material stabil gegenüber organischen Lösemitteln. Darüber hinaus erlaubt die Freiheit in der Wahl der chemischen Bausteine ein gezieltes Einstellen von gewünschten Eigenschaften wie beispielsweise Hydrophilie oder Elastizität.

Nachdem die Machbarkeit der Herstellung leicht modifizierbarer Polymerschäume mit geeigneter Porosität in einer einstufigen Synthese gezeigt werden konnte, soll das makroporöse Material so weiterentwickelt werden, dass es für die Besiedelung mit mikrobiellen Zellen zur Stoffanreicherung eingesetzt werden kann.

### Kontakt



**Dr. Michaela Müller**

Telefon +49 711 970-4140

michaela.mueller@igb.fraunhofer.de



**Dr. Christian Oehr**

Telefon +49 711 970-4137

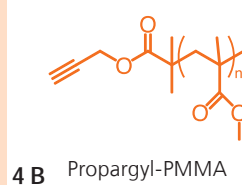
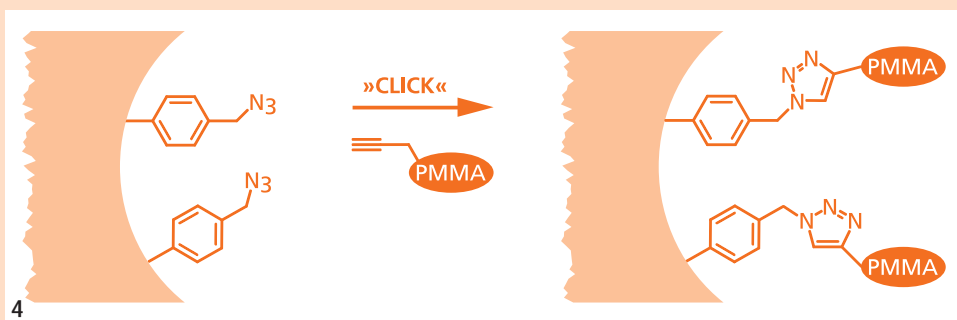
christian.oehr@igb.fraunhofer.de

### Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Bakterien hinter Gittern zur Rückgewinnung von Phosphor« im Rahmen des Fraunhofer-Symposiums Netzwerk 2011.

- 1 *Hergestellter funktionaler Polymerschäum.*
- 2 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des hergestellten Schaums.*
- 3 *Einstufige Synthese des Schaums über ein Emulsionspolymerisationsverfahren.*

### Click-Reaktion des funktionalen Schaums mit Propargyl-PMMA





# GEWINNUNG VON KAUTSCHUK, LATEX UND INULIN AUS LÖWENZAHNWURZELN

Dipl.-Chem. Thomas Hahn, Dipl.-Biol. (t. o.) Dipl.-Ing. (FH) Susanne Zibek

Kautschuk ist ein Polymer, das im Alltag vielfältige Anwendungen findet. Sei es als Spielball, in Haushaltshandschuhen, Dichtungsringen oder Autoreifen. Dementsprechend hoch ist der weltweite Bedarf an Kautschuk. Laut Schätzungen wurde im Jahr 2012 27,6 Mio t [1] verbraucht, davon zwei Drittel allein für die Herstellung von Autoreifen. Naturkautschuk kann nur begrenzt durch synthetische Alternativen substituiert werden, da er Eigenschaften besitzt, die durch chemisch hergestellte Polymere nicht erzielt werden können. So ist das aus Isopreneinheiten bestehende Naturpolymer in über 40 000 Produkten, davon 400 medizinischen Produkten, enthalten [2].

## Naturkautschuk aus Russischem Löwenzahn (*Taraxacum koksaghyz*)

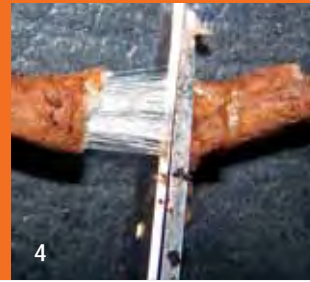
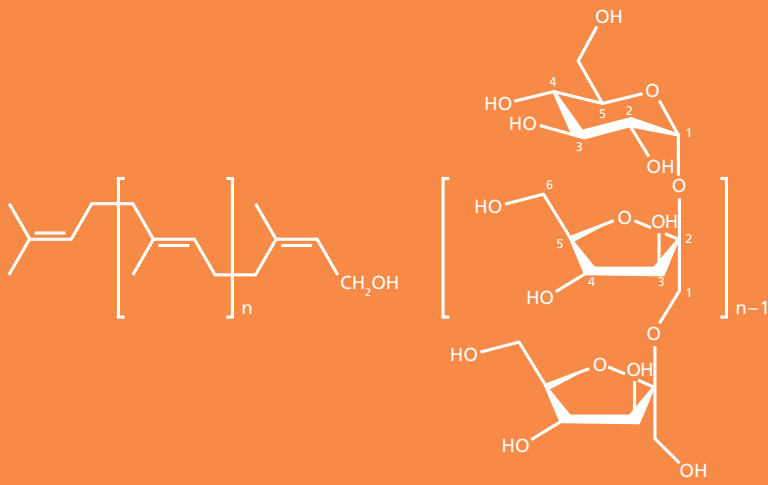
Kautschuk wurde bisher in etwa 2500 Pflanzen identifiziert. Nur eine wird jedoch kommerziell zur Produktion eingesetzt, *Hevea brasiliensis*, der Kautschukbaum [3]. Die Bestände des Baumes sind jedoch von der südamerikanischen Blattkrankheit bedroht. Zudem sind im Milchsaft des Kautschukbaumes, dem Latex, neben Kautschuk auch Proteine präsent, die in manchen Menschen Allergien auslösen. Alternativ dazu hat sich bereits Anfang des 20. Jahrhunderts mit dem Russischen Löwenzahn (*Taraxacum koksaghyz*) eine Möglichkeit aufgetan, Kautschuk auch in der nördlichen Hemisphäre aus einer natürlichen Ressource zu isolieren. *Taraxacum koksaghyz* ist eine robuste Pflanze, die auch auf marginalen Böden kultiviert werden kann. Der Kautschukgehalt im Latex des Russischen Löwenzahns beträgt im Mittel bis zu 30 % [3], der Anteil an der Wurzeltrockenmasse liegt eigenen Untersuchungen zufolge bei etwa 4 %.

## Gewinnung und Aufarbeitung des Naturkautschuks

Zum einen kann Kautschuk direkt als kaugummiartige Substanz aus getrockneten oder frischen Wurzeln des Löwenzahns gewonnen und von der Biomasse separiert werden. Hierzu werden sukzessive verfahrenstechnische Prozesse wie Dampfbehandlung, Mahlen, Flotieren und Sieben angewendet [4]. Das Fraunhofer IGB verfeinert derzeit die bereits seit 60 Jahren bekannten Methoden und sucht nach kostengünstigen Alternativen für die industrielle Umsetzung.

Zum anderen kann Kautschuk durch Säureeinwirkung oder Verdampfung des Wassers zur Agglomeration und nachfolgender Koagulation gebracht und so aus dem flüssigen Milchsaft gewonnen werden. Etwa 90 % des Latex werden in Kautschuk umgewandelt, die restlichen 10 % werden zu kommerziellen Latexprodukten wie Kondomen oder Handschuhen verarbeitet [5]. Zur Prävention der vorzeitigen Koagulation der Kautschukmoleküle und zum Erhalt der Formbarkeit wird der Latex nach Extraktion unverzüglich mit stabilisierenden Agenzien und Antioxidantien versetzt. Das Fraunhofer IGB vergleicht verschiedene Verfahren der Extraktion sowie unterschiedliche Zusätze, mit denen bereits die Agglomeration, die Vorstufe zur Koagulation, verhindert werden kann. Durch neue Kombinationen bewährter Agenzien können die Latexlösungen nun mindestens 3 Monate stabilisiert werden. Zum jetzigen Zeitpunkt können Latices mit einem Kautschukgehalt von bis zu 15 % hergestellt werden. Der nächste Schritt besteht im Scale-up der durchgeführten Aufreinigungsschritte vom Labor- in den Technikumsmaßstab.





3

4

### Mehrwert durch Extraktion von Inulin

Aus einer rein ökonomischen Perspektive heraus ist bereits die Gewinnung von Latex und Kautschuk aus *Taraxacum koksaghyz* erfolversprechend. Die Generierung eines ökologischen und wirtschaftlichen Mehrwerts bietet die vorherige Extraktion des Zuckers Inulin, welcher ebenfalls in den Löwenzahnwurzeln enthalten ist. Inulin ist ein Oligo- bzw. Polysaccharid, das vorwiegend aus  $\beta$ -(2-1)-verknüpfter Fruktose und einem  $\alpha$ -D-Glukosemolekül am nicht reduzierenden Ende besteht. Es wird als Ersatzstoff für Zucker und Fett, als löslicher Ballaststoff und als Träger- und Stabilisierungsmittel in der pharmazeutischen Industrie eingesetzt [6].

Heißwasserextraktionen unter optimierten Bedingungen wurden am Fraunhofer IGB bereits im Batchbetrieb sowie im kontinuierlichen Verfahren durchgeführt. Das Inulin konnte dadurch mit bis zu 36 % der Trockenmasse isoliert werden. Es wird zukünftig in fermentativen Prozessen mit Mikroorganismen umgesetzt.

Die Präextraktion des Inulins vor der Kautschukisolierung besitzt mehrere Vorteile. So kann eine eventuell vorhandene verunreinigende Substanz simultan mit der Inulinextraktion abgetrennt und die spätere Kautschukaufreinigung vereinfacht werden. Des Weiteren resultiert aus der Heißwasserextraktion eine Koagulation der Kautschukmoleküle, das heißt eine vereinfachte Aufreinigung, die Wurzeln werden weicher und im Endeffekt die Dampfbehandlung substituiert.

- 1 *Anbau von Russischem Löwenzahn auf dem Dach des Fraunhofer IZS.*
- 2 *Latexfluss nach Verwundung der Löwenzahnwurzel.*
- 3 *Strukturformeln von Inulin und Poly-(cis)-1,4-Isopren.*
- 4 *Links oben: Latexfluss, rechts: Russischer Löwenzahn, links unten: Kautschuk.*

### Kontakt



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

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] Brentin, A.; Sarnacke, P. (2011) <http://soynewuses.org/wp-content/uploads/Rubber-Compounds-MOS-Sept-2011.pdf>
- [2] Cornish, K.; Brichta, J. L. (2002) Trends in new crops and new uses, Janick J. and Whipkey A. (eds.) 226–233
- [3] van Beilen, J. P.; Poirier, Y. (2007) TRENDS in Biotechnology 25(11): 522–529
- [4] Eskew, R. K.; Edwards P. W. (1946) US 2,393,035 1946
- [5] van Beilen, J. P.; Poirier, Y. (2007) Cr. Rev. Biotechn. 27: 217–231
- [6] Barclay, T. et al. (2010) JEFC 1(3): 27–50

### Partner

AESKULAP GmbH, Steinach | Continental Reifen Deutschland GmbH, Hannover | Südzucker AG, Mannheim | Synthomer Deutschland GMBH, Marl | Julius Kühn-Institut, Quedlinburg | Fraunhofer IME, Münster | numares GROUP, Regensburg | IGVP, Universität Stuttgart | Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung, Köln

### Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »TARULIN«, Förderkennzeichen 031597 1 C.



# CHIBIO – CHITIN AUS FISCHEREIABFÄLLEN ALS ROHSTOFF ZUR HERSTELLUNG VON SPEZIALCHEMIKALIEN

Dr. rer. nat. Lars O. Wiemann, Prof. Dr. rer. nat. Volker Sieber

## Ausgangssituation und Projektziel

Bei der Verarbeitung von Krabben, Krebsen und Garnelen fallen große Mengen chitinhaltiger Schalenabfälle an. Weltweit landen jährlich mehr als 6 Mio Tonnen dieser Krebstierschalen auf dem Müll, davon schätzungsweise allein mehrere hunderttausend Tonnen innerhalb der EU [1]. Ein geringer Teil dieser biogenen Ressource wird bereits einer Nutzung zugeführt und beispielsweise in Asien zur Herstellung von Chitosan verwendet, das für biomedizinische Applikationen oder als Nahrungsmittelzusatz zum Einsatz kommt [2]. Die Verwendung europäischer Schalen ist aufgrund höherer Kalkanteile weniger wirtschaftlich und eher selten. Eine fachgerechte Entsorgung der kontaminationsanfälligen Schalenabfälle ist aber aufgrund EU- und länderspezifischer Auflagen aufwendig und kostspielig.

In dem von der EU geförderten Projekt ChiBio arbeitet ein internationales Team von Forschern unter der Leitung der Fraunhofer-Projektgruppe BioCat in Straubing an neuen Prozessen, um die in der EU anfallenden Schalenabfälle als Rohstoffquelle für Spezialchemikalien zu erschließen. Dabei verfolgt ChiBio den Ansatz einer Bioraffinerie, um den biogenen Reststoff ganzheitlich, das heißt stofflich und energetisch, zu nutzen.

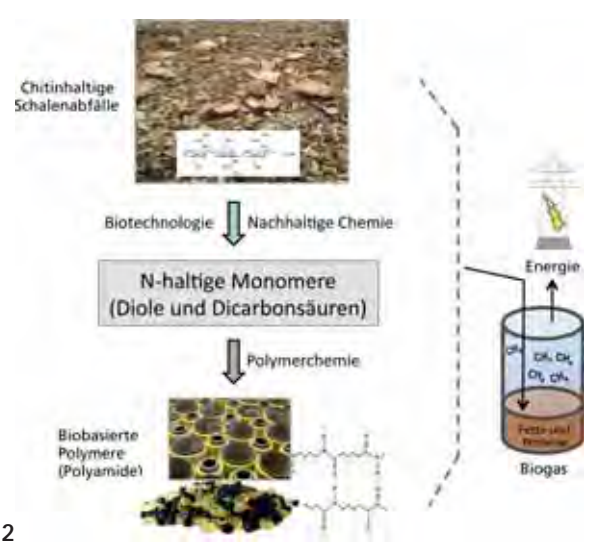
## Stabilisierung der Schalen und Mobilisierung von Chitin

In einem ersten Prozessschritt werden Methoden erarbeitet, um die Schalenabfälle vorzubehandeln und zu stabilisieren, und dadurch lagerstabil und transportfähig zu machen. Ein

weiterer wichtiger Prozessschritt ist die Mobilisierung von Chitin, einem N-haltigen Biopolymer. ChiBio entwickelt unter Leitung des Letterkenny Institute of Technology Prozesslösungen zur schonenden Mobilisierung der Chitin-, Protein- und Lipidfraktionen auf Basis nachhaltiger chemischer, mikrobiologischer und enzymatischer Methoden.

## Enzymatische Spaltung von Chitin

Ein weiterer elementarer Prozessschritt ist die Spaltung des Chitins oder des durch Deacetylierung gewonnenen Chitosan in seine monomeren Zuckereinheiten N-Acetylglucosamin bzw. Glucosamin. Bisherige chemokatalytische Verfahren sind nicht sonderlich nachhaltig. ChiBio entwickelt deshalb biokatalytische Aufschlussverfahren und verwendet dazu Chitin abbauende Enzyme aus prokaryotischen und eukaryotischen Organismen wie *Trichoderma*-, *Aspergillus*-, *Bacillus*- und *Aeromonas*-Stämmen. Besonders nützlich ist hier die Expertise des norwegischen Partners Prof. Dr. Vincent Eijsink (UMB) im Umgang mit Enzymen aus der CBM33-Familie. Diese Enzyme erhöhen die Geschwindigkeiten des Chitinabbaus deutlich [3], müssen aber in einigen Fällen noch optimiert werden. Ergänzt werden diese Arbeiten durch eigene Chitinasen und auch Chitin-Deacetylasen am Fraunhofer IGB in Stuttgart [4]. Gegenwärtig laufen intensive Arbeiten, um die Enzym-Cocktails ideal aufeinander abzustimmen und an industrielle Prozessbedingungen bzw. Produktionsverfahren im technischen Maßstab anzupassen.



2

### Umsetzung von Glucosamin zu N-haltigen Polymeren

Die Chitin-/Chitosan-Abbauprodukte (Hydrolysate und Monomere) dienen als Substrate für biotechnologische Verfahren zur Herstellung von N-haltigen funktionalen Monomeren für die Polymerindustrie. N-haltige Verbindungen für die Herstellung von Polyamiden und Isocyanaten sind für die Polymerindustrie von besonderem Interesse und können bis dato nicht auf Basis nachwachsender Rohstoffe bereitgestellt werden. ChiBio verfolgt hier zwei unterschiedliche Routen: Die Arbeitsgruppe Industrielle Biokatalyse der TU München unter Leitung von Prof. Dr. Thomas Brück entwickelt optimierte Hefestämme, um die Chitin-Hydrolysate bzw. Glucosamin fermentativ zu funktionalisierten Fetten/Fettsäuren und den korrespondierenden Aminocarbonsäuren umzusetzen. In einem parallelen Ansatz arbeitet die Projektgruppe BioCat mit Methoden der zellfreien Biotechnologie an einem Multienzymverfahren, um aus Glucosamin funktionalisierte Heterozyklen herzustellen. Ein Großteil der benötigten Enzyme steht mittlerweile rekombinant zur Verfügung und wird gegenwärtig mit Methoden des Enzym-Engineerings sukzessive optimiert. Die aufgereinigten Produkte beider Routen werden dann als bifunktionale Monomere direkt in der Polymerindustrie eingesetzt.

### Weitere Arbeiten

Effiziente Aufreinigungsmethoden werden durch die ChiBio-Partner Clariant und das Fraunhofer ICT durchgeführt. Die Polymerisationsversuche mitsamt der Charakterisierung der Polymereigenschaften werden in den Laboren der Evonik Industries AG durchgeführt. Anfallende biologische Nebenprodukte wie Proteine und Lipide werden auf ihre Eignung als Substrate für die Biogasgewinnung untersucht.

- 1 Schalen von Krebstieren fallen in großen Mengen als Abfall an.
- 2 Prozesskette im Projekt ChiBio.

### Kontakt



**Dr. Lars O. Wiemann**

Telefon +49 9421 187-353  
lars.wiemann@igb.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Volker Sieber**

Telefon +49 9421 187-300  
volker.sieber@igb.fraunhofer.de

### Literatur

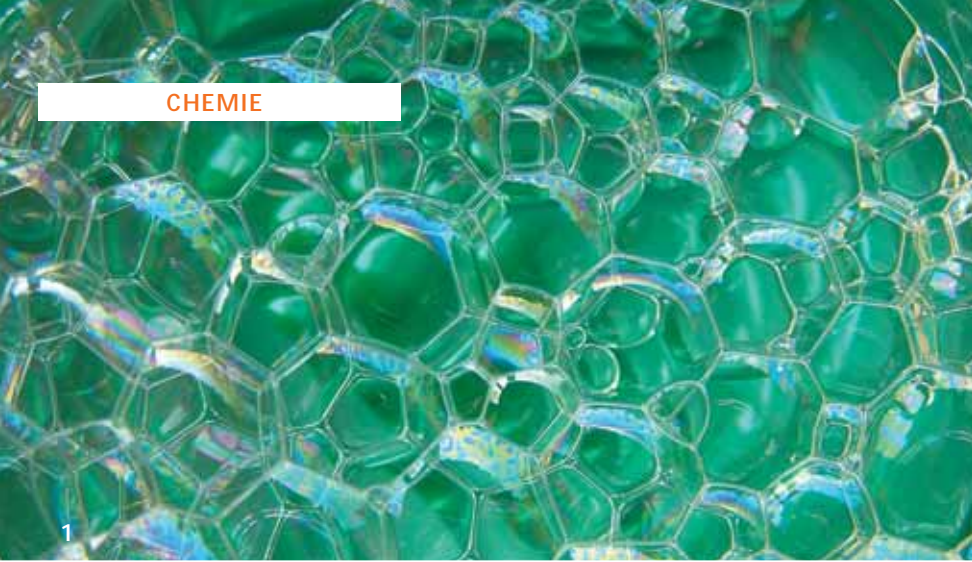
- [1] FAOSTAT, FAO statistical databases, fisheries data (2001) Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy (<http://www.fao.org>)
- [2] Kandra, P.; Challa, M. M.; Jyothi, H. K. P. (2012) Efficient use of shrimp waste: present and future trends, *Appl Microbiol Biotechnol* 93: 17–29
- [3] Vaaje-Kolstad, G. et al. (2010) An oxidative enzyme boosting the enzymatic conversion of recalcitrant polysaccharides, *Science* 330: 219–222
- [4] Moß, K. S. et al. (2012) *Amantichitinum ursilacus* gen. nov., sp. nov., a chitin-degrading bacterium found at the Bärensee, Stuttgart, Germany, *Int J Syst Evol Microbiol* ijs.0.034447-0v1- ijs.0.034447-

### Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »ChiBio« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 289284.

### Projektpartner und weitere Informationen

[www.chibiofp7.eu](http://www.chibiofp7.eu)



# BIOSURF – NEUE PRODUKTIONSVORFAHREN FÜR BIOTENSIDE

Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

## Biotenside – oberflächenaktive Substanzen aus Mikroorganismen

Tenside sind ein integraler Bestandteil unseres täglichen Lebens mit Anwendungen, die von Wasch- und Reinigungsmitteln bis hin zu Zusätzen in der Lebensmittelproduktion oder sogar bei der Erdölförderung reichen. Jährlich werden etwa 18 Mio t Tenside produziert, zumeist auf chemischem Weg und auf Basis von Erdöl. Ein Viertel wird mittlerweile aus den Ölen nachwachsender Rohstoffe hergestellt, in der Regel Kokos- oder Palmkernöl.

Auch Mikroorganismen produzieren oberflächenaktive Substanzen, Biotenside genannt. Nur wenige dieser Biotenside werden bereits industriell produziert, denn ihre Herstellung ist noch vergleichsweise kostenintensiv. Im Projekt BioSurf koordiniert das Fraunhofer IGB ein über das Programm »ERA-NET Industrial Biotechnology« gefördertes Konsortium von 7 Partnern, welche die Entwicklung neuer kosteneffizienter Verfahren für die mikrobielle und enzymatische Herstellung von Biotensiden vorantreiben. Dabei werden sowohl neue Enzyme für die biotechnologische Synthese von Tensiden entwickelt wie auch Mikroorganismen selektiert, insbesondere Pilze der Gattung *Pseudozyma*, und mit molekularbiologischen Methoden optimiert. Ziel dabei ist es, die Tensidwirkung der neuen Biotenside zu verbessern und ihre Produktion effizienter zu gestalten.

## Optimierte Fermentation für Glykolipide

Innerhalb des Fraunhofer IGB fokussieren wir uns insbesondere auf die Entwicklung neuer Fermentationsverfahren für die Produktion von Mannosylerythritollipiden (MEL) und Cellobioselipiden (CL) aus *Pseudozyma*-Spezies. Des Weiteren wird

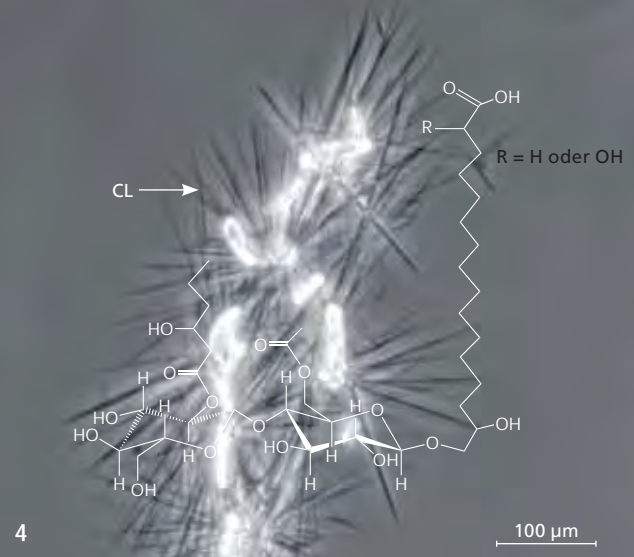
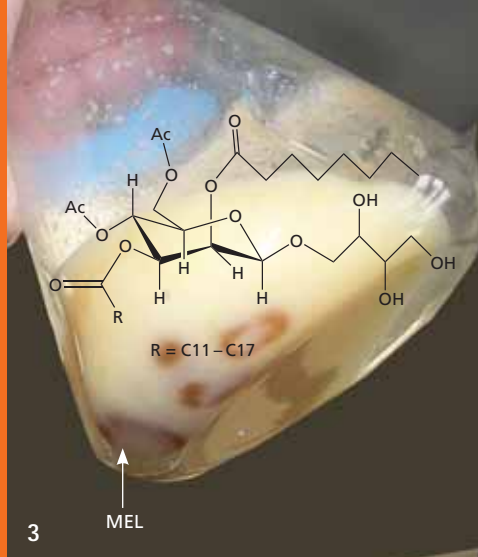
die Strukturoptimierung der Glykolipide im Anschluss an die Fermentation untersucht, beispielsweise über Enzyme. Wichtige Parameter für den Fermentationsprozess sind optimierte Wachstumsbedingungen und eine hohe Produktbildungsrate. Außerdem soll die gewünschte Produktzusammensetzung mit möglichst wenig Verunreinigungen und Nebenprodukten erzielt werden. Hier versuchen wir, auch mittels Metabolic Engineering, das Produktspektrum der Mikroorganismen wie auch die Fermentationsbedingungen zu optimieren. Eine weitere Herausforderung ist die wirtschaftliche Aufarbeitung der Substanzen aus der Fermentationsbrühe. Viele Tenside sind zudem Schaumbildner, was den Fermentationsprozess stören kann und folglich kontrolliert werden muss.

## Vorteile von Biotensiden

Im Vergleich zu herkömmlich hergestellten Tensiden aus erdölbasierten Rohstoffen sind Biotenside bei häufig besseren Tensideigenschaften nur wenig toxisch, biokompatibel und biologisch abbaubar. Sie können zudem eine komplexere Struktur aufweisen und besitzen damit ein größeres Wirkungsspektrum. Viele Biotenside wirken antimikrobiell, was sie als Bestandteil von Reinigungsmitteln für die Haut interessant macht. Einige Biotenside sind gute Schaumbildner und binden Schmutz, weshalb sie in Duschgels, Shampoos oder Handspülmitteln vorkommen. Bioaktive Wirkungen auf menschliche Zellen machen Biotenside auch für den pharmazeutischen Bereich interessant.

## Biotensid-Varianten für Anwendungstests

Die MEL und CL werden je nach verwendetem Mikroorganismus in unterschiedlichen Varianten gebildet. Um möglichst viele dieser Varianten isolieren zu können, wurden bislang



11 Stämme auf ihr Produktspektrum untersucht. Gegenwärtig produzieren wir Mustersubstanzen von MEL und CL in kleinerem Maßstab für Anwendungstests innerhalb des Konsortiums. Dabei werden Produktkonzentrationen für MELs bis 100 g/L und für CL bis 33 g/L erzielt.

### Enzymatische Optimierung und Metabolic Engineering

Zur Erzeugung weiterer Tensidvarianten wurde ein von *P. aphidis* produziertes MEL-Gemisch mithilfe einer Lipase deacetyliert und das so erhaltene Produkt auf seine Tensidwirkung getestet. Auch von Cellobioselipiden wurden verschiedene Strukturvarianten mit veränderten Tensideigenschaften hergestellt. Über genomweite Untersuchungen eines besonders effizienten MEL-Produzenten mittels Parallelsequenzierungsverfahren konnten wir die für die MEL-Biosynthese notwendigen Gene identifizieren. Diese dienen nun als Blaupause für das Metabolic Engineering des Stammes mit dem Ziel, MEL-Varianten mit maßgeschneiderten Eigenschaften zu erhalten.

Zukünftige Arbeiten fokussieren auf die Maßstabsübertragung (Scale-up) der Fermentationsverfahren bis in den Kubikmeter-Maßstab und die entsprechenden Aufarbeitsverfahren.

- 1 *Einige Biotenside sind gute Schaumbildner.*
- 2 *Fermentative Synthese von Cellobioselipiden im 1-L-Bioreaktor.*
- 3 *Mannosylerythritollipide (MEL) setzen sich bei hohen Produktkonzentrationen als ölartige Perlen ab.*
- 4 *Cellobioselipide (CL) als nadelförmige Kristalle.*

### Kontakt



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

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

Günther, M.; Zibek, S.; Hirth, T.; Rupp, S. (2010) Synthese und Optimierung von Cellobioselipiden und Mannosylerythritollipiden. Chem. Ing. Tech. 82: 1215-1221

### Förderung

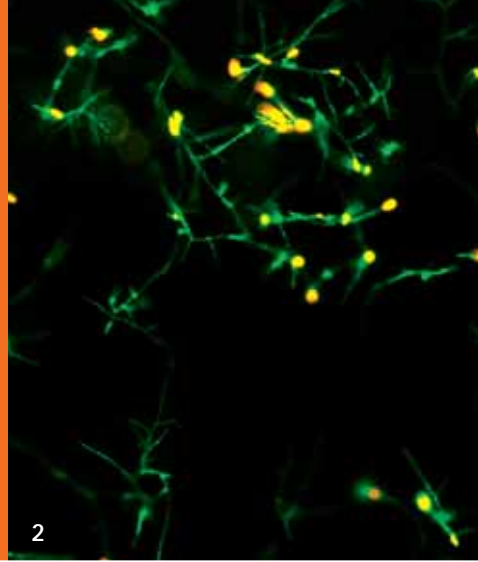
Wir danken dem BMBF für die Förderung des Projekts »BioSurf – Novel Production Strategies for Biosurfactants« im Rahmen des ERA-NET Industrial Biotechnology 2<sup>nd</sup> Joint Call (ERA-IB), Förderkennzeichen 0315928A, ERA-IB10.039.

### Projektpartner

Karlsruher Institut für Technologie KIT, Karlsruhe | c-LEcta GmbH, Leipzig | Flemish Institute for Technological Research, Mol, Belgien | Tormans Engineering Noord BVBA, Geel, Belgien | Ecover Belgium NV, Malle, Belgien | LISBP, Toulouse, Frankreich

### Weitere Informationen

www.biosurf.de



# MODELLGESTÜTZTE VERFAHRENS- ENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG VON BIOPROZESSEN

Dipl.-Ing. Tino Elter, Dipl.-Ing. Matthias Stier, Thilo Haitz M. Sc.

## Ausgangssituation

Ziel unserer Arbeiten im Bereich der industriellen Biotechnologie ist es, Bioprozesse mithilfe moderner Messtechnik und mathematischer Modellierung so detailliert wie möglich zu analysieren und zu beschreiben. Dies ermöglicht eine effiziente Prozessoptimierung und Übertragung des Prozesses vom Labor- in den Produktionsmaßstab, da Änderungen im Prozess am Computer vorausberechnet werden und so nur erfolgversprechende Ansätze experimentell validiert werden müssen. Ein solches Vorgehen spart Entwicklungszeit und Kosten und erhöht gleichzeitig das Prozessverständnis. Zusätzlich bieten sogenannte Software-Sensoren weiteres Potenzial zur Kosteneinsparung. Hierbei werden Offline-Prozessparameter wie Biomasse- und Produktkonzentration anhand von Online-Messgrößen, beispielsweise pH-Wert, Abgasdaten oder Verbrauch von Säure oder Base, geschätzt, was die Prozessüberwachung erheblich erleichtert und die Notwendigkeit von Probenahmen senkt.

## Vorgehensweise

Grundvoraussetzung für die Maßstabsübertragung (Scale-up) ist ein Versuchssystem, welches der Produktionsanlage in Ausstattung und Geometrie möglichst ähnlich ist. Daher arbeiten wir vorwiegend mit Mini-Bioreaktoren. In Form von Multifermentersystemen erlauben diese ein paralleles Screening verschiedener Stämme und Bedingungen. Durch Auswahl geeigneter Online-Mess- und Regelungstechnik ist es möglich, kritische Fermentationsparameter konstant zu halten und eine Datenbasis für eine mathematische Beschreibung des Produktionsprozesses zu generieren. So ist es uns gelungen, eine

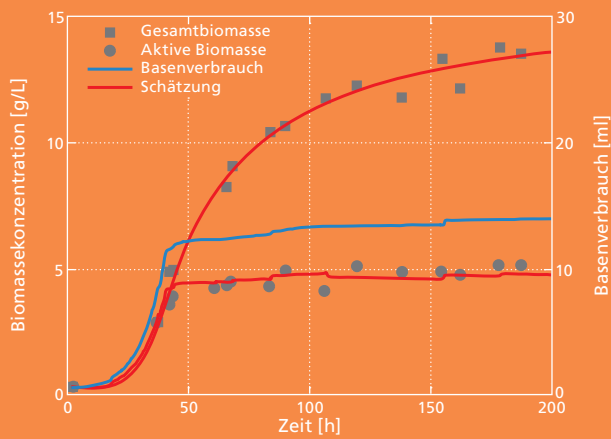
Echtzeitmessung flüchtiger Komponenten im Medium anhand eines am Fraunhofer ICT entwickelten Online-Massenspektrometers zu etablieren. Außerdem verfügen wir über Offline-Prozessanalytik, womit Substrat- und Produktkonzentrationen zeitnah bestimmt werden können. Auf Basis dieser Daten wird das Verhalten der Produktionsstämme mathematisch modelliert. Dies beinhaltet die Etablierung von Software-Sensoren bis hin zur mechanistischen Beschreibung der gesamten Fermentation.

## Screening von Mikroorganismen

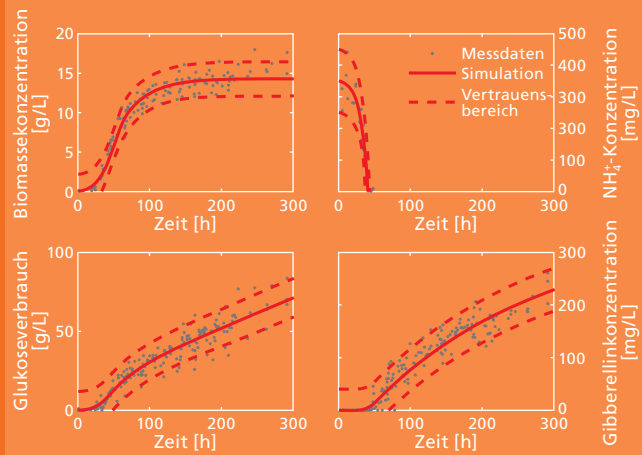
Die Auswahl eines geeigneten Produktionsstammes ist ein wesentlicher Bestandteil der Entwicklung von Bioprozessen, beispielsweise der Ethanolproduktion aus Lignocellulose. Verschiedene Ethanolproduzenten konnten unter Verwendung der Multifermentersysteme erfolgreich charakterisiert werden (Abb. 1). Wichtige Parameter waren hierbei die Ethanolproduktivität und -ausbeute, die Produktselektivität und die Hemmstofftoleranz der einzelnen Mikroorganismen.

## Prozessbeobachtung durch Online-Messtechnik

Das Online-Massenspektrometer konnte bereits für einen enzymkatalytischen Prozess zur gleichzeitigen Konzentrationsbestimmung mehrerer Stoffe in wässriger Lösung eingesetzt werden. Damit konnten Reaktionsverläufe mit einer Empfindlichkeit im unteren ppm-Bereich beobachtet werden. Derzeit wird das Massenspektrometer als Analysegerät in einem biotechnologisch genutzten Druckreaktor implementiert und optimiert, um biotechnologische Verfahren mit gasförmigen Substraten bzw. flüchtigen Produkten untersuchen zu können.



4



5

### Modellierung und Soft-Sensing

Ein Beispiel für die Anwendung von Software-Sensoren und Prozessmodellierung bietet das Gibberellin-Projekt, dessen Ziel die Produktion des Pflanzenhormons Gibberellin mithilfe des Pilzes *Fusarium fujikuroi* war. Ein generelles Problem bei Pilzfermentationen ist, dass nur ein Teil der gesamten Biomasse metabolisch aktiv ist. Zum einen sterben Hyphen während der Fermentation ab (Abb. 2), zum anderen lagert der Pilz Speicherstoffe ein, die die Biomasse erhöhen (Abb. 3). Die Konzentration aktiver Biomasse konnte erfolgreich anhand des Basenverbrauchs geschätzt werden (Abb. 4). Dies erlaubt schließlich die Berechnung anderer Prozessgrößen, beispielsweise von Substrat- und Produktkonzentrationen, direkt während der Fermentation. Darüber hinaus wurde ein mathematisches Modell auf Basis der Massebilanz und metabolischer Zusammenhänge entwickelt, welches die Biomasse-, Substrat- und Produktkonzentration vorhersagt. Abb. 5 zeigt die Verläufe von 19 Fermentationen und die entsprechende Simulation. Man sieht, dass das Modell die Messdaten sehr gut wiedergibt.

### Ausblick

Die Kombination aus Parallel-Fermentationstechnik, Online-Mess- und Regelungstechnik und mathematischer Modellierung bildet die Grundlage zum Verständnis eines biotechnologischen Prozesses und ermöglicht somit eine effiziente Prozessoptimierung und -übertragung in den Produktionsmaßstab. Ein solches Vorgehen wird vor allem im Bereich der pharmazeutischen Industrie gefordert. So startete die U. S. Food and Drug Administration 2004 die Initiative Process Analytical Technology, kurz PAT [1]. Die am Fraunhofer IGB durchgeführten Arbeiten zeigen, dass dies auch wegweisend für die weiße Biotechnologie ist.

- 1 Screening verschiedener Ethanolproduzenten im Multifermenter.
- 2 Mikroskopaufnahme intakter (grün) und beschädigter Zellen (rot).
- 3 Zellen mit Lipideinlagerung.
- 4 Schätzung der Biomassekonzentration anhand des Basenverbrauchs.
- 5 Modellierung der Gibberellinproduktion mit *Fusarium fujikuroi*.

### Kontakt



**Dipl.-Ing. Tino Elter**  
 Telefon +49 3461-43 9118  
 tino.elter@igb.fraunhofer.de



**Dr. Wolfgang Krischke**  
 Telefon +49 711 970-4218  
 wolfgang.krischke@igb.fraunhofer.de

### Literatur

[1] U. S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration (2004) Guidance for Industry PAT – A Framework for Innovative Pharmaceutical Development, Manufacturing and Quality Assurance, <http://www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/OfficeofMedicalProductsandTobacco/CDER/ucm088828.htm>

### Förderung

Wir danken der Allianz Industrie Forschung AiF (eingetragen als Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e. V.) für die Förderung des Gibberellin-Projekts, IGF-Vorhaben Nr. 16001 N, dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts DLR@UniST und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Gewährung von Promotionsstipendien.

### Projektpartner

Institut für Biologie und Biotechnologie der Pflanzen, AG Molekularbiologie und Biotechnologie der Pilze, Westfälische Wilhelms-Universität Münster





# UMWELT

Dipl.-Ing. Siegfried Egner

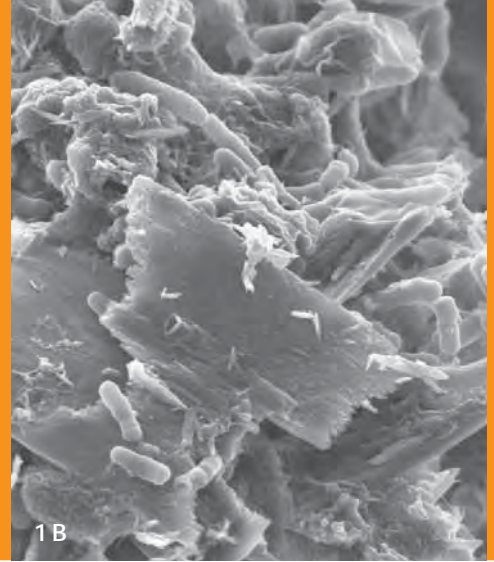
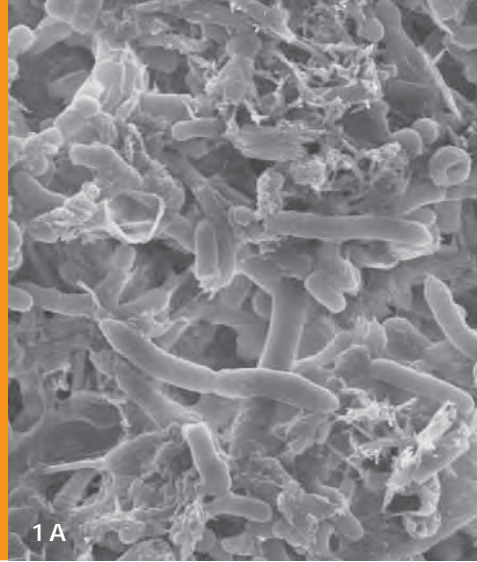
Vor dem Hintergrund der weltweiten Diskussion über den Treibhauseffekt und die Ressourcenverknappung kommt dem ressourcenschonenden Wirtschaften und dem Schutz der Umwelt eine immer größere Bedeutung zu. Ressourcenschonendes Wirtschaften und Umweltschutz sind interdisziplinäre Aufgaben und erfordern 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 störende Einflüsse auf die Umwelt 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 Rohstoffe zu schonen, indem Materialien recycelt und erneuerbare Rohstoffe genutzt werden. 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 Reinigungstechnik, Bau und SysWasser sowie in der nationalen Technologieplattform SusChem Deutschland engagiert und auch international, insbesondere innerhalb Europas, hervorragend vernetzt.



# MOLECULAR SORTING – RÜCKGEWINNUNG VON METALLEN

Dr. rer. nat. Thomas Schiestel, Dr. rer. nat. Iris Trick, Alexander Karos M. Sc.

## Abfälle als Rohstoffquelle

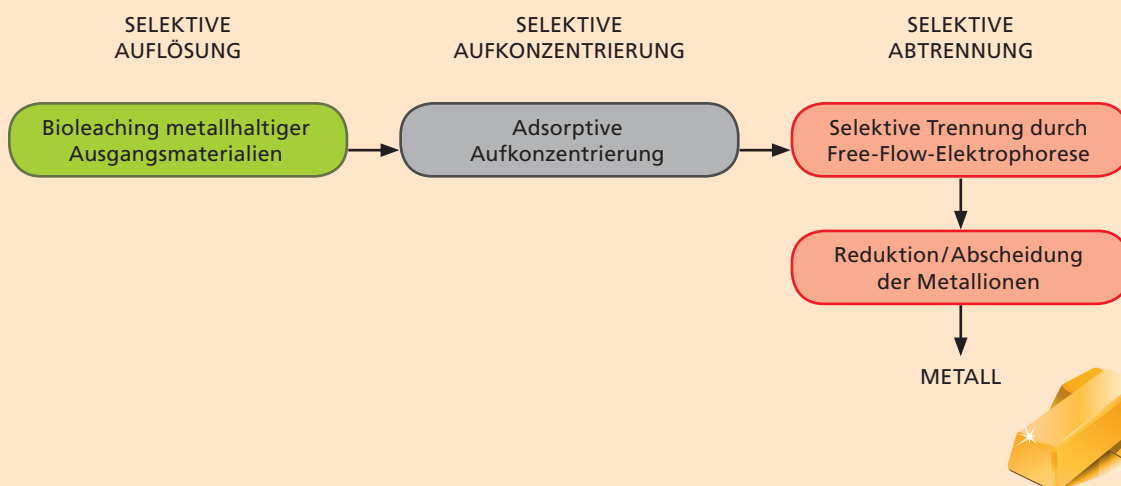
Das Recycling von Rohstoffen, insbesondere Sondermetallen, ist aufgrund ihres Werts (Edelmetalle), ihrer Verfügbarkeit (Seltene Erden) oder ihrer Toxizität (Schwermetalle) von hoher Bedeutung, sowohl für die industrielle Produktion als auch für die Umwelt. Prozess- und Abwasserströme, z. B. aus Laugungsbädern der Galvanikindustrie, oder auch Deponiesickerwässer können signifikante Mengen an gelösten Metallen enthalten. Auch bei der Aufarbeitung von Feststoffen wie Elektronikschrott oder von Aschen aus Verbrennungsprozessen kann das Lösen von Metallen (Leaching) in Bioreaktoren (Bioleaching) eine effiziente Methode darstellen, diese in eine wässrige Lösung zu überführen. Anschließend sind weitere

Prozesse, wie Aufkonzentrierung, Trennung und Abscheidung notwendig, um ein verwertbares Metall zu gewinnen. Die Ausgestaltung dieser Prozessschritte entscheidet über die Effizienz und Nachhaltigkeit des Prozesses.

## Bedarf an neuen Technologien

Mit den heute verfügbaren Technologien ist eine ökonomische und ökologische Effizienz im industriellen Maßstab nur eingeschränkt möglich, insbesondere wenn die Konzentrationen der Metallionen in der Lösung nur gering sind. Es existieren zwar Technologien, einzelne Metalle gezielt aus einer Lösung abzutrennen, diese Technologien sind aber in der Regel sehr kostenintensiv, weder umweltverträglich noch universell

### Prozesskette für eine effizientere Rückgewinnung von Metallen





einsetzbar. Zudem reicht ihre Trenngenauigkeit nicht aus, um eine Qualität wie die des Primärrohstoffs zu erzielen. Zur Schließung von Stoffkreisläufen innerhalb von Produktionen und im Recycling besteht daher ein großer Bedarf, neue Technologien zu entwickeln, die effizient, einfach zu integrieren und flexibel auf verschiedene Gruppen von Metallen anwendbar sind.

### Prozessschritte und integriertes Gesamtkonzept

Aufbauend auf dem im IGB vorhandenen mikrobiologischen, trenntechnischen [1, 2] und elektrophysikalischen Know-how entwickelt das Fraunhofer IGB im Übermorgen-Projekt »Molecular Sorting« neue Technologien für die Rückgewinnung von Metallen. Hierzu werden die Technologien Bioleaching (um die Metalle in Lösung zu bringen), Adsorption und Membranfiltration (zur Aufkonzentrierung der gelösten Metallionen), elektrophoretische Trennung und die Anwendung ionischer Flüssigkeiten für elektrolytische Prozesse (zum Fraktionieren und galvanischen Abscheiden der Metalle) untersucht, weiterentwickelt und in einen Gesamtprozess integriert.

### Ausgewählte Referenzsubstanzen

Als Referenzstoffe für die Entwicklung wurden die folgenden Stoffe exemplarisch ausgewählt:

- Edelmetalle: Gold, Silber, Kupfer, Palladium
- Seltene Erden: Neodym
- Toxische Metalle: Blei, Quecksilber.

Dabei waren sowohl wirtschaftliche Kriterien (wirtschaftliche Bedeutung, Reichweite) als auch ökologische Gründe (Toxizität, Verbreitung) ausschlaggebend.

1 A: Mikrobielle Mischpopulation auf Wertstoffpartikeln.

B: Präzipitation der Metalle.

2 Prozesskette für eine effizientere Rückgewinnung von Metallen.

3 Bioleaching.

### Bioleaching

Wechselwirkungen von metallischen Oberflächen mit Mikroorganismen werden in der Regel erst wahrgenommen, wenn sie über Biokorrosion Schäden verursachen. Die gleichen Prozesse können genutzt werden, um Metallionen aus Werkstoffen herauszulösen und einer Aufarbeitung zugänglich zu machen. Ohne die Hintergründe zu kennen, wandten Menschen bereits vor Jahrhunderten mikrobiologische Verfahren an, um Metalle wie Kupfer aus natürlichen Vorkommen zu gewinnen. Im Themenbereich Bioleaching werden mikrobielle Populationen angereichert mit dem Ziel, sie in technischen Verfahren zur Rückgewinnung von Metallen aus industriellen Abfällen, Konsumgütern oder Prozesswässern anzureichern.

Für das Bioleaching wurden am Fraunhofer IGB zwei Verfahrensansätze entwickelt:

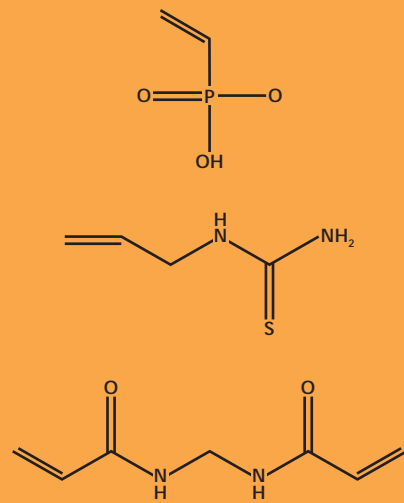
- Anaerobes Verfahren
- Aerobes Verfahren

Die Bioleachingverfahren wurden an metallischen Wertstoffen sowie an Altholz und Bahnschwellen erprobt und zunächst im Labormaßstab etabliert. Im ersten Verfahrensschritt wurden geeignete mikrobielle Mischpopulationen angereichert, mit denen erfolgreich Metallionen aus partikulärem Ausgangsmaterial solubilisiert wurden. Abb. 1A zeigt exemplarisch eine Mikropopulation aus verschiedenen Bakterienarten, die sich auf dem Ausgangsmaterial (Metallspäne) angesiedelt hat. Der Prozess der Metallauflösung wurde analytisch mittels ICP-Spektroskopie bewertet. Insbesondere aus Altholz und Bahnschwellen wurden erhebliche Mengen an Mangan, Nickel, Eisen, Kupfer, Zink und Titan gelöst. Eine Präzipitation der Metalle in der Suspension wurde ebenfalls nachgewiesen (Abb. 1B).

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde die Konzeption für einen technischen Prozess erarbeitet. Diese sieht für das Bioleaching-Verfahren einen Festbettreaktor vor, der mit einer Biomasserückführung für eine ausreichend hohe Katalysatordichte sorgt.



4



### Aufkonzentrierung

Um die Abtrennung von Metallionen aus niedrig konzentrierten Metall-Lösungen zu realisieren, werden Adsorbiermaterialien entwickelt, die die selektive Adsorption von Metallionen aus wässrigen Lösungen ermöglichen. Hierzu verfolgen wir zwei unterschiedliche Konzepte.

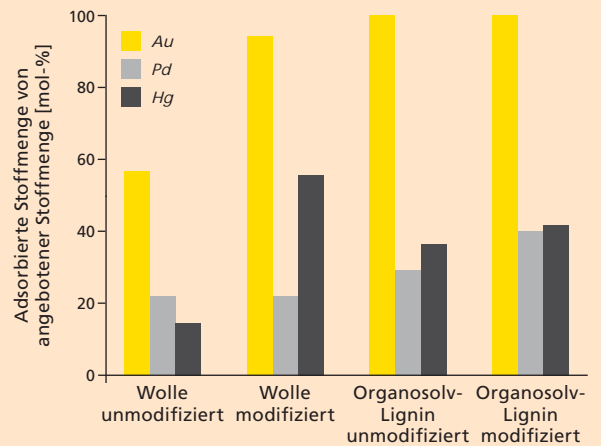
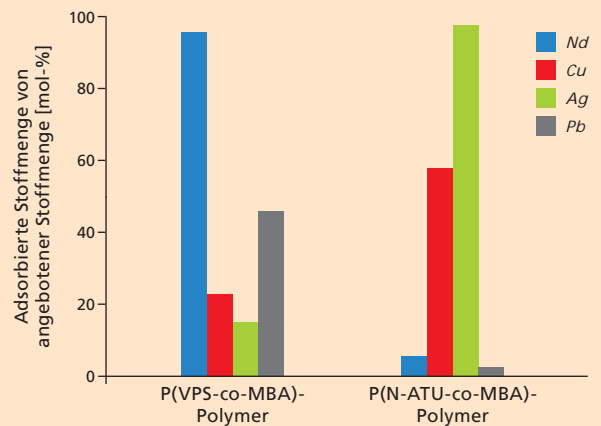
#### Adsorber auf Polymerbasis

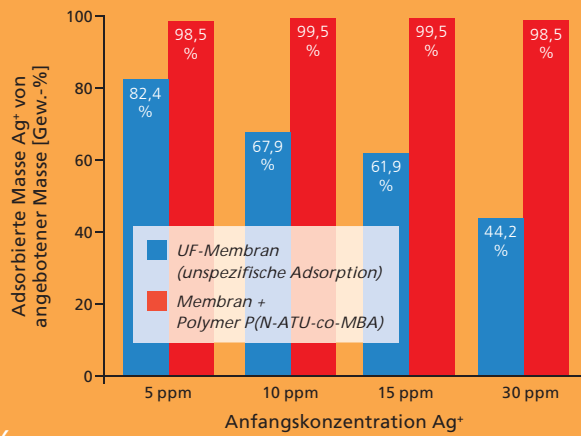
Um geeignete funktionelle Gruppen für die spezifische Adsorption von Metallionen zu finden, wurde ein Screening mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen durchgeführt. Anhand dieser Ergebnisse wurden Polymere mit denjenigen funktionellen Gruppen synthetisiert, die die besten Adsorptionseigenschaften gegenüber bestimmten Metallen aufwiesen. In Abb. 4 sind exemplarisch zwei der eingesetzten Monomere (oben und Mitte) sowie der eingesetzte Vernetzer (unten) abgebildet.

#### Adsorber aus nachwachsenden Rohstoffen

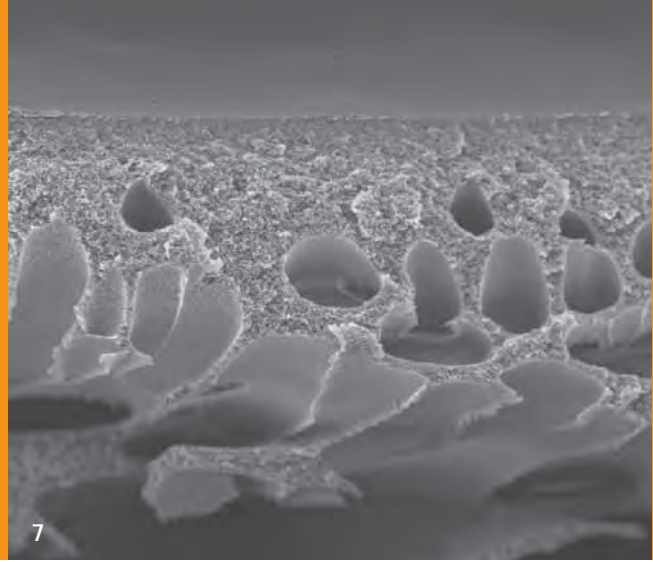
Als nachwachsende Rohstoffe wurden Lignin und Schafwolle ausgewählt. Die beiden Stoffklassen Lignin und Keratin besitzen einerseits bereits eine hohe Dichte an funktionellen Gruppen, andererseits stellen sie eher Abfallstoffe dar und sind daher gut verfügbar. Diese Stoffe wurden im unbehandelten als auch im modifizierten Zustand bei Adsorptionsversuchen eingesetzt.

5





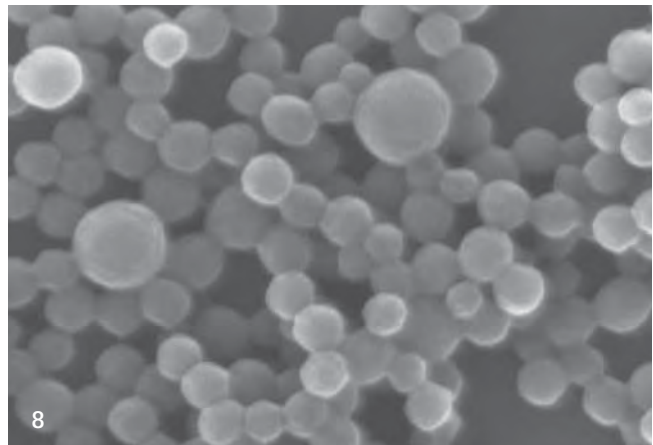
6



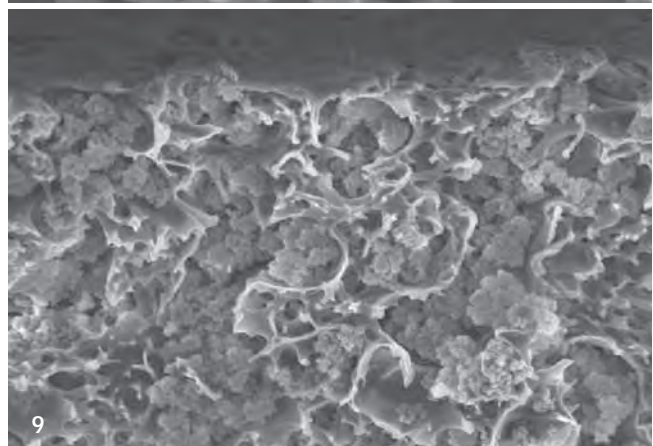
7

In Abb. 5 sind Ergebnisse von Adsorptionsversuchen dargestellt, in denen die Selektivität der Adsorber bestimmt wird. Hierzu werden die Adsorber mit einer wässrigen Lösung in Kontakt gebracht, in welcher sich verschiedene Metalle gleicher molarer Konzentration befinden. In Abb. 5 ist im oberen Diagramm deutlich zu erkennen, dass die synthetisierten Polymere stark unterschiedliche Selektivitäten aufweisen. Das P(VPS-co-MBA)-Polymer adsorbiert bevorzugt Neodym, gefolgt von Blei. Das P(N-ATU-co-MBA)-Polymer hingegen adsorbiert bevorzugt Silber, gefolgt von Kupfer. Das Diagramm in Abb. 5 unten zeigt das Adsorptionsverhalten von Schafwolle und Lignin. Es ist zu sehen, dass die Schafwolle nach einer Modifikation deutlich mehr Gold und Quecksilber adsorbiert. Lignin adsorbiert bevorzugt Gold.

Im Sinne einer Prozessintensivierung soll im Projekt die Adsorption mit einer Membrantrennung kombiniert werden. Hierzu wurde für das Polymer P(N-ATU-co-MBA) eine sogenannte Polymer Enhanced Ultrafiltration (PEUF) durchgeführt, bei der eine Silberlösung mittels einer UF-Membran filtriert und dann überprüft wurde, wie viel Silber zurückgehalten wurde. Das Ergebnis dieses Versuchs ist in Abb. 6 dargestellt. Zum Vergleich wurde der Filtrationsprozess nochmals unter Zugabe des Polymers durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass durch die Zugabe des Polymers (rote Balken), auch bei Erhöhung der Silberkonzentration in der Lösung, mehr Silber durch die Adsorption am Polymer zurückgehalten wurde als im Vergleich zur UF-Membran (blaue Balken). Die Adsorber sollen auch direkt in Membranen eingebunden werden. So wurde unter anderem Lignin bei der Herstellung von Membranen eingesetzt, indem es zu einer Polymerausgangslösung hinzugemischt wurde (Abb. 7). Die Polymeradsorber wurden außerdem in partikulärer Form in Membranen eingebaut (Abb. 8 und 9). Es konnte gezeigt werden, dass die Adsorptionseigenschaften der Materialien beim Einbau in einen Membranadsorber erhalten bleiben.



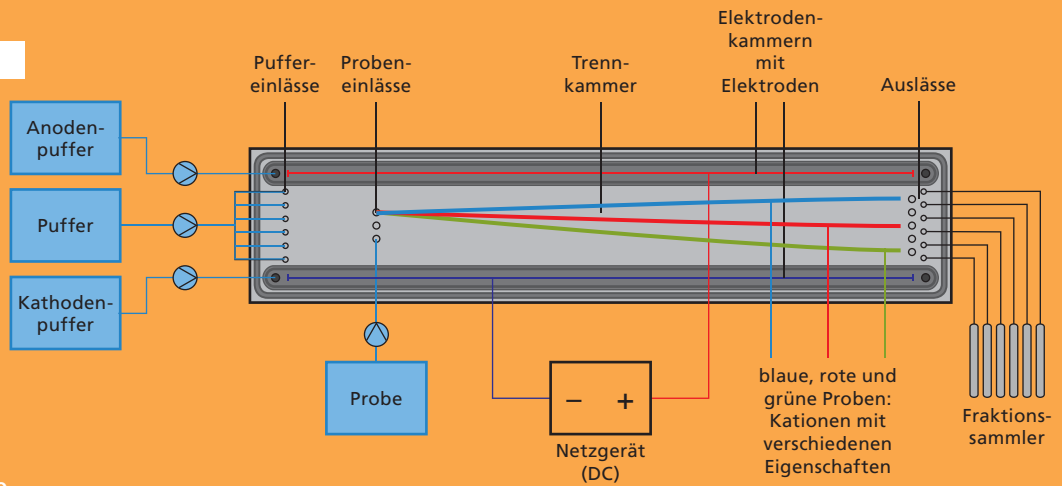
8



9

- 4 Vinylphosphonsäure, N-Allylthiourea, N,N'-Methylenbisacrylamid (von oben).
- 5 Ergebnisse von Adsorptionsversuchen zur Bestimmung der Selektivität.
- 6 Polymer Enhanced Ultrafiltration (PEUF).
- 7 Ligningefüllte Membranen.
- 8 Polymernanopartikel mit Phosphonsäuregruppen auf der Oberfläche für die selektive Anbindung von Metallionen.
- 9 Membranadsorber gefüllt mit funktionellen Polymernanopartikeln.





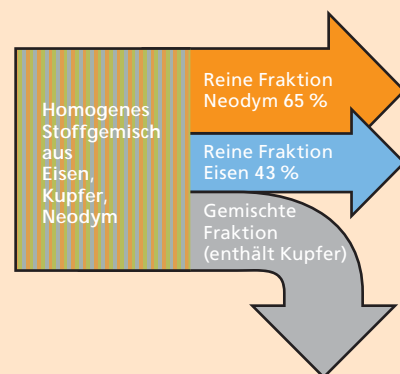
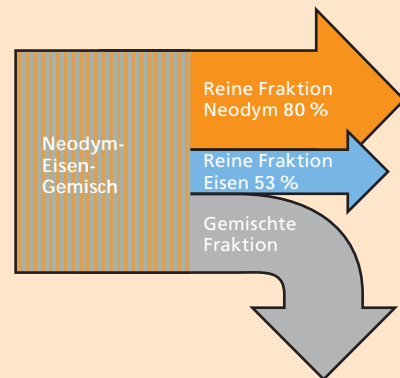
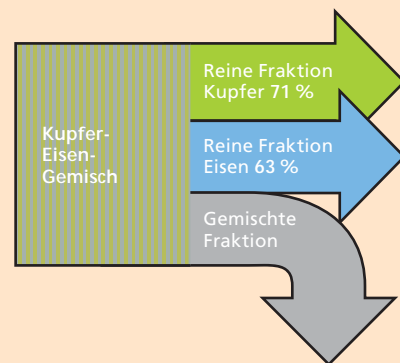
10

### Elektrophysikalische Verfahren

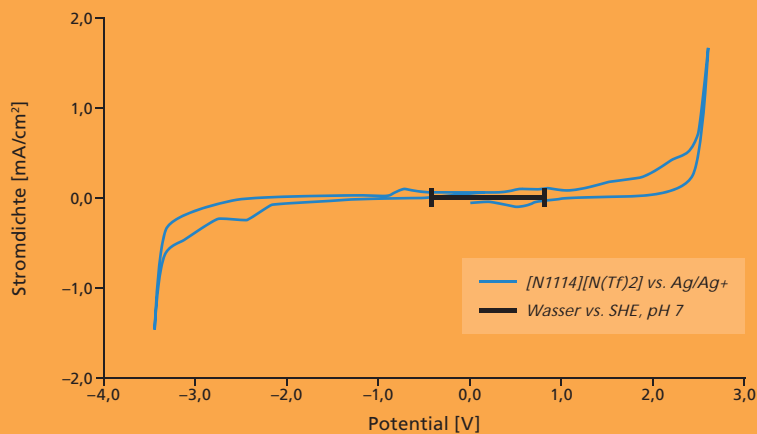
Zur Fraktionierung und anschließenden Abscheidung der verschiedenen Metallionen als metallischer Feststoff entwickeln wir bevorzugt elektrophysikalische Verfahren wie die Elektrophorese und die galvanische Abscheidung weiter. Zur Trennung von unterschiedlichen Metallionen in Lösung wurde ein Laborprototyp entwickelt, der nach dem Prinzip einer Free-Flow-Elektrophorese (Abb. 10) arbeitet. Das Verfahren ermöglicht die Trennung auch solcher Metallionen, die aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften sehr ähnlich sind und sich daher mit herkömmlichen Technologien nur bedingt trennen lassen (z. B. Ionen der Seltenen Erden).

Die bisherigen Versuche bestätigten die Machbarkeit einer Fraktionierung mit hoher Trennschärfe von Metallionen. Hierbei wurden beispielhaft die Metallionengemische Kupfer-Eisen, Neodym-Eisen und das Dreistoffgemisch Eisen-Kupfer-Neodym getrennt (Abb. 11). Bei den Zweistoffgemischen konnten wir durch eine einmalige Kreislaufführung die Reinheit der Fraktionen bereits auf über 90 % erhöhen. Um die Effizienz weiter zu steigern, wurden Komplexbildner verwendet, was zu einer nahezu vollständigen Trennung der Stoffgemische führte. Für nachfolgende Versuche ist eine Übertragung des gezeigten Trennerfolgs auf weitere Stoffsysteme vorgesehen.

Für die auf die Fraktionierung folgende Abscheidung von Seltenen Erden und anderen Metallen wurden geeignete ionische Flüssigkeiten als elektrochemisch stabile Elektrolyte ausgewählt. Zur Erprobung der Anwendung wurde ein Versuchsaufbau inklusive eines Reaktorsystems entwickelt. Erste Experimente zur Untersuchung der Stabilität der ausgewählten ionischen Flüssigkeiten konnten erfolgreich durchgeführt werden und zeigen ein im Vergleich zu Wasser sehr breites elektrochemisches Fenster (Abb. 12).



11



12

### Ausblick

Ziel des Recyclings von Stoffen als Sekundärrohstoffe ist die effiziente Bereitstellung in originaler Rohstoffqualität. Für die industrielle Umsetzung genügt es nicht, nur einzelne Prozessstufen bereitzustellen. Vielmehr ist eine schlüssige Prozesskette für ein integriertes Recyclingkonzept von Metallen gefragt. Die Arbeiten am Fraunhofer IGB werden gemeinsam mit Industriepartnern im Technikum qualifiziert, in der Praxis validiert und mit Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit durch Life Cycle Assessments verifiziert.

- 10 *Free-Flow-Elektrophorese-Anlage (FFE).*
- 11 *Trennung verschiedener Metallionen mittels FFE (alle Angaben beziehen sich auf die eingesetzte Ausgangsmenge).*
- 12 *Cyclovoltamogramm – Vergleich des elektrochemischen Fensters von einer ionischen Flüssigkeit mit dem von Wasser.*

### Kontakt



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



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



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

### Literatur

- [1] Bach, M.; Niedergall, K.; Schiestel, T.; Tovar, G. (2013) Nanostructured composite adsorber membranes for the reduction of trace substances in water: The example of bisphenol A, Industrial & Engineering Chemistry Research (submitted)
- [2] Niedergall, K.; Hänel, C. et al. (2012) Recovery of metal ions from high diluted solutions or complex mixtures by membrane processes, EUROMEMBRANE, London, United Kingdom

### Förderung

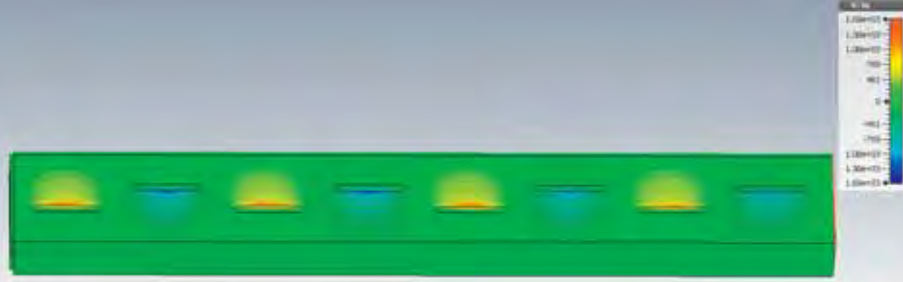
Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Molecular Sorting for Resource Efficiency« im Rahmen des Programms »Märkte von Übermorgen«.

### Projektpartner und weitere Informationen

[www.molecular-sorting.fraunhofer.de](http://www.molecular-sorting.fraunhofer.de)



1



2

## RECYCLING VON HOLZ- UND KUNSTSTOFFABFÄLLEN MIT ELEKTROMAGNETISCHEN FELDERN

Ali Imran Javaid M. Sc.

### Elektromagnetische Felder in der Verfahrenstechnik

Der Eintrag von Energie durch hochfrequente elektromagnetische Felder wird in zahlreichen industriellen Prozessen eingesetzt. Das als »Electromagnetic Processing of Materials« (EPM) [1] bezeichnete Vorgehen ermöglicht einen sehr schnellen und kontrollierten Eintrag von Energie in Materialien. Insbesondere der homogene Eintrag über das ganze Materialvolumen, auch als volumetrische Erwärmung bezeichnet, ergibt eine sehr gute Effizienz im Vergleich zu Verfahren, die auf der Erwärmung durch Konvektion oder Wärmeleitung beruhen [2].

Die Wechselwirkung der elektromagnetischen Felder mit Medien erfolgt mittels verschiedener Effekte wie der Lorentz- und Kelvinkraft sowie diamagnetischer Kräfte. Durch eine Steuerung dieser Wechselwirkungen können Materialien kontrolliert bearbeitet oder verändert werden. Damit dabei die Mikrostruktur der zu erwärmenden Medien nicht beeinträchtigt wird [1], müssen die grundlegenden Zusammenhänge dieser Wechselwirkungen für die jeweilige Anwendung untersucht und berücksichtigt werden.

### Elektromagnetische Felder für das Recycling

Die Anwendung elektromagnetischer Felder bietet nicht nur wirtschaftliche Vorteile, sondern hilft, den ökologischen Fußabdruck auf der Erde zu verringern. Hierfür ist das von der EU geförderte Projekt FurnitReUse ein hervorragendes Beispiel. Projektziel ist es, eine nachhaltige Verwertungstechnologie für häusliche Holz- und Kunststoffabfälle unter Nutzung elektromagnetischer Felder zu entwickeln: Das Projekt bietet einerseits eine Lösung für die Verwertung der Abfälle, andererseits liefert die elektromagnetische Verarbeitung dieser Abfälle ein neuartiges, umweltfreundliches Material.

### Holz- und Kunststoffabfälle aus Haushalt und Büro

Jedes Jahr fallen in europäischen Haushalten tausende Tonnen ausrangierter, zu entsorgender Holzmöbel, Spanplatten und Paneele an. In der Regel werden sie heute verbrannt, je nach nationaler Gesetzgebung können sie aber auch deponiert werden. Auch für Kunststoffe in Desktop-Computern, Bildschirmen und Peripheriegeräten gibt es – außer der Entsorgung in Deponien oder Verbrennungsanlagen nach Aussortierung der Metall- und Elektronikkomponenten – bisher nur wenige Technologieansätze für eine werkstoffliche Verwertung. Aufgrund des wachsenden Aufkommens dieser Abfälle erfordert der »Stand der Technik« vielmehr zusätzliche Depo-niefläche oder trägt, im Falle der Verbrennung, zur globalen Erwärmung durch die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid bei. Insbesondere bei der Verbrennung lackierter oder anderweitig oberflächenbehandelter Platten wird eine hochwertige Anlagentechnik benötigt, um die Freisetzung von Schadstoffen zu vermeiden.

### Elektromagnetisches Aufarbeitsverfahren

Im Projekt FurnitReUse wurde ein innovatives elektromagnetisches Verfahren entwickelt, um diese Abfälle unter kontrollierten Bedingungen in einem geschlossenen Reaktor mit integrierter und mittels Sensoren automatisierter Steuerung zu einem neuen Verbundwerkstoff aufzuarbeiten. Die geschredderten und vermahlenden Holz- und Kunststoffabfälle werden vermischt, in einer Prozesskammer mit Mikrowellen in einem elektromagnetischen Feld kontrolliert erwärmt und anschließend zu Platten oder anderen Formen verpresst. Für die Aktivierung oder Regulierung des Prozesses werden keinerlei Zusatzstoffe benötigt. Dies macht das Verfahren umweltfreundlich und kostengünstig.





Die Messung der dielektrischen Daten sowie die Modellierung, Simulation und Auslegung des Reaktors und der Antennen erfolgte am Fraunhofer IGB. Zur kontrollierten Abstrahlung der Mikrowellen wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht. Je nach Größe des Systems in einer späteren großtechnischen Anlagenkonstruktion kann die Abstrahlung entweder direkt mittels Hohlleiter erfolgen, wobei das Magnetron direkt und ohne Antenne in den Reaktor strahlt – oder die Abstrahlung erfolgt indirekt durch die Verteilung über eine Antenne, wobei das Magnetron die Energie auf eine Antenne überträgt und diese Antenne sie dann in den Reaktor verteilt. Für den industriellen Prototyp des FurnitReUse-Reaktors haben wir uns für eine Schlitzhohlleiterantenne entschieden.

Erste Untersuchungen des neuartigen Verbundwerkstoffs bestätigten die erwarteten physikalischen und mechanischen Materialeigenschaften hinsichtlich Stabilität und weiterer für die Nutzung relevanter Eigenschaften, beispielsweise eine schalldämmende Wirkung. Das neue Produkt kann auch am Ende seines Lebenszyklus ohne Beeinträchtigung der Eigenschaften wieder aufbereitet werden.

### Ausblick

Für das neuartige, unter Nutzung elektromagnetischen Energieintrags hergestellte Kompositmaterial, für das alle recyclingfähigen Kunststoffe verwertet werden können, sind verschiedene Anwendungen denkbar. Aufgrund der schallisolierenden Wirkung könnten beispielsweise Lärmschutzwände daraus hergestellt werden. Eine andere Möglichkeit sind Paletten für das Transportwesen, um die derzeit üblichen Holzpaletten zu ersetzen. Die hier vorgestellte Technologie hat das Potenzial, für die Abfallentsorgung einen weiteren neuen Weg hin zu einer umweltfreundlicheren, nachhaltigeren Kreislaufwirtschaft anzubieten und kleinen und mittelständischen, im Recycling tätigen Unternehmen ein zusätzliches Standbein zu verschaffen.

### Kontakt



**Ali Imran Javaid M. Sc.**  
Telefon +49 711 970-3628  
ali.imran.javaid@igb.fraunhofer.de



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

### Literatur

- [1] Molokov, S.; Reilly, C.; Lion, Y.; Caciuffo, R. (2005) Electromagnetic Processing of Materials, 161<sup>st</sup> CSO Meeting, 15–16 March 2005 <http://www.robertus.staff.shef.ac.uk/cost-p17-epm/P17-e.pdf>
- [2] Baake, E. (2012) Technologies for the Electromagnetic Processing of Materials, Energy and Carbon savings

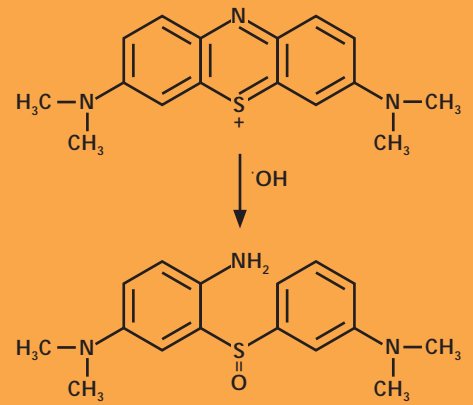
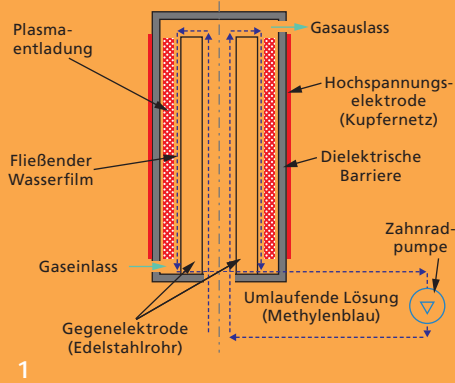
### Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »FurnitReUse« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 262337.

### Projektpartner und weitere Informationen

<http://furnitreuse.polsl.pl>

- 1 *Reaktorsystem mit integrierter Steuerung zur Herstellung von Kompositmaterialien aus Holz- und Kunststoffabfällen.*
- 2 *Am Fraunhofer IGB entwickelte Schlitzhohlleiterantenne mit der im Vorfeld durchgeführten numerischen Simulation.*
- 3 *Zerkleinerte Kunststoff- und Holzabfälle.*



# PLASMACHEMISCHER ABBAU ORGANISCHER SCHADSTOFFE AUS WASSER

Dr. rer. nat. Michael Müller

## Ausgangssituation

Trinkwasser ist als Ressource nur begrenzt verfügbar. Gleichzeitig ist seit Beginn der Industrialisierung der weltweite Wasserverbrauch massiv gestiegen und wird mit der stürmischen technischen Entwicklung in Asien weiter zunehmen. Die Verfügbarkeit von Wasser in Trinkwasserqualität, vor allem um eine wachsende Weltbevölkerung mit sauberem Wasser zu versorgen, ist heute eine globale Herausforderung. Die Verbesserung des Wassermanagements und insbesondere effiziente Verfahren zur Wiederaufbereitung von Abwässern gewinnen aus diesem Grunde an Bedeutung.

## Herkömmliche Abwasserreinigung

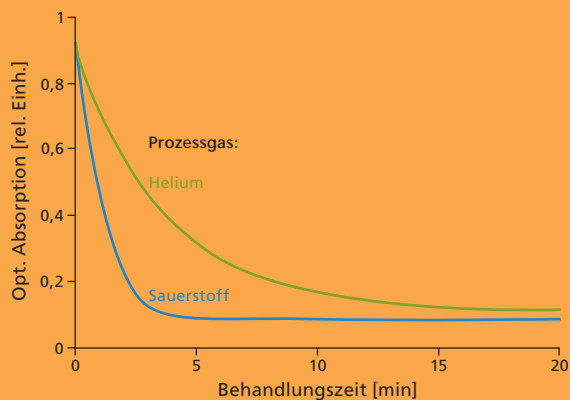
Die im Abwasser enthaltenen Schadstoffe werden konventionell in zentralen Kläranlagen nach Abtrennung des Feststoffanteils durch biologische und chemische Verfahren entfernt. Zunehmend bereiten jedoch solche Stoffe Sorgen, die biologisch nur schwer abbaubar sind. Dazu gehören zum Beispiel Medikamente im Abwasser von Krankenhäusern und Seniorenheimen, organische Halogenverbindungen und Cyanide aus Industrieanlagen oder in der Landwirtschaft eingesetzte Pestizide. Zur Entfernung dieser Verbindungen können physikalisch-chemische Verfahren wie erweiterte Oxidationsprozesse (Advanced Oxidation Processes, AOP) mit Ozonierung, UV-Strahlung oder die Zugabe von Eisensalzen in Kombination mit Wasserstoffperoxid angewandt werden. Diese Reinigungsverfahren benötigen jedoch zumeist chemische Zusätze, die als Gefahrstoff gelten und zu entsorgen sind.

## Plasmaverfahren zur Wasserreinigung

Die Verwendung von Atmosphärendruckplasmaverfahren könnte hier eine umweltschonende und kostengünstige Alternative darstellen. In einem Plasma werden durch Anlegen einer Hochspannung einfach aus der umgebenden Luft und dem Luftsauerstoff Ionen, hochreaktive Radikale und kurzwellige Strahlung gebildet, die die Abwasserinhaltsstoffe abbauen. Damit entfällt der Einsatz von Chemikalien und deren Entsorgung. Ziel eines von der EU geförderten Projekts war daher, ein Plasmaverfahren für die Reinigung von Wasser und einen dafür geeigneten Plasmareaktor zu entwickeln.

## Neuartiger Plasmareaktor

Die Konstruktion des Plasmareaktors berücksichtigt, dass eine effektive Übertragungsrate der im Plasma gebildeten hochreaktiven Spezies in das mit Schadstoffen belastete Wasser gewährleistet ist. Dies wird dadurch realisiert, dass das Plasma in direktem Kontakt mit einem fließenden Wasserfilm gebildet wird (Abb. 1). Das zu reinigende Wasser fällt entsprechend der Schwerkraft direkt auf der äußeren Oberfläche einer geerdeten Elektrode (Edelstahlzylinder) durch die Plasmazone. Es ist ein entscheidender Vorteil des Plasmaverfahrens, dass die behandelte (Wasser-)Oberfläche ständig erneuert wird und somit nicht, wie bei der klassischen UV-Reinigung, verschmutzt und sich mit Kontaminationen zusetzt, die die Effizienz von Systemen normalerweise schnell einschränken. Eine aufwendige Reinigung der Oberflächen zur Entfernung von Biofilmen und anderen Oberflächenkontaminationen entfällt mit dem Plasma-Wasserreinigungsverfahren. Im Plasma werden unter anderem Hydroxyl-Radikale gebildet, die in das Wasser übertreten und mit ihrem hohen Oxidationspotenzial darin gelöste Schadstoffe bis zur Mineralisierung zersetzen können (Abb. 3).



4

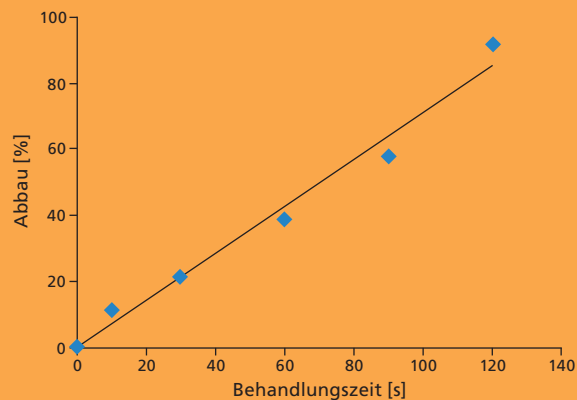
### Energieeffizienter und effektiver Abbau

Ein Verfahren zum Effizienzvergleich fortgeschrittener Oxidationsprozesse ist die Messung des Energieaufwands, der zur Entfärbung von Methylenblau um eine Größenordnung benötigt wird [1]. Mit dem Plasmaverfahren erreichen wir 4 g/kWh (Abb. 4). Dieser Wert ist um nahezu eine Größenordnung besser als die mit einer UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Behandlung bei Methylenblau gemessene Energieeffizienz [2]. In einer anderen Anwendung der Wasserplasmamethode wurde im Projekt gezeigt, dass Cyanid (Abb. 5) innerhalb von 2 Minuten um 90 % abgebaut wird [3].

### Ausblick

Das Plasmaverfahren zur Wasserdekontamination hat im Gegensatz zu etablierten fortgeschrittenen Oxidationsprozessen keine Barriere zwischen Plasma und dem zu reinigenden Medium. Es ist dadurch nahezu wartungsfrei und zeichnet sich durch eine hohe Standzeit aus. So wird auch ohne Eintrag von Gefahrstoffen wie Wasserstoffperoxid oder Ozon ein hervorragender Wirkungsgrad erreicht. Als Ergebnis des Projekts steht ein Demonstrator zur Verfügung, der für die Reinigung größerer Mengen von kontaminiertem Wasser (240 L/h) geeignet ist. Im Moment werden weitere Anwendungsmöglichkeiten für das Verfahren untersucht.

- 1 Schematischer Aufbau eines Plasmareaktors zur Wasserreinigung.
- 2 Versuchsaufbau eines Plasmareaktors zur Wasserreinigung.
- 3 Die im Plasma gebildeten Hydroxylradikale zersetzen den Farbstoff Methylenblau.
- 4 Abbaukinetik von 5 mg/L Methylenblau (Wirkungsgrad<sub>90% Reduktion</sub> von 4 g/kWh).
- 5 Abbau von 1 mg/L Cyanid in Wasser durch Plasmabehandlung.



5

### Kontakt



**Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Schikora**

Telefon +49 711 970-4144

hendrik.schikora@igb.fraunhofer.de



**Dr. Michael Haupt**

Telefon +49 711 970-4028

michael.haupt@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Malik, M. A. (2010) Water purification by plasmas: Which reactors are most energy efficient?, Plasma Chem Plasma Proc. 30: 21–31
- [2] Siemens Industry (2011) New actinometry procedure for industrial UV applications, [http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/fairs/siww/water-convention/Documents/09\\_Postter\\_New-Actinometry-Procedure.pdf](http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/fairs/siww/water-convention/Documents/09_Postter_New-Actinometry-Procedure.pdf)
- [3] Valsero, M. H.; Molina, R.; Schikora, H.; Müller, M.; Bayona, J. M. (2013) Removal of cyanide from water by means of plasma discharge technology, Water Research 47: 1–7

### Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Forschungsprojekts »Water decontamination technology for the removal of recalcitrant xenobiotic compounds based on atmospheric plasma technology« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 262033.

### Projektpartner und weitere Informationen

[www.waterplasma.eu](http://www.waterplasma.eu)



1



2

# CLEANLEACHATE – ELEKTROCHEMISCHE AUFBEREITUNG VON DEPONIESICKERWASSER

Dipl.-Ing. Christiane Chaumette

## Hochbelastetes Deponiesickerwasser

Die Entsorgung von Abfällen auf einer Deponie ist die am häufigsten genutzte Art der Abfallbeseitigung. Ein großer Nachteil des Deponiebetriebs ist jedoch die Entstehung von hochbelastetem Sickerwasser, das im Wesentlichen aus Niederschlag gebildet wird. Aber auch im Abfall enthaltenes Wasser und durch biologische Abbauprozesse freigesetztes Wasser führen zur Entstehung von Deponiesickerwasser. Mit dem Sickerwasser werden Schadstoffe ausgetragen, die aus biologischen Zersetzungsprozessen des Deponieguts stammen oder ausgewaschen werden. Das Sickerwasser hat daher üblicherweise toxische Eigenschaften und enthält biologisch schwer abbaubare Stoffe. Behandlungsanlagen mit biologischen Verfahren können nur bedingt eine Aufbereitung leisten. Vor allem persistente organische Stoffe (gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf, CSB), Ammonium und halogenierte organische Substanzen (gemessen als adsorbierbare organisch gebundene Halogene, AOX) sind in kritischen Konzentrationen im Deponiesickerwasser vorhanden und müssen vor der Einleitung in ein Gewässer oder eine kommunale, biologische Kläranlage entfernt werden.

## Aufbereitung von Deponiesickerwasser

Die Behandlung des Deponiesickerwassers stellt einen bedeutenden Kostenfaktor für den Deponiebetreiber dar. Auch nach Stilllegung einer Deponie entsteht noch jahrzehntelang belastetes Sickerwasser, das behandelt werden muss. Häufig werden Membran- und Adsorptionsverfahren (z. B. mit Aktivkohle) eingesetzt. Diese haben jedoch den Nachteil, dass die Verunreinigungen nicht abgebaut, sondern lediglich konzentriert werden. In der Folge muss das Konzentrat entsorgt bzw. aufbereitet werden. Weltweit gesehen steigt die Menge des

deponierten Abfalls, während gleichzeitig die Gesetzgebung strenger wird. Dies führt zu einem wachsenden Bedarf an kosten- und energieeffizienten sowie zuverlässigen Verfahren zur Aufbereitung von Deponiesickerwasser.

## Kombination elektrochemischer Oxidation und Reduktion

Das Fraunhofer IGB hat gemeinsam mit europäischen Partnern aus Industrie und Forschung im Rahmen des von der EU geförderten Projekts CleanLeachate ein elektrochemisches Verfahren entwickelt, das eine zuverlässige Aufbereitung von Deponiesickerwasser ermöglicht, ohne dass dem Abwasser Hilfsstoffe zugesetzt werden müssen. Durch elektrochemische Oxidation an der Anode des Reaktors und anschließende Reduktion an der Kathode des Reaktors können sowohl Ammonium als auch organische Wasserinhaltsstoffe und organisch gebundene Halogene aus dem Deponiesickerwasser eliminiert werden. Bei der elektrochemischen Aufbereitung werden, im Gegensatz zur Membranfiltration, die Wasserinhaltsstoffe vollständig abgebaut. Es müssen keine Reststoffe entsorgt werden.

## Geteilte Elektrolysezelle

Für die Oxidation und Reduktion wird die Elektrolysezelle durch eine Ionenaustauschmembran in zwei chemische Reaktionsräume getrennt, die nacheinander durchströmt werden, jedoch einen Stromkreis bilden. Die Schadstoffe im Wasser werden so zwei Behandlungsprozessen unterworfen. Die Grundlagen für die Entwicklung des Verfahrens wurden zunächst in Laborversuchen erarbeitet. Zusammen mit dem Projektpartner Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH (EUT) wurde die geteilte Elektrolysezelle entwickelt.



3



4

Sechs verschiedene Anodenmaterialien, die der Projektpartner MAGNETO bereitstellte, wurden im Labor hinsichtlich des Abbaus von organischen Stoffen und Ammonium durch anodische Oxidation getestet. Zur Untersuchung der Dehalogenierung des AOX wurden Edelstahlkathoden unterschiedlicher Geometrien untersucht.

#### Pilotanlage – Testbetrieb auf einer Deponie

Basierend auf den Laborerkenntnissen wurde eine Pilotanlage mit einem Durchfluss von 20 L pro Stunde ausgelegt, vom Projektpartner EUT gefertigt und durch den Projektpartner ASIO auf einer Deponie in Tschechien im Dauerbetrieb getestet. Es gelang, den Prozess so zu optimieren, dass die CSB-Konzentrationen im Deponiesickerwasser auf unter 200 mg/L sowie die Gesamtstickstoffkonzentrationen auf unter 70 mg/L gesenkt werden konnten. Damit wurden die gesetzlichen Anforderungen der Abwasserverordnung hinsichtlich der CSB- und Gesamtstickstoffkonzentration im aufbereiteten Deponiesickerwasser erfüllt. Der Energiebedarf zur Schadstoffeliminierung betrug 43 kWh zum Abbau von einem Kilogramm CSB und 22 kWh zum Abbau von einem Kilogramm Ammonium.

#### Ausblick

Für die weitere Entwicklung und Markteinführung der Technologie steht nun eine automatisierte und transportable Prototypanlage zur Verfügung. Es konnte gezeigt werden, dass die elektrochemische Aufbereitung von Deponiesickerwasser unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte möglich ist. Die Technologie soll nun mit einer Vielzahl von industriellen Prozess- und Abwässern getestet und demonstriert werden, um weitere Erfahrungen und Grundlagen zur Optimierung zu sammeln.

- 1 *Belebungsbecken einer Anlage zur Deponiesickerwasseraufbereitung.*
- 2 *Elektrolysezelle im Labormaßstab.*
- 3 *Sickerwasserproben während der elektrochemischen Aufbereitung.*
- 4 *Schematischer Aufbau der Prototypanlage.*

#### Kontakt



**Dipl.-Ing. Christiane Chaumette**

Telefon +49 711 970-4131

christiane.chaumette@

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 »CleanLeachate« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007-2013), Förderkennzeichen 262335.

#### Projektpartner

Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH, Eilenburg | MAGNETO special anodes B. V., Schiedam, Niederlande | ASIO spol. s r. o., Brno, Tschechien | Initial Projects Limited, Wolverhampton, Großbritannien | Centre de Recerca i Innovació de Catalunya, S. A., Barcelona, Spanien

#### Weitere Informationen

[www.cleanleachate.eu](http://www.cleanleachate.eu)



# ENERGIE

Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Die ausreichende Bereitstellung und effiziente Nutzung von Energie ist von höchster volkswirtschaftlicher Bedeutung. Denn die energetische Versorgung auf der Basis von Rohöl, Erdgas und Kohle bedient sich endlicher Primärenergiequellen und führt zu einer rapiden Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und damit zu unkalkulierbaren Veränderungen des Klimas. Durch die Nutzung der fossilen Energieträger und die Reduktion der Photosynthesekapazität nimmt heute der Nettoenergiegehalt der Erde stetig ab.

Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist eine der zentralen Herausforderungen für das 21. Jahrhundert. Energieeffizienz, die Nutzung regenerativer Energien und die Energiespeicherung sind hierbei elementare Bestandteile. Das Fraunhofer IGB stellt sich dieser Herausforderung. Wichtige Handlungsgebiete sind die nachhaltige Energiewandlung, die Optimierung der Energieeffizienz von Prozessen, beispielsweise durch Kopplungsprozesse, und die Entwicklung geeigneter Energiespeicher.

Wir leisten Beiträge zur Erhöhung der Photosynthesekapazität durch die Entwicklung von Mikroalgenkultivierungsprozessen oder zur Erschließung regenerativer Energiequellen mithilfe hochinnovativer Membrantechnik (Gastrennung, Brennstoffzellen, Osmosekraftwerk). Ein Beispiel ist die Entwicklung von Membranen für die Sauerstoffanreicherung, um Verbrennungsreaktionen in energieintensiven Branchen wie der Zement- oder Stahlindustrie effizienter zu gestalten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Entwicklung von Absorptions- und Membranverfahren oder ionischen Flüssigkeiten, die CO<sub>2</sub> mit hoher Kapazität binden, um es effizient aus Biogas abzutrennen.

Weitere Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz sind die Erzeugung von Biogas aus organischen Abfällen, Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie und der landwirtschaftlichen Primärproduktion sowie zur Energieeinsparung durch Prozessoptimierungen in kommunalen und industriellen Kläranlagen und bei der anaeroben Abwasserreinigung. In diesen Zusammenhang gehören auch die energieeffiziente Trocknung von Biomasse und porösen Werkstoffen mit überhitztem Dampf bei Atmosphärendruck sowie Prozesse zum schnellen Energieeintrag, beispielsweise bei Pyrolyseprozessen mittels Mikrowellenfeldern. Darüber hinaus arbeiten wir an Systemen zur stabilen Langzeitspeicherung von Wärmeenergie, um überschüssige Abwärme für einen zeitlich und räumlich entkoppelten Wärmebedarf zugänglich zu machen, und zur Veredelung von Biogas für CNG-Fahrzeuge.

Auch integrierte Stoffstrom- und Energiekonzepte für Kommunen und Regionen werden in Angriff genommen, um die 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 sowie der Fraunhofer-Initiative Morgenstadt.



1



2



3

## WEITERENTWICKELTE HOCHLASTFAULUNG IN BAD DÜRRENBURG SPART KOSTEN

Dr.-Ing. Werner Sternad

### Kläranlagen als Stromverbraucher

Die Kläranlagen gehören mit durchschnittlich 20 % Anteil am Stromverbrauch der Kommunen in der Regel zu den größten Stromverbrauchern [1]. Deshalb suchte im Sommer 2008 der Zweckverband Bad Dürrenberg zusammen mit dem Ingenieurbüro Stockleben nach Möglichkeiten, den Energieverbrauch auf der Abwasserbehandlungsanlage (ABA) Bad Dürrenberg (Belastung etwa 26 000 Einwohnerwerte) zu verringern. Man entschloss sich, die simultane aerobe Schlammstabilisierung, mit hohem Energieverbrauch für die Belüftung, auf eine anaerobe Schlammstabilisierung umzurüsten, die Energie in Form von Faulgas erzeugt.

### Umstellung der Kläranlage von aerober auf anaerobe Schlammstabilisierung

Nun wurde eine effiziente Technologie benötigt, welche diesen Umstellungsschritt möglichst kostengünstig realisieren kann und das Fraunhofer IGB mit seiner Technologie der Hochlastfaulung beauftragt. In den Jahren 2010 und 2011 wurden Voruntersuchungen zur Vergärbarkeit des Rohschlammes aus Bad Dürrenberg durchgeführt, gemeinsam die Planungsunterlagen erstellt und bei den Behörden eingereicht sowie die Ausschreibungsunterlagen erstellt. Eisenmann Anlagenbau konnte die öffentliche Ausschreibung gewinnen. In intensiver Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den Partnern wurde die herkömmliche Hochlastfaulung durch einen anderen Reaktortyp weiterentwickelt und erstmals in Bad Dürrenberg realisiert. Im März 2012 begann der Aufbau, nachdem zuvor die notwendigen Vorarbeiten an den Rohrleitungen und Fundamenten geleistet sowie die ABA um eine Vorklärung erweitert wurde. Am 14. Juni 2012 wurde die Hochlastfaulung feierlich eingeweiht.

### Weiterentwicklung der Hochlastfaulung

Während herkömmliche Schlammfaulungen auf kommunalen Kläranlagen gemäß dem Merkblatt ATV-DVWK M 368 im mesophilen Betriebsbereich (etwa 37 °C) üblicherweise mit einer hydraulischen Verweilzeit von mindestens 18 Tagen ausgelegt werden, unterscheidet sich die Hochlastfaulung dadurch, dass sie unter wesentlich höheren organischen Raumbelastungen betrieben wird und dabei die hydraulische Verweilzeit nur etwa 7 Tage beträgt. Die Hochlastfaulung geht ursprünglich auf das zweistufige Schwarting-Uhde-Verfahren zurück, das 1979 von der damaligen Firma Schwarting und dem Fraunhofer IGB entwickelt und patentiert wurde. Die erste Hochlastfaulung für kommunale Klärschlämme wurde bereits 1994 auf der Kläranlage Mittleres Glemstal (Leonberg) in Betrieb genommen. Es folgten weitere Anlagen in Eching, Heidelberg, Tauberbischofsheim, Wutöschingen, Ilsfeld und nun in Bad Dürrenberg.

Die ursprüngliche Hochlastfaulung zeichnet sich bei der Durchmischung durch ein sogenanntes Phasenmischsystem aus, bei dem mithilfe einer starken Impulspumpe und in den Reaktor integrierte Lochböden mehrmals pro Stunde eine lokale Durchmischung erfolgt. Das funktioniert zwar gut und mit relativ niedrigem Energieeintrag, hat aber den Nachteil, dass der apparative Aufwand recht hoch ist und dass sich im Lauf der Jahre zwischen den Lochböden Ablagerungen bilden können, wie sich bei der Revision nach etwa 10 Betriebsjahren gezeigt hat. Eine ähnlich effiziente und ebenfalls energiearme Durchmischung könnte auch durch einen Gaslift-Schlaufenreaktor erreicht werden [2]. Allerdings lagen hierfür kaum Erfahrungen im notwendigen Maßstab von etwa 360 m<sup>3</sup> Reaktorenvolumen vor.





4



5



6

### Berechnung des Gaslift-Schlaufenreaktors

Durch sorgfältige Simulationsrechnungen und Überprüfung der notwendigen hydraulischen und geometrischen Daten konnten wir eine Lösung finden, bei welcher die Vorgaben für die Geometrie des Reaktors und des Leitrohres präzise einzuhalten sind. Deshalb wurden die geometrischen Daten während der Bauphase mehrmals überprüft.

### Betriebsergebnisse und Ausblick

Bereits nach der Inokulation im Mai 2012 zeigte sich, dass die Hochlastfaulung mit Gaseinpressung als Gaslift-Schlaufenreaktor hydraulisch sehr gut funktioniert. Bis heute traten weder Probleme mit Schaum noch die Bildung einer Schwimmdecke auf. Die gebildete Faulgasmenge entspricht den Erwartungen. Durch die vereinfachte Bauform der Hochlastfaulung als Gaslift-Schlaufenreaktor ergeben sich in der in Bad Dürrenberg ausgeführten Größe Baukostenvorteile von etwa 100 000 bis 200 000 Euro. Die Umrüstung der ABA Bad Dürrenberg von simultaner aerober auf anaerobe Schlammstabilisierung im laufenden Betrieb ist aufgrund der guten Kooperation der beteiligten Partner gelungen.

Gerade im Bereich der Ausbaugröße von etwa 10 000 bis 50 000 Einwohnerwerten gibt es zahlreiche Kläranlagen, die als simultan aerob stabilisierende Anlagen geplant wurden und deren Umrüstung sich unter wirtschaftlichen Aspekten lohnt.

### Kontakt



**Dr.-Ing. Werner Sternad**  
Telefon +49 711 970-4110  
werner.sternad@igb.fraunhofer.de



**Barbara Waelkens M. Sc.**  
Telefon +49 711 970-4124  
barbara.waelkens@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Fricke, K. (2009) Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen. Hrsg. Umweltbundesamt
- [2] Sternad, W. (1991) Bioreaktoren. In: Chmiel, H. (Hrsg.) Bioprozess-technik, Fischer-Verlag, Stuttgart

### Projektpartner

ZWA Bad Dürrenberg | Ingenieurbüro Stockleben GmbH, Bad Dürrenberg | Eisenmann Anlagenbau, Holzgerlingen

- 1 Fundamente für Gasspeicher (links) und Hochlastfaulung (rechts hinten) vor den vorhandenen Schlammspeichern.
- 2 Aufbau der Hochlastfaulung. Der Reaktor wird über das Strömungsleitrohr gehoben.
- 3 Hochlastfaulung mit Einrüstung zur Montage der Rohrleitungen, Sensoren und der Isolation.
- 4 Der Doppelmembrangasspeicher geht in Betrieb.
- 5 Professor Hirth bei der feierlichen Inbetriebnahme.
- 6 Blick auf die fertig aufgebaute und isolierte Hochlastfaulung.



1



2

## SYSTEMDESIGN ZUR BEHANDLUNG VON ABWÄSSERN AUS DER WEINERZEUGUNG

Dr.-Ing. Tosca Zech

### Stark belastetes Industrieabwasser aus der Weinverarbeitung

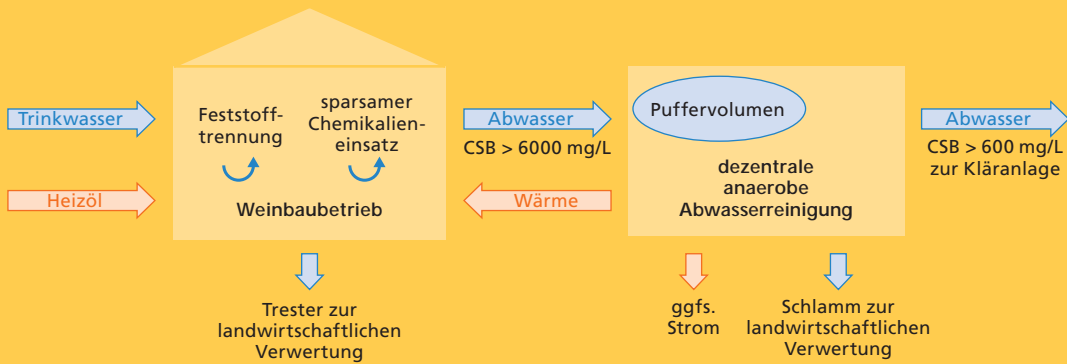
Abwässer aus der Weinerzeugung enthalten sehr hohe Konzentrationen an organischen Kohlenstoffverbindungen. Sie sind daher gut zur energetischen Verwertung geeignet, indem die energiereichen Verbindungen zu Biogas vergoren werden. In Deutschland werden Abwässer aus der Weinherstellung überwiegend in den kommunalen Kläranlagen mitbehandelt, da der jährliche Abwasseranfall mit nur wenigen Ausnahmen weniger als der eines durchschnittlichen Haushalts beträgt. Allerdings fällt das Abwasser hauptsächlich während der Weinbaukampagne im Herbst an. Durch die Vielzahl der Weinbaubetriebe sowie die Abwasserbeschaffenheit kommt es dann auf vielen Kläranlagen in den Weinbauregionen (Abb. 1) zu Betriebsproblemen und zusätzlichen Kosten [1], so auch in der Verbandsgemeinde Edenkoben an der südlichen Weinstraße in Rheinland-Pfalz.

Ziel unserer Untersuchungen war die Erarbeitung eines Prozesskonzepts für das Lastmanagement der Kläranlage Edenkoben durch Schaffung dezentraler Vorreinigungsanlagen und Speicherkapazitäten bei den großen Weinbaugenossenschaften. Dabei betrachtet unsere Herangehensweise die gesamte Prozesskette von der Abwassererzeugung in der Weinherstellung über die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung bis zur Schlammbehandlung. Unter Einbeziehung von technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten entstand ein organisationsübergreifendes Konzept zur dezentralen anaeroben Reinigung von Weinbauabwässern (Abb. 3).

### Dezentrale anaerobe Abwasserreinigung zur Biogasgewinnung

Laut Konzept wird das für die Weinerzeugung benötigte Trinkwasser sparsam eingesetzt, um Kosten im Weinbaubetrieb zu sparen und die hohe Konzentration der organischen Kohlenstoffverbindungen im Abwasser zu erhalten. Weitere wichtige Prinzipien in der Produktion sind die weitgehende Feststoffabtrennung (der Trester wird landwirtschaftlich verwertet) und ein sparsamer Einsatz von Reinigungschemikalien zur Schonung der Mikroorganismen in der biologischen Abwasserreinigung. Die entstandenen Abwässer mit einem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) von über 6000 mg/L werden in Speichern sowohl hydraulisch als auch stofflich gepuffert. Herzstück bildet die dezentrale anaerobe Abwasserreinigungsanlage (Abb. 2) zur Vorreinigung. Die anaerobe Biologie produziert Biogas und reduziert den CSB einstufig um bis zu 90 % (Abb. 4). Das Biogas (Methan) wird direkt verwertet und einem BHKW oder der thermischen Verwertung zugeführt. Die dezentrale thermische Verwertung der Bioenergie sichert einen hohen Wirkungsgrad und ersetzt einen Teil der konventionellen Ölheizung.

Bei der anaeroben biologischen Abwasserreinigung entstehen geringe Mengen an Überschussschlamm, die direkt landwirtschaftlich verwertet werden können. Das gereinigte Abwasser kann der Kläranlage zugeführt werden, ohne dass weitere Kosten in Form von Starkverschmutzerzuschlägen für die Betriebe anfallen. Der professionelle Betrieb der Anlage wird über ein Betreibermodell gesichert werden.



3

4

Unsere Messungen haben bestätigt, dass die Abwässer aus den ausgewählten Betrieben sehr gut für eine anaerobe Vorreinigung geeignet sind. Die CSB-Konzentrationen liegen typischerweise zwischen 6000 und 16 000 mg/L. Gleichzeitig sind die Nährstoffkonzentrationen vergleichsweise gering.

### Energetische Ertüchtigung der kommunalen Kläranlage

Die dezentrale anaerobe Vorreinigung der Abwässer aus der Weinerzeugung hat positive Auswirkungen auf den Betrieb der zentralen kommunalen Kläranlage. Da die Kohlenstoffverbindungen bereits weitgehend vorher abgebaut werden, sinkt die Spitzenlast auf der Kläranlage und das Nährstoffverhältnis wird ausgeglichener. Damit ist die Kläranlage gleichmäßiger ausgelastet und verbraucht insgesamt als auch spezifisch je Einwohner weniger Energie. Da die Kläranlage meist den größten Energieverbraucher einer Kommune darstellt, ergeben sich hohe Einsparmöglichkeiten. Weiterhin wird die Gefahr von Blähschlamm- und Schlammabtrieb vermindert, das benötigte Volumen des Belebungsbeckens verringert. Ebenso wird der Schlammfall reduziert und damit die Entsorgungskosten.

Maßnahmen direkt auf der Kläranlage sind die Vorschaltung eines Pufferbeckens und einer Vorklärung sowie die Umstellung von simultaner und externer aerober Schlammstabilisierung auf anaerobe Schlammstabilisierung. Innerhalb des Projekts wurde die Planung einer Hochlastfaulung für den Schlammfall bei Grundlast der Kläranlage realisiert. Der zusätzliche Schlammfall durch Hochlast während der Weinbaukampagne wird in den Betriebspuffern der Hochlastfaulung und der existierenden externen aeroben Schlammstabilisierung bearbeitet.

### Ausblick

Die Umsetzung des Konzepts zur Behandlung von Abwässern aus der Weinerzeugung am Beispiel der Verbandsgemeinde Edenkoben soll schrittweise erfolgen. Erste Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung der Kläranlage Edenkoben wurden von den VGW Edenkoben bereits realisiert. Die Planung

### Kontakt



**Dr.-Ing. Tosca Zech**  
Telefon +49 711 970-4115  
tosca.zech@igb.fraunhofer.de



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

### Literatur

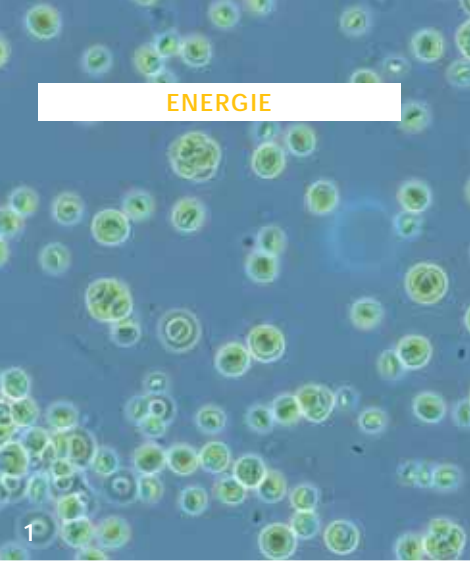
[1] DWA (Hrsg.) (2012) DWA-M 773 Abwasser aus der Weinbereitung, Hennef, Juli 2012

### Projektpartner

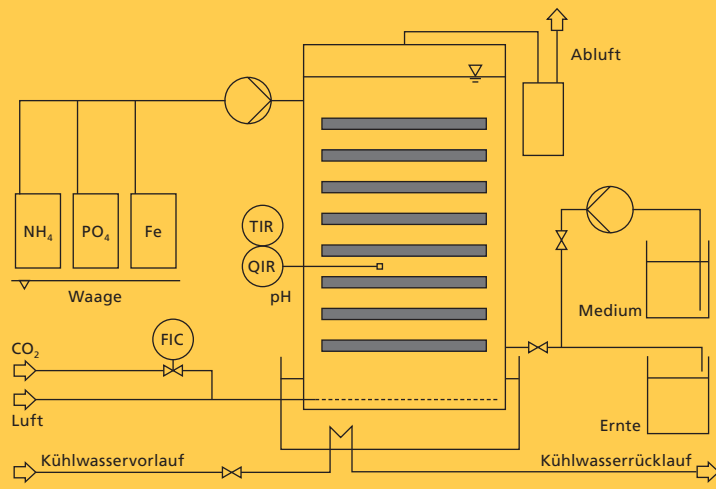
Verbandsgemeindewerke (VGW) Edenkoben, Edenkoben

für die Hochlastfaulung erfolgte 2012. Im Jahr 2013 soll mit dem Bau der Hochlastfaulung auf der Kläranlage Edenkoben begonnen werden. Die wissenschaftliche Begleitung erfolgt durch das Fraunhofer IGB.

- 1 *In Weinbaubetrieben fallen nach der Weinernte im Herbst große Mengen Abwasser an.*
- 2 *Beispiel dezentraler Anaerobreaktoren im technischen Maßstab.*
- 3 *Schema des Konzepts zur dezentralen anaeroben Reinigung von Weinbauabwässern.*
- 4 *Methanbakterien fluoreszieren im UV-Licht und leuchten im Mikroskop bläulich.*



1



2



3

## ROBUSTES AUTOMATISIERUNGSKONZEPT FÜR DIE PRODUKTION VON ALGENBIOMASSE IM FREILAND

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

### Nachhaltige energetische Nutzung von Algen

Die Produktion von Biokraftstoffen auf Basis von Nahrungs- bzw. Futtermittelpflanzen (z. B. Biodiesel aus Raps- oder Palmöl) konkurriert direkt mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Bei der Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten Generation mit Pflanzen, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel verwendet werden wie *Jatropha*, kommt es zu einer Konkurrenz um den Wasserverbrauch und die Anbauflächen. Öl aus Mikroalgen ist eine potenzielle Alternative zu pflanzlichen Biokraftstoffen und wird zur »Dritten Generation« von Biokraftstoffen gezählt. Gegenüber dem Anbau von Landpflanzen ergeben sich bei der Kultivierung von Mikroalgen zahlreiche Vorteile. Hierzu zählen ein höherer Ertrag pro Fläche, ein verminderter Wasserbedarf und die Möglichkeit, Mikroalgen auf landwirtschaftlich nicht nutzbarer Fläche zu kultivieren. Von Algen produzierte Öle können als Biokraftstoff genutzt, entstehende Abgase in den Prozess zurückgeführt und die verbleibende Restbiomasse zu Biogas vergoren werden. Um den Prozess in den technischen Maßstab zu übertragen, haben wir eine standardisierte Prozessautomatisierung für die Kultivierung von Mikroalgen entwickelt.

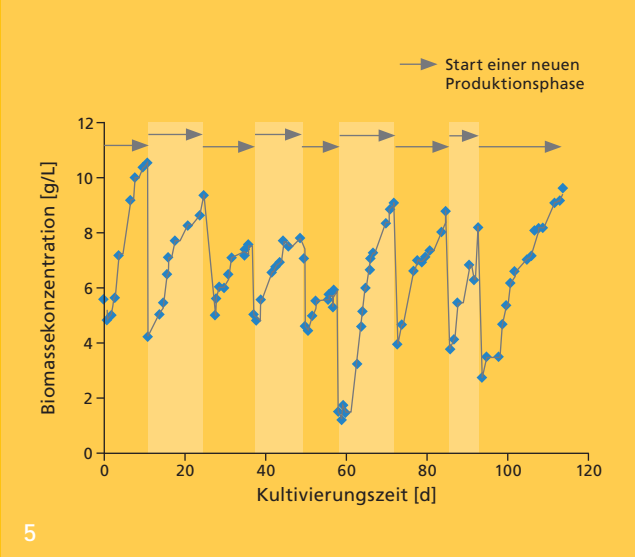
### Anforderungen an den Produktionsprozess

Für die kommerzielle Produktion von Mikroalgen und deren Verwendung als nachhaltiger Energieträger ist eine Kultivierung im Freiland unter der Nutzung von Sonnenenergie unabdingbar. Eine besondere Herausforderung an die Prozesssteuerung stellen hierbei die wechselhaften Witterungsbedingungen und der gegebene Tag-Nacht-Rhythmus dar. Für

diese Gegebenheiten muss ein möglichst robuster Prozess zur Biomasseproduktion mit hohem Automatisierungsgrad und einfacher Messtechnik etabliert werden. Daher sollte die Prozesssteuerung ausschließlich auf der Messung von pH-Wert und Reaktortemperatur basieren.

### Entscheidende Parameter

Ausgangsbasis für alle Untersuchungen war der Biomasseproduktionsprozess mit der Mikroalge *Chlorella vulgaris* (Abb. 1) in einem 30-L-Flachplatten-Airlift (FPA)-Reaktor. Zur Realisierung eines stabilen Produktionsprozesses ist es entscheidend, die Mikroalgenkultur kontinuierlich mit Kohlenstoffdioxid zu versorgen, benötigte Nährstoffe wie Ammonium zur Verfügung zu stellen sowie pH-Wert und Temperatur in einem optimalen Bereich zu halten. Je höher der Anteil von  $\text{CO}_2$  in der Zuluft, desto mehr löst sich als Kohlensäure im Kulturmedium. Dies senkt den pH-Wert. Dem entgegen wirkt das im Medium gelöste Ammonium: Je höher die Ammoniumkonzentration, desto höher der pH-Wert im Kulturmedium. Des Weiteren wird die Löslichkeit von  $\text{CO}_2$  im Medium von dessen Zusammensetzung und der Temperatur beeinflusst. Wenn in einem solchen System der pH-Wert über den Kohlenstoffdioxidanteil der Zuluft kontinuierlich geregelt wird, kann hieraus auf die Ammoniumkonzentration im Reaktor geschlossen werden. Dieser Zusammenhang wurde herangezogen, um den Nährstoffverbrauch im Reaktor zu ermitteln. Basierend auf diesen Berechnungen konnten wir erfolgreich Fütterungszyklen steuern sowie eine Nährstoff- und Kohlendioxidlimitierung abschließen.



### Speicherprogrammierbare Steuerung

Das Automatisierungskonzept wurde entsprechend dem gängigen Industriestandard mithilfe einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SIMATIC S7-1200, Siemens) realisiert und im Freiland auf einem Versuchsstand mit 30-L-Flachplatten-Airlift-Reaktoren etabliert (Abb. 2 und 3). Beim Aufbau der Steuerungssoftware wurde auf ein hohes Maß an Anwender- und Bedienerfreundlichkeit geachtet. Der Gesamtprozess wurde auf einem Anzeigedisplay visualisiert (Abb. 4) und alle Online-Daten kontinuierlich erfasst. Die Steuerungssoftware ist modularisiert aufgebaut und somit einfach auf neue Produktionsanlagen zu übertragen. Einzelne Programmbausteine lassen sich neu kombinieren und können dazu beitragen, auch andere Produktionsprozesse in der Algenbiotechnologie zu steuern.

### Erfolgreicher Biomasseproduktionsprozess

Mithilfe der Automatisierung konnten wir einen stabilen Wachstumsprozess im Freiland etablieren. Über einen Zeitraum von 113 Tagen wurde mit einer mittleren Produktivität von 0,50 g/(L\*d) Biomasse produziert (Abb. 5), wobei die durchschnittliche Biomassekonzentration zum Erntezeitpunkt bei 8,5 g/L lag. Die Prozesskontrolle und -steuerung erfolgten ausschließlich anhand von Reaktortemperatur und pH-Wert. Der etablierte Prozess ist unabhängig von einer konstanten Produktivität und eignet sich somit für eine Freilandproduktion mit wechselnden Licht- und Temperaturbedingungen. Aufbauend auf diesen Versuchen gilt es, den Produktionsprozess in den industriellen Maßstab zu übertragen und die Produktionskosten weiter zu senken.

### Kontakt



**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

### 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-/Hydrothermalvergasung«, 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 Mikroskopische Aufnahme der Mikroalge *Chlorella vulgaris* SAG 211-12.
- 2 Fließschema eines 30-L-FPA-Reaktors der Freilandanlage.
- 3 Freilandanlage zur Mikroalgenproduktion mit 30-L-FPA-Reaktoren.

- 4 Prozessvisualisierung auf dem Anzeigedisplay der Steuerung SIMATIC S7-1200.
- 5 Verlauf der Biomassekonzentration der Freilandkultur *Chlorella vulgaris* während der Versuchsdauer von 113 Tagen.



## STOFFLICH-ENERGETISCHE VOLLVERWERTUNG VON KULTURPFLANZEN: OHNE LIGNIN ZU MEHR BIOGAS?

Dr. rer. nat. Yasemin Sterr, Prof. Dr. rer. nat. Dieter Bryniok

### Lignin in der anaeroben Vergärung

Landwirtschaftliche Biogasanlagen werden neben Gülle vor allem mit nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo), sogenannten Energiepflanzen, betrieben. Vor diesem Hintergrund zielten Züchtungsversuche in jüngster Zeit auf eine Erhöhung der Hektarerträge ab. Höhere Erträge, die scheinbar einen höheren Biogasertrag pro Anbaufläche versprechen, werden jedoch meist mit einem erhöhten Anteil an Lignin, der Struktur- und Stützsubstanz der Pflanzen, bezahlt. Lignin wird allerdings in Biogasanlagen nicht durch die anaerobe Bakterienmischkultur verstoffwechselt, so dass der Zuwachs an Biomasse nur zu einem Teil zu Biogas umgesetzt werden kann [1]. Der Rest (Lignin) führt zu einer Erhöhung der Gärrückstände und muss in der Regel entsorgt werden. Die Gesamteffizienz und die wirtschaftliche Attraktivität des anaeroben Vergärungsprozesses zur Gewinnung von Methan können durch eine Vorbehandlung der Substrate sowie eine stoffliche Produktverwertung erheblich verbessert werden.

### Projektziele

Ziel des vorgestellten Projekts ist eine vollständige Verwertung der für NaWaRo-Anlagen typischen Substrate durch eine integrierte energetisch-stoffliche Nutzung. Kohlenhydrate, Fette und Proteine werden zu Biogas vergoren und das nicht vergärbare Lignin wird abgetrennt und stofflich verwertet. Zudem soll Methan mittels Membranreaktoren in Gegenwart von Kohlenstoffdioxid oxidativ zu C1-Oxygenaten (Formaldehyd und Methanol) umgesetzt werden. Diese Verbindungen können entweder stofflich zur Synthese von Chemierohstoffen oder zur Verbesserung der Transport- und

Speichereigenschaften des gasförmigen Methans (Projektpartner LIKAT) verwertet werden. Damit werden wichtige Grundlagen für ein integratives Konzept im Sinne einer Kaskadennutzung geschaffen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Technologieanbieter gestärkt.

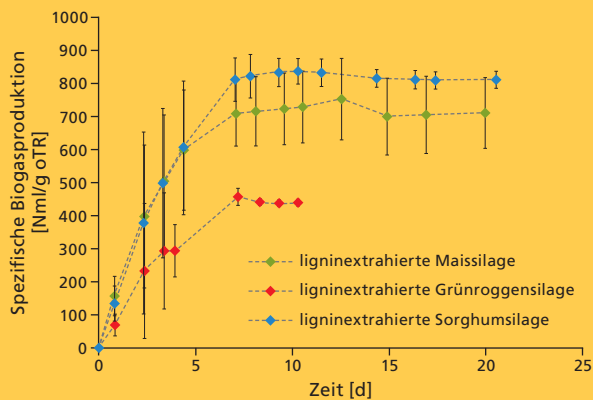
### Stand der Technik

In methanogenen Mischkulturen wird organische Materie in mehreren Reaktionsschritten zu Methan umgesetzt. Makromoleküle wie Kohlenhydrate, Fette und Proteine werden dabei zunächst hydrolysiert, bevor sie zu organischen Säuren, Alkoholen (acidogene Bakterien), Essigsäure (acetogene Bakterien) und schließlich zu Methan und CO<sub>2</sub> (methanogene Bakterien) umgesetzt werden [2].

Nach bisherigen Erfahrungen mit der Ligninabtrennung aus Pflanzenmaterial ist damit zu rechnen, dass durch den Aufschluss und die Ligninabtrennung die Lignocellulosestruktur aufgeweitet wird. Dies sollte zu einer besseren Substratverfügbarkeit frei zugänglicher Kohlenhydrate in Form von Cellulose, zur Verringerung des Anteils schlecht hydrolysierbarer Verbindungen und dadurch zu höheren Umsatzraten im Gärprozess führen. Die Substratproben wurden daher zunächst im Labormaßstab und momentan im Technikumsmaßstab in einem methanogenen Abbauprozess mit hoher Raumbelastung in ideal durchmischten Reaktoren untersucht.

### Ergebnisse des anaeroben Abbaus

Die Substrate Grünroggen-, Mais- und Sorghumsilage wurden jeweils unzerkleinert, zerkleinert und nach Ligninextraktion



3

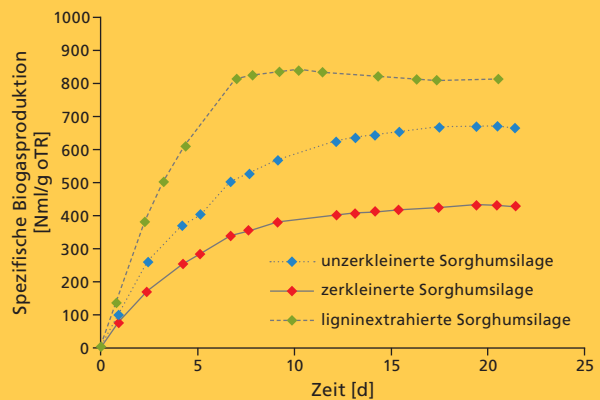
(Abb. 2) für die Biogasproduktion im 1-Liter-Labormaßstab eingesetzt (Abb. 1). In den 3 bzw. 4 Beschickungszyklen wurden alle Substrate bei stabilen pH-Werten und Fettsäurekonzentrationen innerhalb von 7 Tagen zu Biogas umgesetzt. Zusätzlich wurde der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) reduziert. Für die Vergärung wichtige Nährstoffe wie  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  und  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  waren über die gesamte Fermentationsdauer in ausreichender Konzentration im Reaktor vorhanden.

Mit ligninextrahierter Sorghumsilage wurde im Vergleich zu ligninextrahierter Mais- und Grünroggsilage eine höhere Biogausbeute von etwa 800–850 Normmilliliter/g organischer Trockenrückstand (Nml/g oTR) erreicht (Abb. 3). Grundsätzlich zeigten die Substrate ohne Lignin aufgrund der aufgeweiteten Lignocellulose-Struktur mehr Biogausbeute (Abb. 4: 800–850 vs. 430–680 Nml/g oTR). Die mechanisch zerkleinerten Substrate wiesen im Allgemeinen eine höhere Biogasproduktion im Vergleich zu unzerkleinerten Substraten auf. Nur bei Sorghumsilage war dies nicht zu beobachten. Hier vermuten wir, dass Komponenten freigesetzt wurden, die den Biogasprozess beeinträchtigen.

### Ausblick

Eine vor die Biogasproduktion geschaltete Ligninextraktion stellt eine vielversprechende Steigerung der Biogausbeute bei gleichzeitiger Wertschöpfung des Rohstoffs Lignin als Ausgangsmaterial für die chemische Industrie dar. So ist Lignin beispielsweise ein adäquater Ersatzstoff für Phenol bei der Produktion von Harzen. Im Anschluss an das Projekt sollen die technischen Ergebnisse in den industriellen Maßstab überführt werden, um mittelfristig eine Serienproduktion von Anlagen zur Ligninpräparation, Biogasproduktion und Verwertung zu ermöglichen.

- 1 Doppelwandige 1-Liter-Laborbiogasreaktoren.
- 2 Eingesetzte Substrate.
- 3 Spezifische Biogasproduktion ligninextrahierter Substrate.
- 4 Spezifische Biogasproduktion von Sorghumsilage.



4

### Kontakt



**Dr. Yasemin Sterr**

Telefon +49 711 970-4116

yasemin.sterr@igb.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Dieter Bryniok**

Telefon +49 711 970-4211

dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., FNR (2009) Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung
- [2] De Lemos Chernicharo, C. A. (2007) Anaerobic Reactors, IWA Publisher

### Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Energetisch-stoffliche Vollverwertung von Kulturpflanzen; Ligninabtrennung, Fermentation und partielle Oxidation; Teilvorhaben: Untersuchungen zur Biogasproduktion aus NaWaRos«, Förderkennzeichen 03SF0362A.

### Projektpartner

Fraunhofer ICT, Pfinztal | Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock (LIKAT), Rostock | Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf | Hölle & Hüttner AG, Tübingen | Johann Dudek Maschinenbau, Berlin | SLP GmbH, Wurmansquick | BL1 GmbH Lichtenau, Lichtenau



1



2



3

## HIPEL – METALLUMMANTELTE SORPTIONSPELLETS FÜR WÄRMESPEICHER UND ADSORPTIONSANWENDUNGEN

Dipl.-Ing. Mike Blicher

### Adsorbentien für Wärmespeicher und Stofftrennung

Das Prinzip der Adsorption wird in vielen technischen Anwendungen genutzt, um beispielsweise Luft oder Gase zu entfeuchten oder Stoffgemische zu trennen. Eine weitere Anwendung ist die sorptive Wärmespeicherung, mit der die Energieeffizienz in Industrieprozessen und wärmetechnischen Anwendungen gesteigert werden kann. Als Adsorbens kommen aufgrund der einfachen Handhabung und Herstellbarkeit in der Regel pelletierte Adsorbentien (beispielsweise Zeolithe, Aktivkohle, Silica-Gel etc.) in Kugel- oder Zylinderform zum Einsatz. Diese weisen allerdings oftmals eine eingeschränkte mechanische Stabilität sowie eine stark limitierte Wärmeleitfähigkeit auf. Dies ist für die Leistungsfähigkeit vieler Anwendungen und insbesondere die Wärmespeicherung von Nachteil.

### Verbesserte Sorptionspellets – erhöhte Stabilität und Wärmeleitfähigkeit

Die Fraunhofer-Institute IGB, IKTS und IWU entwickeln im Rahmen eines von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Projekts metallummantelte Pellets, die als Schüttung bei gleichbleibender Adsorptionskapazität eine deutlich gesteigerte Wärmeleitfähigkeit aufweisen und mechanisch stabil sind. Eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit ermöglicht bei der Anwendung in Wärmespeichern oder Wärmepumpen eine signifikant erhöhte Leistungsdichte durch eine schnellere Be- und Entladung. In der chemischen Reaktionstechnik soll die Temperaturregelung des Sorptionsbetts einfacher und effektiver werden. Ziel ist zudem, Abriebverluste beim Transport der Materialien und Befüllen der Reaktoren durch die erhöhte

mechanische Stabilität zu minimieren. Dies führt zu längeren Standzeiten der Sorbensschüttungen, ermöglicht neue Reaktoren (Fließreaktor) und mobile Anwendungen. Um möglichst gute Adsorptionseigenschaften zu erreichen, sollen die Pellets eine hohe innere Porosität aufweisen. Die Herstellungsweise soll zur Fertigung großer Mengen geeignet sein.

### Herstellungsverfahren und Materialtests

Im Projekt werden zylindrische Pellets mit einer Mantelfläche aus Kupfer, Aluminium oder anderen Metallen hergestellt, indem Sorbensgranulate in dünnwandige Metallröhrchen gefüllt werden. Hierzu wurde in einem ersten Schritt ein geeignetes Herstellungsverfahren konzipiert, welches aus den vier Teilschritten Granulierung, Befüllen der Metallröhrchen, Fließwalzen und Vereinzeln der Pellets besteht. Eine besondere Herausforderung hierbei ist es, die Verdichtung des Materials so vorzunehmen, dass das Sorbens in der Metallhülle verbleibt und trotzdem eine ausreichende Porosität besteht, um die Adsorptionseigenschaften beizubehalten. Dazu wurden beim Fraunhofer IKTS Modellversuche mit NaY-Zeolith unter Verwendung verschiedener Binder vorgenommen. Die Ausgangsgranulate wurden zu zylinderförmigen Pellets verpresst und die Festigkeit sowie die spezifische Oberfläche bestimmt.

Aufbauend auf diesen Vorversuchen hat das Fraunhofer IWU eine Testanlage zur Herstellung von 5–10 kg Adsorbenspellets konzipiert und gebaut. In Kürze werden größere Mengen ummantelter Pellets zur Verfügung stehen, um diese in einem Modellwärmespeicher beim Fraunhofer IGB zu erproben.





### Untersuchung der Adsorptionseigenschaften

Parallel wurden am Fraunhofer IGB Referenzmessungen mit nicht ummantelten Pellets durchgeführt. Dazu wurden zwei Qualitäten Zeolithkugeln (Durchmesser 1,6–2,5 mm und 2,5–5 mm) sowie nicht ummantelte Zylinder (5,25x10 mm) mit einem alternativen Binder, der auch bei den ummantelten Pellets eingesetzt wird, im Hinblick auf ihre Leistungsfähigkeit in einem geschlossenen Adsorptionsspeicher getestet. Es wurde gezeigt, dass sich Größe und alternativer Binder bei den zylindrischen Pellets im Vergleich zu den Kugeln kaum auf die Sorptionseigenschaften wie Adsorptionskapazität und massenspezifische Wärmespeicherdichte auswirken.

### Messung der Wärmeleitfähigkeit von Schüttungen

Zusätzlich wurde am Fraunhofer IGB eine Apparatur zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Schüttungen unter veränderlichen Luft- oder Gasdrücken im Reaktionsbehälter konzipiert und gebaut. Das Messprinzip basiert auf der Heißdrahtmethode, die schnelle Messungen mit einer guten Genauigkeit zulässt. Die Messung erfolgt in einem hochvakuumdichten Behälter, der in Abhängigkeit von der Adsorbensmenge mit verschiedenen großen Probenbehältern ausgerüstet werden kann. Dies ermöglicht schnelle Referenzmessungen der Wärmeleitfähigkeit von Sorptionspellets unter verschiedenen Prozessbedingungen.

### Ausblick

Nach Vorliegen ausreichender Mengen ummantelter Pellets werden diese im Adsorptionsspeicher (Maßstab 5–10 L Speichervolumen) am Fraunhofer IGB unter verschiedenen Betriebsbedingungen untersucht und die Ergebnisse mit den Referenzdaten verglichen. Parallel erfolgen Untersuchungen zur mechanischen Stabilität der Pellets. Somit wird es möglich, den anwendungsrelevanten Nutzen der neuartigen Pellets zu bestimmen und die erreichte Leistungssteigerung zu erfassen. Im Hinblick auf die Wärmespeicherung wird mit einer signifikanten Steigerung der erreichbaren Leistungsdichte und somit stark verkürzten Be- und Entladezeiten gerechnet. Abschließend wird eine Kosten-Nutzenrechnung für eine industrielle Herstellung erstellt.

### Kontakt



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



**Dipl.-Ing. Siegfried Egner**  
Telefon +49 711 970-3654  
siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

### Förderung

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

### Projektpartner

Fraunhofer IKTS, Dresden | Fraunhofer IWU, Chemnitz

- 1 *Aluminium- und kupferummantelte Sorptionspellets, Fraunhofer IKTS.*
- 2 *Versuchsaufbau zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Schüttungen unter Vakuum.*
- 3 *Modellwärmespeicher.*
- 4 *Sorptionspellets aus NaY-Zeolith in verschiedenen Größen und Formen.*
- 5 *Befüllvorrichtung für Metallröhrchen, Fraunhofer IWU.*



# ANHANG

## PATENTERTEILUNGEN 2012

Im Jahr 2012 wurden elf Schutzrechte erteilt, die wie folgt unseren Geschäftsfeldern zugeordnet sind:

Medizin	Pharmazie	Chemie	Umwelt
<b>Anordnung und Verfahren zur Analyse biologischer Proben</b> US 8,279,434, erteilt am 2. Oktober 2012	<b>In vitro-Testsystem für virale Infektionen</b> DE 10 2010 023 156, erteilt am 5. Juli 2012	<b>Verfahren zur Herstellung von funktionalen Fluor-Kohlenstoff-Polyerschichten mittels Plasma-polymerisation von Perfluorocycloalkanen und damit beschichtete Substrate</b> DE 10 2005 034 764, erteilt am 2. August 2012	<b>Vorrichtung zum Erzeugen von UV-Licht</b> DE 10 2010 015 495, erteilt am 26. April 2012
<b>Hyphenspezifische Zellwandproteine</b> EP 1 727 829, erteilt am 15. Februar 2012	<b>Three dimensional skin model</b> US 8,222,031, erteilt am 17. Juli 2012		<b>Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphatsalzen aus einer Flüssigkeit, Reaktor zur Rückgewinnung von Phosphatsalzen aus einer Flüssigkeit</b> DE 10 2010 050 691 und DE 10 2010 050 692, erteilt am 22. März 2012
<b>Mikrofluidischer Bioreaktor</b> DE 10 2008 056 037, erteilt am 31. Oktober 2012	<b>Three dimensional skin model</b> CA 2410956, erteilt am 4. Dezember 2012		
<b>Verbesserte dreidimensionale biokompatible Gerüststruktur, die Nanopartikel beinhaltet</b> DE 10 2007 020 302, erteilt am 22. März 2012			

# MESSEN, KONGRESSE, VERANSTALTUNGEN 2012

## Messen und Ausstellungskongresse

### 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

### Hannover Messe Research & Technology

Internationale Leitmesse  
für Forschung, Entwick-  
lung und Technologie-  
transfer

Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
23.–27. April 2012, Hannover

### Hannover Messe Energy

Internationale Leitmes-  
se der erneuerbaren und  
konventionellen Energie-  
erzeugung, Energieversor-  
gung, -übertragung, -ver-  
teilung 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

### IFAT Entsorga

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

Fraunhofer-Allianz SysWasser  
und German Water Partner-  
ship  
7.–11. Mai 2012, München

### 3<sup>rd</sup> International Confer- ence Strategies in Tissue Engineering

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

### MS Wissenschaft

»Zukunftsprojekt Erde«  
30. Mai bis 15. Oktober 2012

### Woche der Umwelt

5.–6. Juni 2012, Berlin

### ACHEMA

Weltforum der Prozessin-  
dustrie und richtungswei-  
sender Technologiegipfel  
für Chemische Technik,  
Umweltschutz und Bio-  
technologie

Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
18.–22. Juni 2012,  
Frankfurt am Main

### ESOF 2012

Euroscience Open Forum  
Gemeinschaftsstand Re-  
search in Germany

11.–15. Juli 2012, Dublin, Ir-  
land

### BIO International Convention

Fraunhofer-Verbund Life  
Sciences

18.–21. Juni 2012,  
Boston, MA, USA

### PSE 2012

13<sup>th</sup> International Confe-  
rence on Plasma Surface  
Engineering

10.–14. September 2012,  
Garmisch-Partenkirchen

### parts2clean

10. Internationale Leitmes-  
se für industrielle Teile-  
und Oberflächenreinigung

Fraunhofer-Allianz Reini-  
gungstechnik  
23.–25. Oktober 2012,  
Stuttgart

### 3. Kooperationsforum

»Biopolymere 2012«

20. November 2012,  
Straubing

## Veranstaltungen

### 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 kom-  
munalen Abwasser- und  
Abfallbehandlung

»Technologie mit Zukunft«

16. Februar 2012,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

Workshop von DGM, Bio-  
Regio STERN und BIO

Deutschland

»Neue Biomaterialien und  
Technologien für die Re-  
generative Medizin«

29. März 2012, Stuttgart

### Girls' Day

Mädchen-Zukunftstag

26. April 2012, Fraunhofer-  
Institutszentrum Stuttgart

BIOPRO-Jubiläumsveran-  
staltung

»Biotechnologie zum An-  
fassen«

2. Mai 2012,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

**Frühjahrssitzung von Plasma Germany**  
7.–8. Mai 2012,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

**»BioRap – 3D-strukturier-  
tes Biomaterial mittels  
Rapid Prototyping«  
Workshop**  
16. Mai 2012,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

**9<sup>th</sup> WPC, Natural Fibre  
and other innovative  
Composites 2012**  
19.–20. Juni 2012, Stuttgart

**13. Wörlitzer Workshop  
»Membrantechnologien  
und Plasmamodifizierung  
von Membranen«**  
20. Juni 2012, Wörlitz

**Aktionstag  
»Tag der Nachhaltigkeit«**  
29. Juni 2012, Fraunhofer-  
Institutszentrum Stuttgart

**Tag der Wissenschaft**  
30. Juni 2012,  
Universität Stuttgart

**»Bioenergie – Chancen  
und Grenzen«**  
Podiumsgespräch und Aus-  
stellung  
27. Juni 2012, Berlin

**Tag der offenen Tür am  
Chemiestandort Leuna**  
1. September 2012, Leuna

**OTTI-Fachforum  
»Funktionale Implantat-  
oberflächen«**  
17.–18. September 2012,  
Regensburg

**unitag**  
Studieren an der Uni Stutt-  
gart  
21. November 2012,  
Universität Stuttgart

---

## MESSEN UND VERANSTALTUNGEN, VORSCHAU 2013

**BAU**  
Weltleitmesse für  
Architektur, Materialien,  
Systeme  
Fraunhofer-Allianz Bau  
14.–19. Januar 2013,  
München

**Internationale Grüne  
Woche**  
Messe für Ernährung,  
Landwirtschaft und Gar-  
tenbau  
Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
18.–27. Januar 2013, Berlin

**Checkpoint Zukunft**  
Tag für Studierende bei  
Fraunhofer  
4. Februar 2013, Fraunhofer-  
Institutszentrum Stuttgart

**Jahrestagung der  
Deutschen Gesellschaft  
für Matrixbiologie e. V.**  
7.–9. März 2013, Universi-  
tätsklinikum der Eberhard  
Karls Universität Tübingen

**8. Internationaler  
Kongress  
»Forum Life Sciences«**  
Fraunhofer-Verbund Life  
Sciences  
13.–14. März 2013,  
TU München

**17. Kolloquium zur  
kommunalen Abwasser-  
und Abfallbehandlung  
»Technologie mit Zukunft«**  
14. März 2013,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

**Fraunhofer Talent School**  
15.–17. März 2013, Fraunho-  
fer-Institutszentrum Stuttgart

**Energy Storage**  
International Summit for  
the Storage of Renewable  
Energies  
Fraunhofer-Allianz Energie  
18.–19. März 2013,  
Düsseldorf

**Hannover Messe Energy**  
Internationale Leitmes-  
se der erneuerbaren und  
konventionellen Energie-  
erzeugung, Energieversor-  
gung, -übertragung, -ver-  
teilung und -speicherung  
Fraunhofer-Allianz Energie  
8.–12. April 2013, Hannover

**Hannover Messe Surface  
Technology**  
Internationale Leitmesse  
der Oberflächentechnik  
Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
8.–12. April 2013, Hannover

**Metropolitan Solutions**  
Innovationen für urbane  
Infrastrukturen  
Fraunhofer-Allianzen Bau und  
SysWasser  
8.–12. April 2013, Hannover

**Wasser Berlin**  
Fachmesse und Kongress  
für Wasser und Abwasser  
23.–26. April 2013, Berlin

**Girls' Day**  
Mädchen-Zukunftstag  
25. April 2013, Fraunhofer-  
Institutszentrum Stuttgart

**Deutsche Biotechnologie-  
tage 2013**  
14.–15. Mai 2013, Stuttgart

**DECHEMA-Statusworkshop  
»Biosurfactants – Challen-  
ges and Surfactants«**  
16.–17. Mai 2013,  
Frankfurt am Main

**Tag der Wissenschaft**

22. Juni 2013, Universität  
Stuttgart

**Gordon Research Seminar  
und Gordon Research  
Conference (GRS/GRC)  
Elastin, Elastic Fibers &  
Microfibrils**

20.–26. Juli 2013,  
University of New England,  
Biddeford, ME, USA

**Jubiläumsveranstaltung  
60 Jahre Fraunhofer IGB**

25. September 2013,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

**Biotechnica**

**Europas Branchentreff  
für Biotechnologie, Life  
Sciences und Labortechnik**

Fraunhofer-Verbund Life  
Sciences  
8.–10. Oktober 2013,  
Hannover

**Messe K**

Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
16.–23. Oktober 2013,  
Düsseldorf

**parts2clean**

**11. Internationale Leitmes-  
se für industrielle Teile-  
und Oberflächenreinigung**  
Fraunhofer-Allianz Reini-  
gungstechnik  
22.–24. Oktober 2013,  
Stuttgart

**World Conference on  
Regenerative Medicine**

Fraunhofer-Verbund Life  
Sciences  
23.–25. Oktober 2013,  
Leipzig

**TERMIS-Americas  
Jahrestagung der Tissue  
Engineering & Regenerati-  
ve Medicine International  
Society**

10.–13. November 2013,  
Atlanta, GA, USA

**unitag**

**Studieren an der Uni Stutt-  
gart**  
20. November 2013,  
Universität Stuttgart

**bone-tec  
International Bone-Tissue-  
Engineering Congresses**  
16.–19. Dezember 2013,  
Singapur

*Änderungen vorbehalten.  
Aktuelle Infos:  
[www.igb.fraunhofer.de](http://www.igb.fraunhofer.de)*

## MITARBEIT IN FACHVERBÄNDEN UND GREMIEN, GUTACHTERTÄTIGKEITEN

**Borchers, K.**

Deutsche Gesellschaft für  
Materialkunde e. V. (DGM),  
Fachausschuss »Biomateria-  
lien«, Leiterin Querschnitts-  
arbeitskreis »Biomimetische  
Biomaterialien«

**Bryniok, D.**

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

Fraunhofer-Allianz SysWas-  
ser, Geschäftsführer

**German Water Partner-  
ship**, Länderforum Südosteu-  
ropa, Mitglied

**Ingenieurtechnischer Ver-  
band Altlastenmanage-  
ment und Flächenrecycling**  
e. V. (ITVA), Mitglied

**Verein Deutscher Ingeni-  
eure e. V. (VDI)**, Fachgesell-  
schaften »Umwelttechnik«  
und »Reinhaltung der Luft«,  
Mitglied

Vereinigung für Allgemei-  
ne und Angewandte Mi-  
krobiologie e. V. (VAAM),  
Fachgruppe »Umweltmikro-  
biologie«, Mitglied

**Funk, M.**

**Bundesverband der Phar-  
mazeutischen Industrie**  
e. V. (BPI), Arbeitsgruppe  
»Advanced Therapies«, Mit-  
glied

**Hirth, T.**

Bio<sup>M</sup> WB, Beirat, Mitglied

**Deutsche Gesellschaft  
für Chemische Technik  
und Biotechnologie e. V.  
(DECHEMA)**, Fachsektio-  
nen »Reaktionstechnik« und  
»Chemische Nanotechnolo-  
gie«, Mitglied

**Fakultät Energie-, Verfah-  
rens- und Biotechnik der  
Universität Stuttgart**, Pro-  
dekan

Fraunhofer-Verbund Life Sciences, Verbundvorsitzender	VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC), Beirat, Mitglied	Europäischer Verein Dünne Schichten e. V. (EFDS), Mitglied	Rupp, S.
Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (BioÖkonomieRat) bei der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech), Mitglied bis Mai 2012	----- Kluger, P. J. -----	Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO®, Stellvertretender Direktor	Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM), Fachgruppe »Eukaryontische Krankheitserreger«, Vorstand
Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), AG »Nachhaltige Chemie«, Mitglied	Deutsche Gesellschaft für Biomaterialien, Mitglied	13 <sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering PSE 2012, Vice Chairman; Editorial Board	Deutschsprachige Mykologische Gesellschaft e. V. (DMyKG), Mitglied
Gesellschaft für Umweltsimulation e. V. (GUS), Mitglied	Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM), Fachausschuss »Biomaterialien«, Leiterin Arbeitskreis »Tissue Engineering«	Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS, Mitglied im Vorstand	Europäische Union, Gutachter im 7. Forschungsrahmenprogramm
Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV), Kuratorium, Mitglied	VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie in der Medizintechnik«, Mitglied	PLASMA Germany, Vorsitzender; Mitglied im Koordinierungsausschuss; Mitglied im Fachausschuss »Plasmabehandlung von Polymeren«	FEBS Advanced Lecture Course, Organization Committee, Mitglied
Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Kuratorium, Mitglied	----- Müller, Michaela -----	Plasma Processes and Polymers, WILEY-VCH, Weinheim, Co-Editor in Chief	Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie e. V. (GBM), Mitglied
ProcessNet – eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, Mitglied im Vorstand; Leiter Arbeitsausschuss »Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe«; Leiter Fachgemeinschaft »SUPER«	Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM), Fachausschuss »Biomaterialien«, Arbeitskreis »Grenzflächen«, Mitglied	Vakuum in Forschung und Praxis, WILEY-VCH, Weinheim, Editorial Board	Stuttgart Research Center (SRC) Systems Biology, Mitglied
SusChem Deutschland, Koordinierungskreis, Mitglied	Gemeinschaftsausschuss »Kombinierte Oberflächentechnik« der Organisationen DFO, DGO, EFDS und INPLAS, Mitglied	Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), Richtlinienausschuss »Qualitätssicherung bei der Vakuumbeschichtung von Kunststoffen«, Mitglied	----- Schenke-Layland, K. -----
Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), Mitglied	----- Oehr, C. -----	VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie in der Medizintechnik«, Stellvertretender Vorsitzender	L'Agence nationale de la recherche – ANR, Fachgutachterin für Einzelantragsverfahren
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), Beirat, Mitglied	BALTIC-NET, Mitglied		American Association of Anatomists, Scientific Affairs Committee; Gutachterin für Young Investigator Awards
	Bundesverband der pharmazeutischen Industrie e. V. (BPI), Ausschuss »Stoffliche Medizinprodukte«, Mitglied		Arthritis Research UK, Fachgutachterin für Einzelantragsverfahren
	Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V., Mitglied		Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Fachgutachterin für Forschungsstipendien und Einzelantragsverfahren

Deutsche Gesellschaft für Matrixbiologie e. V., Mitglied

European Society for Biomaterials (ESB), Mitglied

International Society for Stem Cell Research (ISSCR), Mitglied

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

Schmid-Staiger, U.

aireg – Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e. V., Arbeitskreis »Rohstoffbereitstellung«, Mitglied

European Algae Biomass Association (EABA), 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

Wissenschaftszentrum Straubing, Mitglied des Direktoriums

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 »Biometrische Biomaterialien«

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie, Sprecher und Lenkungsreis  
Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Mitglied

ProcessNet – eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, Fachgruppe Nanotechnologie, berufenes Mitglied

Kolloid-Gesellschaft, Mitglied

NanoMAT, Mitglied

Unkelbach, G.

American Chemical Society (ACS), »Division of Cellulose and Renewable Materials«, »Division of Biochemical Technology« und »Division of Catalysis Science and Technology«, Mitglied

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

Vohrer, U.

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie (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

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, Mitglied

Walles, H.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Fachgutachterin

Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie e. V. (BPI), Arbeitskreis »Tissue Engineering«, Mitglied

Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD), Fachgutachterin im Sonderprogramm »Moderne Anwendungen in der Biotechnologie«



Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Fachgutachterin für SFB (Trans-Regio), Graduiertenkolleg, Einzelantragsverfahren

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

Deutsche Gesellschaft für Regenerative Medizin e. V., 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, Gutachterin im 7. Forschungsrahmenprogramm

Gesundheitsforschungsrat des BMBF, Medizintechnischer Ausschuss, Mitglied

Studienstiftung des deutschen Volkes, Vertrauensperson

VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie in der Medizintechnik«, Mitglied

Weber, A.

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

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

## WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

### Mit Hochschulen

Aristotle University of Thessaloniki, Griechenland

Charles University, Prag, Tschechien

Comenius University, Bratislava, Slowakei

Cranfield University, Cranfield, Großbritannien

Eberhard Karls Universität Tübingen

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz GmbH, Österreich

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP), Brasilien

Escola Superior de Agricultura »Luiz de Queiroz« (ESALQ), Piracicaba, Brasilien

Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Hebrew University of Jerusalem, Israel

Hochschule Hamm-Lippstadt

Julius-Maximilians-Universität, Würzburg

Katholieke Universiteit Leuven, Belgien

Letterkenny Institute of Technology, Letterkenny, Irland

Linnéuniversitetet, Kalmar, Schweden

Ludwig-Maximilians-Universität München

Lunds Universitet, Lund, Schweden

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

McGill University, Montreal, Kanada

Medizinische Hochschule Hannover MHH

Medizinische Universität Innsbruck, Österreich

National University of Ireland, Galway, Irland

Queensland University of Technology, Brisbane, Australien

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen

Royal Institute of Technology, Stockholm, Schweden

Ruhr-Universität Bochum

Stanford University, CA, USA

Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, Niederlande

Stockholms Universitet, Stockholm, Schweden

Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Kaiserslautern

Technische Universität München

Technische Universiteit Eindhoven, Niederlande

Tierärztliche Hochschule Hannover

Trinity College Dublin, Irland

Universidad de Sevilla, Spanien

Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Brasilien	Univerza v Mariboru, Maribor, Slowenien	Rom, Italien	Leibniz-Institut für Katalyse e. V. (LIKAT), Rostock
Universita degli Studi di Bari, Italien	Uppsala Universitet, Uppsala, Schweden	Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg	Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e. V. (INP), Greifswald
Universita degli Studi di Milano-Bicocca, Italien	VTT Technical Research Centre of Finland, Finnland	Deutsches Zentrum für Biomaterialien und Organersatz, Stuttgart-Tübingen	Ludwig Institute for Cancer Research, Stockholm, Schweden
Universität Hamburg	-----	Dr. Margarete Fischer-Bosch-Institut für Klinische Pharmakologie (IPK), Stuttgart	Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg
Universität Heidelberg	<b>Mit anderen Forschungseinrichtungen</b> -----	European Molecular Biology Laboratory EMBL, Heidelberg	Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart
Universität Hohenheim	AIT – Austrian Institute of Technology, Wien, Österreich	Flanders Institute for Biotechnology (VIB), Gent, Belgien	Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Stuttgart
Universität Innsbruck, Österreich	Asociación Acondicionamiento Tarrasense (LEITAT), Terrassa (Barcelona), Spanien	Institut Carnot CIRIMAT, Toulouse, Frankreich	Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Golm
Universität Konstanz	Association pour la Recherche et le Developpement des Methodes et Processus Industriels – ARMINES, Paris, Frankreich	Institut Dr. Schrader Creachem GmbH, Holzminden	Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz
Universität Leipzig	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik ITV, Denkendorf	National Institute of Laser, Plasma and Radiation Physics, Magurele-Bucharest, Rumänien
Universität Stuttgart	Centre de Recerca i Innovació de Catalunya CRIC, Barcelona, Spanien	Institut für Textilchemie und Chemiefasern ITCF, Denkendorf	Niederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO, Niederlande
Universität Wien, Österreich	Centre for Process Innovation CPI, Wilton, Großbritannien	Institut Pasteur, Paris, Frankreich	Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research Nofima, Oslo, Norwegen
Université Paul Sabatier Toulouse III, Toulouse, Frankreich	Centro tecnológica CARTIF, Valladolid, Spanien	IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd., Stockholm, Schweden	Österreichische Akademie der Wissenschaften, Innsbruck, Österreich
Universitetet for Miljø og Bioteknologi, Aas, Norwegen	Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario Asociación, Palencia, Spanien	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe	PROFACTOR GMBH, Steyr-Gleink, Österreich
Universitetet i Bergen, Bergen, Norwegen	Chemical Process Engineering Research Institute (CPERI), Thessaloniki, Griechenland	Laboratoire Phenobio SAS, Martillac, Frankreich	
University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, CA, USA	Consiglio Nazionale Delle Ricerche – ITM-CNR,		
University of Novi Sad, Novi Sad, Serbien			
University of Southern California (USC), Los Angeles, CA, USA			
University of Sydney, Australien			
University of West Hungary, Sopron, Ungarn			

Research & Development centre Re/genT, Helmond, Niederlande	Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen, Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum	Universitätsklinikum Innsbruck, Österreich	Deutsches Bergbaumuseum, Bochum
Robert-Koch-Institut, Berlin		Universitätsklinikum Lübeck	Deutsches Museum, München
Teknologisk Institutt (TI), Oslo, Norwegen	Karl-Olga-Krankenhaus, Stuttgart	Universitätsklinikum Tübingen	Deutsches Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven
Vlaamse Instelling Voor Technologisch Onderzoek N. V (VITO), Mol, Belgien	Klinik Charottenhaus, Stuttgart	Universitätsklinikum Ulm	Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg
-----	Klinik Schillerhöhe, Gerlingen	Universitätsklinikum Würzburg	Landesmuseum Württemberg, Stuttgart
<b>Mit Kliniken</b>	Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart	University Hospital Lausanne, Schweiz	-----
-----	Sana Herzchirurgie Stuttgart	-----	Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Rathgen-Forschungslabor, Berlin
Charité – Universitätsmedizin Berlin	Universitätsklinik Frankfurt am Main	<b>Mit Museen</b>	-----
Haukeland University Hospital, Bergen, Norwegen		Bayerisches Hauptstaatsarchiv, München	Zentrum für Bucherhaltung, Leipzig

## LEHRTÄTIGKEITEN

-----			
<b>Hochschule Esslingen</b>	Bryniok, D.	Bryniok, D.	Bryniok, D.
-----	<b>Vorlesung</b>	<b>Seminar</b>	<b>Vertiefungspraktikum</b>
<b>SS 2012</b>	»Technische Mechanik II«	»Energie und Wasser«	»Bioenergie«
Zech, T. (mit Biener, R.)	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 1 SWS	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 1 SWS	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 2 SWS
<b>Vorlesung</b>			
»Umweltbiotechnologie«	Bryniok, D.	<b>WS 2012/2013</b>	Bryniok, D.
Fakultät Angewandte Naturwissenschaften, Bachelor Biotechnologie, 2 SWS	<b>Übungen zur Vorlesung</b>		<b>Betreuung Praxissemester</b>
-----	»Technische Mechanik II«	Bryniok, D.	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung
<b>Hochschule Hamm-Lippstadt</b>	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 3 SWS	<b>Vorlesung</b>	
-----		»Technische Mechanik I«	
<b>SS 2012</b>	Bryniok, D.	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 2 SWS	
	<b>Vorlesung</b>		
	»Energie und Wasser«	Bryniok, D.	
Bryniok, D.	Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 1 SWS	<b>Übungen zur Vorlesung</b>	
<b>Vorlesung »Bioenergie I«</b>		»Technische Mechanik I«	
Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 1 SWS		Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 4 SWS	

<p>-----  <b>Hochschule Offenburg</b>                      -----  <b>WS 2012/13</b>                      Kluger, P. J.  <b>Vorlesung »Werkstoffe in der Medizintechnik – Biologische Aspekte«</b>                      Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Bachelor Medizintechnik, 1 SWS</p>	<p>Hirth, T.; Bach, M.; Tovar, G. E. M.  <b>Vorlesung »Komplexe Fluide«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, 2 SWS</p>	<p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T. (mit Groß, J.)  <b>Vorlesung »Grundlagen der Verfahrenstechnik I«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Technische Biologie, 2 SWS</p>	<p><b>WS 2012/13</b>                      Barz, J.; Hampel, M.; Hansmann, J.; Hoppensack, A.; Kluger, P.; Linke, K.; Tovar, G. E. M. (mit Doser, M.)  <b>Vorlesung »Medizinische Verfahrenstechnik II«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau), Diplom und Master Verfahrenstechnik, Diplom Maschinenbau, 2 SWS</p>
<p>-----  <b>Universität Stuttgart</b>                      -----  <b>SS 2012</b>                      Hirth, T.  <b>Vorlesung »Biologische und chemische Verfahren zur industriellen Nutzung von Biomasse (Energieträger und Chemierohstoffe)«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Energietechnik, Master Umweltschutztechnik, 2 SWS</p>	<p>Hirth, T.  <b>Vorlesung »Nachhaltige Rohstoffversorgung – Von der Erdölraffinerie zur Bio-raffinerie«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Fachübergreifende Schlüsselqualifikation, 2 SWS</p>	<p>Tovar, G. E. M.; Rupp, S.; Hirth, T. (mit Doser, M. und Planck, H.)  <b>Vorlesung »Medizinische Verfahrenstechnik I«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau), Diplom und Master Verfahrenstechnik, Diplom Maschinenbau, 2 SWS</p>	<p>Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Oehr, C.  <b>Vorlesung »Grenzflächenverfahrenstechnik II – Technische Prozesse«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, 2 SWS</p>
<p>Hirth, T.; Rupp, S.  <b>Vorlesung »Biomaterialien – Biobasierte Materialien«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Technische Biologie, 2 SWS</p>	<p>Rupp, S.  <b>»Ausgewählte Kapitel der modernen Biochemie«</b>                      Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 1 SWS</p>	<p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T.  <b>Vorlesung »Nanotechnologie I – Chemie und Physik der Nanomaterialien«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, 2 SWS</p>	<p>Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Oehr, C.  <b>Vorlesung »Grundlagen der Grenzflächenverfahrenstechnik«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, 2 SWS</p>
<p>Hirth, T.; Tovar, G. E. M.  <b>Vorlesung »Grenzflächenverfahrenstechnik I – Chemie und Physik der Grenzflächen«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, 2 SWS</p>	<p>Rupp, S.  <b>Beiträge zur Vorlesung »Moderne Methoden in der Biochemie«</b>                      Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 1 SWS</p>	<p>Tovar, G. E. M.  <b>Vorlesung »Produktgestaltung mit Nano-, Bio- und Hybridmaterialien«</b>                      Fakultät Chemie, Diplom Chemie, 2 SWS</p>	<p>Hirth, T.; Tovar, G. E. M. (mit Groß, J.)  <b>Vorlesung »Grundlagen der Verfahrenstechnik II«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Technische Biologie, 2 SWS</p>
	<p>Tovar, G. E. M.; Borchers, K.  <b>Vorlesung »Biomaterialien – Biokompatible Materialien«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Technische Biologie, 2 SWS</p>		<p>Hirth, T.  <b>Vorlesung »Nachhaltige Rohstoffversorgung und Produktionsprozesse«</b>                      Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, 2 SWS</p>

Hirth, T. <b>Vorlesung »Sustainable Production Processes«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master WASTE, 2 SWS	Tovar, G. E. M. <b>Seminar »Rezente Methoden der Medizintechnik auf Basis von Nanotechnologie und Grenzflächenverfahrenstechnik«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Medizintechnik, Kompetenzfeld, 2 SWS	Tovar, G. E. M., Hirth, T. <b>Praktikum »Grenzflächenverfahrenstechnik«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, 2 SWS	----- <b>Technische Universität München</b> ----- <b>SS 2012</b> Sieber, V. <b>Vorlesung »Einführung in die Weiße Biotechnologie«</b> Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS
Oehr, C. <b>Vorlesung »Plasmaverfahren für die Dünnschicht-Technik«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, 2 SWS	<b>SS 2012 und WS 2012/13</b> Hirth, T.; Tovar, G. E. M. <b>»Mitarbeiterseminar für DoktorandInnen und DiplomandInnen«</b> Fachübergreifende Veranstaltung, 1 SWS	Tovar, G. E. M. und weitere <b>Praktikum »Medizinische Verfahrenstechnik«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik und Kybernetik, Diplom Technische Biologie	Sieber, V. <b>Vorlesung »Enzymengineering«</b> Fachrichtung Industrielle Biotechnologie, 2 SWS
Rupp, S. <b>Beiträge zum »Biochemischen Praktikum für Technische Biologen«</b> Fakultät Chemie, Fachrichtung Biochemie, 8 SWS	Hirth, T. <b>Seminar »Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«</b> Fachrichtung Verfahrenstechnik, Technische Biologie, WASTE	Tovar, G. E. M. und weitere <b>Praktikum »Nanotechnologie«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, Bachelor Medizintechnik, Kompetenzfeld, 2 SWS	Sieber, V. <b>Beiträge zur Vorlesung »Technologie und Verwertung sonstiger biogener Rohstoffe«</b> Fachrichtung Forstwirtschaft, 5 SWS
Rupp, S. <b>Seminar »Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«</b> Fachrichtung Verfahrenstechnik, Chemie, Technische Biologie	Hirth, T.; Tovar, G. E. M. <b>»Grenzflächenverfahrenstechnisches Kolloquium«</b> Fachübergreifende Veranstaltung, 1 SWS	Tovar, G. E. M. <b>Seminar »Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«</b> Fachrichtung Verfahrenstechnik, Technische Biologie, Medizintechnik	Sieber, V. <b>Vorlesung »Biokatalyse und Proteintechnologie«</b> Fachrichtung Chemie, 1 SWS
Tovar, G. E. M.; Hirth, T. <b>Vorlesung »Nanotechnologie II – Technische Prozesse und Anwendungen für Nanomaterialien«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Bachelor Medizintechnik, Kompetenzfeld, Master Werkstoffwissenschaften, Diplom Technische Biologie, 2 SWS	Hirth, T.; Tovar, G. E. M. <b>Exkursion »Grenzflächenverfahrenstechnik«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Master Verfahrenstechnik, Vertiefungsfach, Diplom Technische Biologie, Bachelor Medizintechnik, Kompetenzfeld, 2 SWS	Frank, D.; Haitz, T.; Hansmann, J.; Kahlig, A.; Stier, M.; Tovar, G. E. M. <b>»Arbeitstechniken und Projektarbeit (Übung)«</b> Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Bachelor Verfahrenstechnik, 2 SWS	<b>WS 2012/13</b> Sieber, V. <b>Vorlesung »Technische Biokatalyse«</b> Fachrichtung Industrielle Biotechnologie, 2 SWS
			Sieber, V. <b>Vorlesung »Einführung in die Stoffliche Nutzung«</b> Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS
			Sieber, V. <b>Beiträge zur Vorlesung »Bioraffinerie und Naturstofftechnologien«</b> Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 4 SWS

<p>Sieber, V.  <b>Beiträge zur Vorlesung</b>  <b>»Spezielle Biotechnologie«</b>                  Fachrichtung Nachwachsende                  Rohstoffe, 2 SWS</p>	<p>-----  <b>Universität Tübingen</b>                  -----  <b>WS 2012/13</b>                  Schenke-Layland, K.  <b>Vorlesung »Vitale Implan-                  tate – Biomaterialien«</b>                  Medizinische Fakultät, Bache-                  lorstudiengang Medizintechni-                  k, 2 SWS</p>
<p>-----  <b>Universität Heidelberg</b>  <b>BZH</b>                  -----  <b>SS 2012</b></p>	<p>-----  <b>Universität Würzburg</b>                  -----                  Walles, H.  <b>Vorlesung »Grundlagen                  des Tissue Engineering«</b>                  Masterstudiengang Techno-                  logie der Funktionswerkstof-                  fe, 5 SWS</p>
<p>Sohn, K.  <b>Beiträge zum Seminar und                  Praktikum »Einführung in                  biochemische Methoden«</b>                  Medizinische Fakultät, Fach-                  richtung Biochemie, Seminar:                  2 SWS, Praktikum: 6 SWS</p>	<p>-----                  Walles, H.  <b>Vorlesung/Übung »Mik-                  rosysteme für biologische                  und medizinische Anwen-                  dungen«</b>                  Masterstudiengang Techno-                  logie der Funktionswerkstof-                  fe, 5 SWS</p>
<p><b>WS 2012/13</b></p>	<p>-----                  Walles, H.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Tissue Engineering«</b>                  Masterstudiengang Biomed-                  izin, 2 SWS</p>
<p>Sohn, K.  <b>Beiträge zum Seminar und                  Praktikum »Blut und Eisen-                  stoffwechsel«</b>                  Medizinische Fakultät, Fach-                  richtung Biochemie, Seminar:                  2 SWS, Praktikum: 6 SWS</p>	<p>-----                  Walles, H.  <b>Praktikum</b>  <b>»Modellorganismen«</b>                  Masterstudiengang Biomed-                  izin, 1 Woche ganztägig</p>
<p>-----  <b>Universität Hohenheim</b>                  -----  <b>SS 2012</b></p>	<p>-----                  Walles, H.  <b>»Stammzellen«</b>                  Integriertes Seminar für Stu-                  denten der Medizin, 2 SWS</p>
<p>Kluger, P. J.  <b>Vorlesung »Tissue Engi-                  neering«</b>                  Naturwissenschaftliche Fa-                  kultät, Bachelor Ernährungs-                  wissenschaft, Bachelor Le-                  bensmittelwissenschaft und                  Biotechnologie, 2 SWS</p>	<p>-----</p>

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

# HOCHSCHULARBEITEN

## Dissertationen

Blath, J.

Ionische Flüssigkeiten in der Gasseparation, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0399-4

Gose, T.

Analyse, Optimierung und Maßstabsübertragung der Herstellung und Aufarbeitung von Siliciumdioxid Nanopartikeln, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0422-9

Katzenmaier, V.

Charakterisierung von Kohlenstoffnanoröhren mit Raman-Spektroskopie, Universität Stuttgart

Mai, M.

DNA-microarray for fungal species identification and monitoring of resistance-associated SNPs in *Candida albicans*, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0408-3

Purschke, F. G.

Phänotypische und molekularbiologische Untersuchungen der Interaktionen in gemischten Biofilmen, Universität Stuttgart

Wojciukiewicz, D.

Herstellung und Charakterisierung von Polymernanopartikeln als Adsorbentmaterialien für die Peptidsequenzen des Insulins, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0421-2

## Diplomarbeiten

Dannenmann, B. A.

Die Untersuchung des Einflusses N-limitierter Fed-Batch Verfahren auf die spezifische Gibberellinproduktion von *Fusarium fujikuroi*, Universität Hohenheim

Eigenstetter, G.

Etablierung eines microarray-basierten Verfahrens zur Quantifizierung von *Candida glabrata* Deletionsmutanten, Universität Stuttgart

Engelhardt, I.

Charakterisierung des Wirkmechanismus einer neuen antimykotischen Substanz in humanpathogenen Hefen, Technische Universität Darmstadt

Frey, T.

Titel geschützt, Otto von Guericke Universität Magdeburg

Hoffmann, H.

Wirt-Pathogen-Interaktionen von *Candida albicans* und *Candida dubliniensis* auf humanen Epithelzelllinien, Universität Stuttgart

Kazenwadel, F.

Molekulare Werkzeuge zur Optimierung der *in vivo* Integration unnatürlicher Aminosäuren in *Candida albicans*, Universität Stuttgart

Maucher, T.

Untersuchungen zur Eignung eines neuartigen mikrobiellen Breitbandsensorsystems für die Detektion von chemischen und biologischen Kontaminationen in Trinkwasser, Universität Stuttgart

Otrokov, I.

Zeitaufgelöste Elektronenspinresonanz an Plasmapolymeren, Universität Stuttgart

Rebscher, T.

Etablierung einer neuartigen Automatisierungsstrategie für den Biomasseproduktionsprozess mit der Mikroalge *Chlorella vulgaris* im Flachplatten-Airlift-Reaktor, Technische Hochschule Mittelhessen

Stolarow, J.

Titel geschützt, Universität Stuttgart

Wettengel, J.

Aufschlussverfahren zur Probenvorbereitung in der Diagnostik von Pilzen, Universität Stuttgart

## Masterarbeiten

Fecher, D.

Development of technologies to engineer human lung tumor models, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Grimmer, P.

Inline-Charakterisierung in einer Miniplant-Anlage – Miniemulsionspolymerisationen von Poly(MAA-co-EGDMA), Universität Stuttgart

Huang, J.

Titel geschützt, Ruhr Universität Bochum

Huber, B.

Isolation und Kultivierung von humanen primären subkutanen Adipozyten und Aufbau eines Subkuttis-Äquivalentes mithilfe von Adipozyten und ASCs, Universität Hohenheim

Kendler, C.

Design of a purification process for gibberellin 4 and 7 out of *Fusarium fujikuroi* fermentation broths, Universität Stuttgart

- Kirch, H.  
Untersuchungen zur Eig-  
nung eines Fasermaterials  
auf Kieselgelbasis für den  
Einsatz im Tissue Enginee-  
ring, Julius-Maximilians-Uni-  
versität Würzburg
- König, L.  
Titel geschützt, Hochschule  
RheinMain
- Kuhn, R.  
Inkjet printing of silver  
nanoparticle ink on glass  
substrates to produce  
miniaturized plasma elec-  
trodes, Hochschule Offen-  
burg
- Lagunes Diaz, G. E.  
Development of a model  
for mass and energy flows  
internally and externally  
via interface for self-sus-  
tainable greenhouse, Tech-  
nische Universität Berlin
- Liebscher, S.  
Identifikation von Protein-  
expressionsmustern in hu-  
manen sich entwickelnden  
semilunaren Herzklappen,  
Universität Rostock
- Purschwitz, I.  
Synthese und Charakteri-  
sierung von Polymeren aus  
biobasierten Rohstoffen,  
Hochschule Esslingen/Hoch-  
schule Aalen
- Penninger, C.  
Titel geschützt, Universität  
Stuttgart
- Rivas Gonzalez, J. A.  
Titel geschützt, Universität  
Stuttgart
- Ruppel, O.  
Untersuchung zum Abbau  
von Methylenblau in wäss-  
riger Lösung durch Plasma-  
entladung, Universität Stutt-  
gart
- Schmohl, L.  
Isolation and characteri-  
zation of adipose-derived  
stem cells and their adhe-  
sion and proliferation po-  
tential on low-pressure  
plasma modified surfaces,  
Universität Konstanz
- Stratmann, A.  
Establishment and valida-  
tion of complex 3D human  
tumor models, Julius-Maxi-  
milians-Universität Würzburg
- Votteler, M.  
Acquisition of RNA from  
FFPE fetal and adult hu-  
man heart valve leaflets  
for transcriptional profil-  
ing, Eberhard Karls Universi-  
tät Tübingen
- Wenz, A.  
Einfluss VEGF-modifizier-  
ter Polymeroberflächen  
auf mikrovaskuläre Endo-  
thelzellen, Hochschule Alb-  
stadt-Sigmaringen
- Willig, M.  
Zellbiologische Evaluie-  
rung von modifizierten  
Polylactid-Hydroxylapa-  
tit-Proben als Träger-  
substanzen für das Kno-  
chen-Tissue-Engineering,  
Universität Hohenheim
- **Bachelorarbeiten**  
-----
- Arnold, E.  
Titel geschützt, Hochschule  
Biberach
- Auer, A.  
Plasmaverfahren zur Ge-  
ruchs- und Keimreduzie-  
rung in Gasströmen, Uni-  
versität Hohenheim
- Engelhardt, L.  
Electrophysiological char-  
acterization of *in vitro* skin  
models, Friedrich-Alexander-  
Universität Erlangen-Nürn-  
berg
- Gawrischenko, A.  
Implementierung einer  
Applikation zur Archivie-  
rung und Aufbereitung  
von Raman-Spektrosko-  
piedaten, Hochschule der  
Medien Stuttgart
- Götz, T.  
Herstellung und Funktio-  
nalisierung hochporöser  
azidhaltiger Polymerschäu-  
me, Hochschule Reutlingen
- Haller, B.  
Dynamische 3D-Kultivie-  
rung von mesenchymalen  
Stammzellen auf  $\beta$ -TCP,  
Hochschule Esslingen
- Hämmerl, A.  
*In vivo*-Lokalisation von  
Zellwandproteinen in  
*Saccharomyces cerevisiae*  
unter Verwendung des  
erweiterten genetischen  
Codes, Hochschule Mann-  
heim
- Königseder, A.  
Charakterisierung des Li-  
pidproduktionsprozesses  
im Freiland mit der Mikro-  
alge *Chlorella vulgaris*  
hinsichtlich der relativen  
Lichtverfügbarkeit, Fach-  
hochschule Oberösterreich
- Koronai, A.  
Titel geschützt, Universität  
Stuttgart
- Lang, C.  
Präparation und Charak-  
terisierung funktioneller  
Silanschichten an Implan-  
tatoberflächen, Universität  
Stuttgart
- Leppert, A.  
Einfluss von entzündlichen  
Darmerkrankungen auf  
das enterische Nervensys-  
tem der Maus, Julius-Maxi-  
milians-Universität Würzburg
- Linder, S.  
Characterization of myo-  
cardial cells during heart  
development with Raman  
spectroscopy, Universität  
Hohenheim
- Meyer, R.  
Titel geschützt, Hochschule  
Furtwangen
- Misterek, R.  
Titel geschützt, Hochschule  
für Technik, Wirtschaft und  
Kultur Leipzig
- Molina Galindo, J. K.  
Charakterisierung eines  
3D Darmtumormodells  
mit Untersuchungen zur  
Induktion von Apoptose,  
Julius-Maximilians-Universität  
Würzburg



Mugele, D. <b>Tissue engineering of a vascularized meniscus by use of co-culture</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg	Seitz, T. <b>Herstellung und Charakterisierung von Benzophenon-funktionalisiertem Polyglycidol sowie dessen photochemische Anbindung an Silizium-Oberflächen</b> , Hochschule Reutlingen	<b>Studienarbeiten</b>	Rebholz, A. <b>Die allgemeine und spezielle Zellkultur von primären Keratinozyten, Fibroblasten und HaCaT-Zellen und der Aufbau eines 3D-Hautäquivalents</b> , Universität Hohenheim
Neusch, D. <b>Effizienzsteigerung einer Elektrolysezelle – basierend auf dem Prozess der erweiterten Oxidation (AOP) – zur Aufbereitung von Deponiesickerwasser</b> , Hochschule Esslingen	Teubner, A. <b>Charakterisierung verschiedener Gibberellinproduzierender Mutanten von <i>Fusarium fujikuroi</i></b> , Universität Stuttgart	Castrillón Torres, D. M. <b>Methods of analysis of biofouling potential on filter membranes in bioreactors during the treatment of wastewater, industrial wastewater and leachate</b> , Universität Stuttgart	Reich, S. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Biberach
Rathfelder, T. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Mannheim	Töpfer, S. <b>Titel geschützt</b> , Universität Hohenheim	Wagenmann, A. <b>Titel geschützt</b> , Universität Stuttgart	Rempel, S. <b>Titel geschützt</b> , Universität Stuttgart
Rautenberg, F. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Bremerhaven	Unger, C. <b>Establishment of 3D endothelial-mesenchymal co-cultures under static and dynamic conditions</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg	<b>Praktika</b>	Wenz, A. <b>Einfluss VEGF-modifizierter Polymeroberflächen auf mikrovaskuläre Endothelzellen</b> , Hochschule Albstadt-Sigmaringen
Reich, S. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Biberach	Walz, M. <b>Polymerisation biobasierter und sterisch anspruchsvoller Epoxide</b> , Hochschule Reutlingen	Bahret, E. <b>Titel geschützt</b> , Universität Stuttgart	Werkmeister, C. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Albstadt-Sigmaringen
Reiss, P. <b>Titel geschützt</b> , Fachhochschule Düsseldorf	Weisser, S. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Furtwangen	Böhringer, D. <b>Titel geschützt</b> , Universität Hohenheim	
Reisser, T. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Biberach	Volk, E. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Heilbronn	Bosch, M. <b>Prozessoptimierung der plastischen Verformung von Hautgewebemodellen</b> , Universität Hohenheim	
Ruetschle, I. <b>Entwicklung einer vaskularisierten Trägerstruktur für das Tissue Engineering mittels plastischer Kompression eines Kollagen Hydrogels</b> , Hochschule Ulm	Zhang, X. <b>Radikale in Plasmapolymerbeschichtungen</b> , Hochschule Hannover	Gordzielik, M. <b>Titel geschützt</b> , Technische Universität Dortmund	
Schubert, V. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Heilbronn		Hempelt, S. <b>Titel geschützt</b> , Universität Hohenheim	
		Löder, J. <b>Titel geschützt</b> , Hochschule Mannheim	
		Müller, H. <b>Kultivierung von <i>Fusarium fujikuroi</i> zur Gewinnung von Gibberellin sowie anaerobe Abwasseraufbereitung</b> , Hochschule Amberg-Weiden	

## VERÖFFENTLICHUNGEN 2012

### In Büchern

Bilbao, J.; Frank, D.; Egner, S.; Trösch, W.; Hirth, T. (2012)

**Nährstoffrückgewinnung mit elektrochemischer Fällung – Anwendungspotenzial in kommunalen Kläranlagen.**

In: Mikroschadstoffe und Nährstoffrückgewinnung – Praxiserfahrungen und Umsetzungspotenzial in der Abwasserreinigung. 87. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium am 11. Oktober 2012. Kommissionsverlag. Oldenbourg Industrieverlag: 65–72  
ISBN: 978-3-8356-3361-2

Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Hirth, T. (2012)

**Gewinnung von Minor-komponenten aus Pflanzölen.**

In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Fokus Technologie-markt, Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Carl Hanser Verlag, München: 275–292  
ISBN 978-3-446-43323-6

Gruber-Traub, C. (2012)

**Gigantisch kleine Welten.**

In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): TECHNOlogisch! Technologien erfolgreich in den Markt bringen. LOG\_X Verlag GmbH, Ludwigsburg: 127–135  
ISBN 978-3-932298-44-8

Hellmann, T.; Nickel, J.; Müller, T. (2012)

**Missense mutations in GDF-5 signaling: Molecular mechanisms behind skeletal malformation.**

In: David N. Cooper, Jian-Min Chen (Hrsg.): Mutations in Human Genetic Disease. InTech: 11–54  
ISBN 978-953-51-0790-3

Nietzer, S.; Dandekar, G.; Wasik, M.; Walles, H. (2012)  
**Three dimensional tissue models for research in oncology.**

In: Stefan Danilla (Hrsg.): Selected Topics in Plastic Reconstructive Surgery. InTech: 175–190  
ISBN 978-953-307-836-6

Schließmann, U.; Mohr, M.; Hirth, T.; Trösch, W. (2012)  
**Dezentrale regenerative Wasserver- und -entsorgungssysteme für Stadtquartiere.**

In: Klaus Sedlbauer (Hrsg.): Innovationen für die Baubranche – Beispiele aus Forschung und Entwicklung. Fraunhofer Verlag, Stuttgart: 184–193  
ISBN 978-3-8396-0345-1

### In Fachzeitschriften

Bailer, S. M.; Wodrich, H. (2012)

**10<sup>th</sup> anniversary of the GfV workshop »Cell Biology of viral infections«, Cell News (Deutsche Gesellschaft für Zellbiologie) 38 (2): 67–70**

Bernard, T.; Müller, T.; Jacobasch, A.; Schuchert, T.; Burger-Kentischer, A.; Maucher, T.; Geiger, G.; Trick, I.; Sedehizade, F. (2012)

**Breitband-Biosensor Aqua-BioTox zur onlinefähigen Trinkwasserüberwachung, DVGW energie | wasser-praxis 1/2012: 36–39**

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**

Brockbank, K. G.; Stock, U. A.; Schenke-Layland, K. (2012)

**Reply: Long-term storage of human heart valves above the glass transition at –80 °C, The Annals of Thoracic Surgery 93 (2): 695**

Elter, T.; Albermann, S.; Krischke, W.; Hirth, T.; Tudzynski, B. (2012)

**Untersuchung der Stickstoffregulation der Gibberellin-Synthese von *Fusarium fujikuroi*, Chemie Ingenieur Technik 84 (8): 1199**

Fritze, O.; Romero, B.; Schleicher, M.; Jakob, M. P.; Oh, D.-Y.; Starcher, B.; Schenke-Layland, K.; Bujan, J.; Stock, U. A. (2012)

**Age-related changes in the elastic tissue of the human aorta, Journal of Vascular Research 49 (1): 77–86**

Groeber, F.; Hansmann, J.; Walles, H. (2012)

**Development of a vascularized skin equivalent with a physiological perfused vascular network, Journal of Investigative Dermatology 132 (Supplement 1): S34**

Groeber, F.; Holeiter, M.; Hampel, M.; Hinderer, S.;

Schenke-Layland, K. (2012)

**Skin tissue engineering – *in vivo* and *in vitro* applications, Clinics in Plastic Surgery 39 (1): 33–58**

Gruber-Traub, C.; Burger-Kentischer, A.; Gretzinger, S.; Hirth, T.; Weber, A. (2012)

**Sprühtrocknung von BSA- und Interferon- $\beta$  beladenen Chitosan-Partikeln (Spray drying of BSA- and interferon- $\beta$  loaded chitosan particles), Chemie Ingenieur Technik 84 (3): 343–348**

Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Müller, M.; Burger-Kentischer, A.; Hirth, T. (2012)

**Partikuläre Formulierungen für eine verbesserte Wundheilung bei chronischen Wunden, Chemie Ingenieur Technik 84 (8): 1188**

- Grumaz, C.; Hoffmann, H.; Lorenz, S.; Stevens, P.; Lindemann, E.; Rupp, S.; Sohn, K. (2012)  
**Differential metatranscriptomic profiling during *Candida* infections**, *Mycoses* 55 (Supplement s4): 337
- Hansmann, J.; Groeber, F.; Kahlig, A.; Schwarz, T. (2012)  
**Bioreaktorsysteme im Tissue Engineering**, *TechnoPharm* 3/2012: 7
- Heinrich, M.; Schließmann, U.; Hirth, T. (2012)  
**Untersuchung der acidogenen Bakterienpopulation beim Abbau von synthetischem Abwasser im Temperaturbereich zwischen 10°C und 37°C**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1295
- Herms, K.; Volkwein, W.; Burger-Kentischer, A.; Spielvogel, A.; Oberschmidt, D.; Rupp, S. (2012)  
***E. coli*-Lysate für die zellfreie Proteinsynthese**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1331
- Hiller, E.; Purschke, F. G.; Trick, I.; Rupp, S. (2012)  
**Flexible survival strategies of *Pseudomonas aeruginosa* in biofilms result in increased fitness compared to *Candida albicans***, *Mycoses* 55 (Supplement s4): 337
- Hinderer, S.; Schesny, M.; Bayrak, A.; Ibold, B.; Hampel, M.; Walles, T.; Stock, U. A.; Seifert, M.; Schenke-Layland, K. (2012)  
**Engineering of fibrillar decorin matrices for a tissue-engineered trachea**, *Biomaterials* 33 (21): 5259–5266
- Hirth, T. (2012)  
**SuPER – sustainable production, energy and resources**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (7): 943
- Hirth, T.; Unkelbach, G.; Leschinsky, M. (2012)  
**Stoffliche Nutzung von Lignin. Teil 1: Hintergrund, Rohstoffe, Gewinnung und Nutzung unter Erhalt der polymeren Struktur**, *Holztechnologie* 53 (1): 47–51
- Hirth, T.; Unkelbach, G.; Zibek, S.; Staiger, N.; Leschinsky, M. (2012)  
**Stoffliche Nutzung von Lignin. Teil 2: Chemische und biochemische Spaltung von Lignin in Aromaten**, *Holztechnologie* 53 (2): 46–51
- Hirth, T.; Wolperdinger, M. (2012)  
**Von Lignocellulose-basierten Rohstoffen zu chemischen Produkten**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1299
- Hoch, E.; Schuh, C.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K. (2012)  
**Stiff gelatin hydrogels can be photo-chemically synthesized from low viscous gelatin solutions using molecularly functionalized gelatin with a high degree of methacrylation**, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 23 (11): 2607–2617
- Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Walles, H. (2012)  
**Small intestinal submucosa (SIS) as a natural biomaterial that promotes the epithelial morphogenesis of renal tubular cells**, *BioNanoMaterials* 13 (1–4): 68
- Huber, B.; Klechowicz, N.; Hoppensack, A.; Borchers, K.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. J. (2012)  
**Isolation and culture of primary human subcutaneous adipocytes and construction of a fatty tissue equivalent**, *BioNanoMaterials* 13 (1–4): 195
- Jakob, F.; Ebert, R.; Rudert, M.; Nöth, U.; Walles, H.; Dochewa, D.; Schieker, M.; Meinel, L.; Groll, J. (2012)  
**In situ guided tissue regeneration in musculoskeletal diseases and aging: Implementing pathology into tailored tissue engineering strategies**, *Cell and Tissue Research* 347 (3): 725–735
- Jing, L.; Haas, J.; Chong, T. M.; Bruckner, J. J.; Dann, G. C.; Dong, L.; Marshak, J. O.; McClurkan, C. L.; Yamamoto, T. N.; Bailer, S. M.; Laing, K. J.; Wald, A.; Verjans, G. M.; Koelle, D. M. (2012)  
**Cross-presentation and genome-wide screening reveal candidate T cells antigens for a herpes simplex virus type 1 vaccine**, *The Journal of Clinical Investigation* 122 (2): 654–673
- Kahlig, A.; Volkwein, W.; Seyfert, K.; Thein, M.; Hirth, T.; Hansmann, J. (2012)  
**Technical design of a module for the continuous production of biochemical protein synthesis**, *Biochimica et Biophysica Acta* 1817 (Supplement), EBEC abstracts: 15–16
- Keller, P. D.; Burger-Kentischer, A.; D., F.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Schröppel, K.; Bracher, F.; Rupp, S. (2012)  
**Identification and characterisation of novel antifungal compounds against fungal human pathogens**, *International Journal of Medical Microbiology* 302 (Supplement 1): 18–19

- Keller, P.; Burger-Kentischer, A.; Finkelmeier, D.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Schröppel, K.; Bracher, F.; Rupp, S. (2012) **Identification and characterisation of novel anti-fungal compounds against fungal human pathogens**, *Mycoses* 55 (Supplement s4): 338
- Kleinhans, C.; Haller, B.; Kahlig, A.; Hansmann, J.; Walles, H.; Kluger, P. J. (2012) **Dynamic culture of human mesenchymal stem cells in a perfusion bioreactor on  $\beta$ -TCP cylinder**, *BioNano Materials* 13 (1–4): 33
- Kluger, P. J.; Novosel, E. C.; Borchers, K. A.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M. (2012) **Künstliche Blutgefäße – Erfolgreiche Versorgung von *in vitro*-Geweben**, *GIT Labor-Fachzeitschrift* 56 (2): 113–115
- Labouta, H. I.; Hampel, M.; Thude, S.; Reutlinger, K.; Kostka, K.-H.; Schneider, M. (2012) **Depth profiling of gold nanoparticles and characterization of point spread functions in reconstructed and human skin using multiphoton microscopy**, *Journal of Biophotonics* 5 (1): 85–69
- Lass-Seyouma, A.; Blicher, M.; Borozdenko, D.; Friedrich, T.; Langhof, T. (2012) **Transfer of laboratory results on closed sorption thermo-chemical energy storage to a large-scale technical system**, *Energy Procedia* 30: 310–320
- Loibl, F.; Schmidt, M.; Auer-Seidl, A.; Kirchner, C.; Holtz, C.; Mueller, K.; Stramm, C.; Langowski, H.-C. (2012) **The emptying behaviour of highly viscous liquids. Part II: Development of test methods and evaluation of untreated and coated films**, *Journal of Adhesion Science and Technology* 26 (20–21): 2469–2503
- Maestre-Reyna, M.; Diderich, R.; Veelders, M. S.; Eulenburger, G.; Kalugin, V.; Bruckner, S.; Keller, P.; Rupp, S.; Mosch, H. U.; Essen, L. O. (2012) **Structural basis for promiscuity and specificity during *Candida glabrata* invasion of host epithelia**, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (42): 16 864–16 869
- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S. C.; Boven, K.-H.; Cavalari, M.; Rothacher, P.; Weile, J.; Bailer, S. M.; Rupp, S. (2012) **Identification of human pathogenic moulds and yeasts via lab-on-a-chip system**, *International Journal of Medical Microbiology* 302 (Supplement 1): 110–111
- Mohr, M. (2012) **Urbane Wasserinfrastruktursysteme**, *wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik* 7–8/2012: 37–38
- Mueller, T. D.; Nickel, J. (2012) **Promiscuity and specificity in BMP receptor activation**, *FEBS Lett* 586 (14): 1846–1859
- Müller, M.; Weber, C. G.; Kerger, C.; Burger-Kentischer, A.; Trick, I.; Hirth, T. (2012) **Vermeidung von Biofilm und Unterdrückung von Virulenzfaktoren pathogener Mikroorganismen an Grenzflächen**, *BioNanoMaterials* 13 (1–4): 18
- Münkel, R. (2012) **Optimierung des Lipidproduktionsprozesses mit *Chlorella vulgaris* im Freiland hinsichtlich Lichtausbeute und Lipidgehalt**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1181–1182
- Nsair, A.; Schenke-Layland, K.; Van Handel, B.; Evseenko, D.; Kahn, M.; Zhao, P.; Mendelis, J.; Heydarkhan, S.; Awaji, O.; Vottler, M.; Geist, S.; Chyu, J.; Gago-Lopez, N.; Crooks, G.; Plath, K.; Goldhaber, J.; Mikkola, H.; Maclellan, W. (2012) **Characterization and therapeutic potential of induced pluripotent stem cell-derived cardiovascular progenitor cells**, *PloS One* 7 (10): e45603
- Oehr, C. (2012) **Kunststoffe für die Medizintechnik**, *KC-aktuell* 3/2012: 2–4
- Palzer, S.; Bantel, Y.; Kazenwadel, F.; Berg, M.; Rupp, S.; Sohn, K. (2012) **An expanded genetic code in *Candida albicans* to study molecular interactions *in vivo***, *Mycoses* 55 (Supplement s4): 337
- Pufky-Heinrich, D.; Leschinsky, M.; Unkelbach, G. (2012) **Neue Strategien – Holz als Rohstoff für die Chemische Industrie**, *chemie&more* 6/2012: 10–13
- Purschke, F. G.; Hiller, E.; Trick, I.; Rupp, S. (2012) **Flexible survival strategies of *Pseudomonas aeruginosa* in biofilms result in increased fitness compared with *Candida albicans***, *Molecular & Cellular Proteomics* 11 (12): 1652–1669
- Raschbichler, V.; Lieber, D.; Bailer, S. M. (2012) **NEX-TRAP, a novel method for *in vivo* analysis of nuclear export of proteins**, *Traffic* 13 (10): 1326–1334
- Ruff, M.; Wieland, D.; Bach, M.; Hirth, T.; Wittmann, V.; Walles, H.; Tovar, G.; Kluger, P. J. (2012) **Metabolic oligosaccharide engineering as a tool to enhance cell adhesion on titanium implant surfaces**, *BioNanoMaterials* 13 (1–4): 79

- Rupp, F.; Haupt, M.; Oehr, C.; Doering, C.; Klostermann, H.; Scheideler, L.; Lachmann, S.; Wendel, H. P.; Decker, E.; Ohle, C.; Geis-Gerstorfer, J. (2012)  
**Formation and photocatalytic decomposition of a pellicle on anatase surfaces**, Journal of Dental Research 91 (1): 104–109
- Schanz, J.; Walles, H.; Walles, T. (2012)  
**Menschliche Gewebe aus dem Labor**, GIT Labor-Fachzeitschrift 56 (5): 360–362
- Schleicher, M.; Hansmann, J.; Elkin, B.; Kluger, P.; Lieb-scher, S.; Huber, A. J.; Olaf, F.; Schenke-Layland, K.; Schil-le, C.; Müller, M.; Walles, H.; Wendel, H.-P.; Stock, U. A. (2012)  
**Oligonucleotide and par-ylene surface coating of polystyrene and ePTFE for improved endothelial cell attachment and hemo-compatibility**, International Journal of Biomaterials 2012: ID 397813
- Schmidt, M.; Loibl, F.; Müller, M.; Oehr, C.; Hirth, T. (2012)  
**The emptying behavior of highly viscous liquids. Part I: Polymeric surfaces and plasma coatings**, Journal of Adhesion Science and Technology 26 (20–21): 2449–2467
- Schmidt, M. C.; Müller, M.; Oehr, C.; Hirth, T. (2012)  
**Influence of semi-solid fluid's surface tension and rheological properties on the residues at packaging materials**, Journal of Food Engineering 108: 211–215
- Schmid-Staiger, U.; Groeger, C.; Seibert, A.; Schließmann, U.; Hirth, T. (2012)  
**Untersuchung des Zellauf-schlusses von *Phaeodac-tylum tricornutum***, Chemie Ingenieur Technik 84 (8): 1179
- Schmohl, L.; Kleinhans, C.; Barz, J.; Müller, M.; Walles, H.; Kluger, P. J. (2012)  
**Cell adhesion and prolif-eration of adipose derived stem cells on low pressure plasma modified surfaces**, BioNanoMaterials 13 (1–4): 90
- Schnabel, U.; Maucher, T.; Köhnlein, J.; Volkwein, W.; Niquet, R.; Trick, I.; Stieber, M.; Müller, M.; Werner, H.-P.; Ehlbeck, J.; Oehr, C.; Welt-mann, K.-D. (2012)  
**Multicentre trials for de-contamination of fine-lumen PTFE tubes loaded with bacterial endospores by low and atmospheric pressure plasma**, Plasma Processes and Polymers 9 (1): 37–47
- Schumacher, S.; Nestler, J.; Otto, T.; Wegener, M.; Eh-rentreich-Förster, E.; Michel, D.; Wunderlich, K.; Palzer, S.; Sohn, K.; Weber, A.; Burgard, M.; Grzesiak, A.; Teichert, A.; Brandenburg, A.; Koger, B.; Albers, J.; Nebling, E.; Bier, F. F. (2012)  
**Highly-integrated lab-on-chip system for point-of-care multiparameter analysis**, Lab on a Chip 12 (3): 464–473
- Schwaerzer, G. K.; Hiepen, C.; Schrewe, H.; Nickel, J.; Ploeger, F.; Sebald, W.; Mueller, T.; Knaus, P. (2012)  
**New insights into the mo-lecular mechanism of mul-tiple synostoses syndrome (SYNS): mutation within the GDF5 knuckle epitope causes noggin-resistance**, Journal of Bone and Mineral Research 27 (2): 429–442
- Shuyuan, Z.; Xiaoqin, Z.; Fu-xing, S.; Feng, Z.; Songjie, F.; Huijun, Z.; Schiestel, T.; Gu-angshan, Z. (2012)  
**Challenging fabrication of hollow ceramic fib-er supported Cu<sub>3</sub>(BTC)<sub>2</sub> membrane for hydrogen separation**, Journal of Ma-terials Chemistry 22 (20): 10 322–10 328
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Bor-chers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A. (2012)  
**Oberflächenfunktionalisie-rung von Tonerpartikeln für den Aufbau dreidi-mensionaler Objekte mit-tels Klick-Chemie (Surface functionalization of toner particles for the assembly of three-dimensional ob-jects via click chemistry)**, Chemie Ingenieur Technik 84 (3): 322–327
- Staiger, N.; Bartzeko, S.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2012)  
**Identification of lignin-degrading enzymes from bacteria**, BIOspektrum, Ta-gungsband zur VAAM-Jah-restagung 2012: 163
- Stiehl, C.; Hirth, T. (2012)  
**Vom additiven Umwelt-schutz zur nachhaltigen Produktion**, Chemie Ingeni-eur Technik 84 (7): 963–968
- Tovar, G. E. M.; Niedergall, K.; Bach, M. (2012)  
**Nanostrukturierte Kom-positadsorber-Membra-nen zur Entfernung von Spurenschadstoffen aus Wässern**, Chemie Ingenieur Technik 84 (8): 1320
- Trick, I. (2012)  
**Strategien gegen Mikro-organismen an Kunststoff-oberflächen**, Kunststoff-verarbeitung Deutschland, Ausgabe September 2012: 190

- Vaegler, M.; Schenke-Layland, K.; Stenzl, A. (2012) **Words of wisdom: Re: Hedgehog/Wnt feedback supports regenerative proliferation of epithelial stem cells in bladder**, *European Urology* 61 (6): 1263–1264
- Vohrer, U. (2012) **Kohlenstoff-Nanoröhren: Möglichkeiten und Grenzen**, *Keramische Zeitschrift* 64 (5): 271–274
- Votteler, M.; Berrio, D. A.; Pudlas, M.; Walles, H.; Stock, U. A.; Schenke-Layland, K. (2012) **Raman spectroscopy for the non-contact and non-destructive monitoring of collagen damage within tissues**, *Journal of Biophotonics* 5 (1): 47–56
- Votteler, M.; Berrio, D. A.; Pudlas, M.; Schenke-Layland, K. (2012) **Non-contact, label-free monitoring of cells and extracellular matrix using Raman spectroscopy**, *Journal of Visualized Experiments* (63): e3977
- Wenz, A.; Klechowicz, N.; Novosel, E. C.; Wegener, M.; Krüger, H.; Borchers, K.; Tovar, G. E. M.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. J. (2012) **Evaluation of cell-material interactions on polymeric surfaces modified with thiolheparin and vascular endothelial growth factor**, *BioNanoMaterials* 13 (1–4): 223
- Wiemann, L. O. (2012) **Umwandlung chitinhaltiger Fischereiabfälle in Spezial- und Feinchemikalien**, *GIT Labor-Fachzeitschrift* 56 (5): 357–359
- Wiemann, L. O.; Falzl, C.; Sieber, V. (2012) **Lipase-mediated epoxidation of the cyclic monoterpene limonene to oxide and limonene dioxide**, *Zeitschrift für Naturforschung B* 67b (10): 1056–1060
- Zech, T. (2012) **Moderne Abwasserreinigung für Guangzhou Projekt DEUS 21 China: Semizentrale Wasserinfrastruktursysteme für Mega-Cities**, *wwt wasserwirtschaft wassertechnik* 11–12/2012: 36–37
- Zibek, S.; Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S. (2012) **Milchsäurebakterien für die Herstellung von Milchsäure aus Weizenstroh**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1191
- Zibek, S.; Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S. (2012) **Untersuchungen zur Synthese von optimierten Mannosylerythritollipiden**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1218–1219
- Zibek, S.; Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S. (2012) **Selektive Konversion lignocellulosehaltiger Materialien als Plattformtechnologie für biobasierte Chemikalien**, *Chemie Ingenieur Technik* 84 (8): 1300
- Vorträge**
- Abdallah, O.; Bolz, A.; Hansmann, J.; Walles, H.; Hirth, T. **Design of a compact multi-sensor system for non-invasive glucose monitoring using optical spectroscopy**, *International Conference on Electronics, Biomedical Engineering and its Applications (ICEBEA'2012)*, 7.–8. Januar 2012, Dubai, Vereinigte Arabische Emirate
- Abdallah, O.; Qananwah, Q.; Bolz, A.; Hansmann, J.; Walles, H.; Hirth, T. **Optical spectroscopy and obstacles by non-invasive detection of glucose concentration by home monitoring**, *International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing (BIOSIGNALS 2012)*, 1.–4. Februar 2012, Vilamoura, Portugal
- Bailer, S. M. **Drug screening and diagnostics to control infectious diseases**, *RosBioTech 2012, Fraunhofer Symposium »Innovation in Bio-Technology«*, 7.–8. November 2012, Moskau, Russland
- Bailer, S. M.; Lenac Rovic, T.; Pothineni, V. R.; Ouwendijk, W. J. D.; Simic, H.; Babic, M.; Verweij, M. C.; Baiker, A.; Früh, K.; Verjans, G. M. G. M.; Jonjic, S.; Haas, J. **A comprehensive analysis of Varicella zoster virus (VZV) proteins by a monoclonal antibody collection**, *11<sup>th</sup> Workshop Cell Biology of Viral Infections 2012*, 19.–21. September 2012, Deidesheim
- Bailer, S. M.; Lenac Rovic, T.; Pothineni, V. R.; Ouwendijk, W. J. D.; Simic, H.; Babic, M.; Verweij, M. C.; Baiker, A.; Früh, K.; Verjans, G. M. G. M.; Jonjic, S.; Haas, J. **A comprehensive analysis of Varicella zoster virus (VZV) proteins by a monoclonal antibody collection**, *37<sup>th</sup> Annual International Herpesvirus Workshop*, 4.–9. August 2012, Calgary, Kanada
- Barz, J.; Oehr, C.; Hirth, T. **Effect of ion bombardment during deposition of barrier coatings on polymers**, *13<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2012)*, 10.–14. September 2012, Garmisch-Partenkirchen

- Bilbao, J.; Stoll, M. S.; Valarezo, N.; Egner, S.; Hirth, T.  
**Production of organic fertilizers from residues of the olive oil processing industry**, 8<sup>th</sup> International Conference ORBIT 2012 »Global Assessment for Organic Resources and Waste Management«, 12. – 14. Juni 2012, Rennes, Frankreich
- Bilbao, J.; Frank, D.; Egner, S.; Trösch, W.; Hirth, T.  
**Nährstoffrückgewinnung mit elektrochemischer Fällung – Anwendungspotenzial in kommunalen Kläranlagen**, 87. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium, 11. Oktober 2012, Stuttgart, Germany
- Borchers, K.  
**Materials and manufacturing technology for the fabrication of bio-inspired artificial vascular systems – BioRap**, 3D Cell Culture 2012, 14. – 16. März 2012, Zürich, Schweiz
- Borchers, K.  
**Biointegration versus Biofilmbildung**, In: Proceedings OTTI-Seminar »Funktionale Implantatoberflächen – Biointegration vs. Biofilm«: 101-128, OTTI-Fachforum »Funktionale Implantatoberflächen – Biointegration vs. Biofilm«, 17. – 18. September 2012, Regensburg
- Borchers, K.  
**Biologisierung: Von der Biokompatibilität zur Biofunktionalität**, Workshop BioRap »3D-strukturierte Biomaterialien mittels Rapid-Prototyping«, 16. Mai 2012, Stuttgart
- Borchers, K.; Bierwisch, C.; Cousteau, J.; Engelhard, S.; Graf, C.; Jaeger, R.; Klechowitz, N.; Kluger, P.; Krueger, H.; Meyer, W.; Novosel, E.; Refle, O.; Schuh, C.; Seiler, N.; Tovar, G.; Wegener, M.; Ziegler, T.  
**Neue biokompatible Elastomere und Rapid-Prototyping Verfahren zur Herstellung elastischer Biomaterialien – BioRap**, Workshop »Neue Biomaterialien und Technologien für die Regenerative Medizin«, 29. März 2012, Stuttgart
- Borchers, K.; Bierwisch, C.; Cousteau, J.; Engelhard, S.; Graf, C.; Jaeger, R.; Klechowitz, N.; Kluger, P.; Krueger, H.; Meyer, W.; Novosel, E.; Refle, O.; Schuh, C.; Seiler, N.; Tovar, G.; Wegener, M.; Ziegler, T.  
**New cytocompatible materials for additive manufacturing of bio-inspired blood vessels systems**, International Conference on Biofabrication, 29. – 31. Oktober 2012, Manchester, Großbritannien
- Dally, I.; Schanz, J.; Schandlar, M.; Linke, K.; Hansmann, J.; Funk, M.; Walles, T.; Walles, H.  
**From R&D to GMP – development of tracheal patch**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23. – 25. Mai 2012, Würzburg
- Elter, T.; Albermann, S.; Kriskche, W.; Hirth, T.; Tudzynski, B.  
**Untersuchung der Stickstoffregulation der Gibberellin-Synthese von *Fusarium fujikuroi***, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10. – 13. September 2012, Karlsruhe
- Groeber, F.; Funk, M.; Hansmann, J.; Walles, H.  
**Development of a skin equivalent with a physiological perfused vascular system**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23. – 25. Mai 2012, Würzburg
- Groeber, F.; Hansmann, J.; Walles, H.  
**Development of a vascularized skin equivalent with a physiological perfused vascular network**, Society for Investigative Dermatology (SID Annual Meeting), 9. – 12. Mai 2012, Raleigh, NC, USA
- Groeber, F.; Votteler, M.; Schenke-Layland, K.  
**Alternativen zum Tierversuch – Dreidimensionale organoide Gewebemodelle**, Vortrag bei einem Tierversuchskurs, FELASA-C, 10. Mai 2012, München
- Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Metabolic engineering for parallel conversion of glucose and xylose to lactic acid as single product**,ACHEMA 2012 – 30<sup>th</sup> International Exhibition-Congress, 18. – 22. Juni 2012, Frankfurt am Main
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Optimization and process engineering for the chemo-enzymatic epoxidation of fatty acids and non-conventional plant oils**,ACHEMA 2012 – 30<sup>th</sup> International Exhibition-Congress, 18. – 22. Juni 2012, Frankfurt am Main
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Chemo-enzymatic epoxidation of non-conventional plant oils – process optimization using response surface methodology**, In: Book of Abstracts: 30, 3<sup>rd</sup> International Workshop of COST Action CM0903 (UBIOCHEM): »Sustainable production of fuels/energy, materials & chemicals from biomass«, 1. – 3. November 2012, Thessaloniki, Griechenland

- Hansmann, J.  
**Bioreaktoren für die Kultur von Gewebemodellen**, Vortrag am Bernhard Nocht Institut für Tropenmedizin, 9. Oktober 2012, Hamburg
- Hansmann, J.  
**2D vs 3D tissue constructs**, Symposium 3D cell and tissue models, 22.–25. Oktober 2012, Konstanz
- Hansmann, J.  
**Regenerative Medizin und Tissue Engineering**, Seminar »Automatisierungspotentiale in der Biotechnologie«, im Rahmen der Technologie-Akademie für den Mittelstand, IHK-Stuttgart, 7. November 2012, Stuttgart
- Hansmann, J.; Groeber, F.; Engelhardt, L.; Walles, H.  
**Impedance spectroscopy – a tool for the characterization of skin equivalents**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- Hansmann, J.; Vacun, G.; Walles, H.  
**Cell bank and scale-up of Tissue Engineering Processes**, Workshop »Systems biology for Tissue Engineering of Mesenchymal Stem Cells«, 26. Juni 2012, Stuttgart
- Hirth, T.  
**Funktionalisierung von Materialien – Das Neue passiert an Grenzflächen**, Wissenschaftliches Kolloquium des Sonderforschungsbereich (SFB) 926, 11. Januar 2012, Technische Universität Kaiserslautern
- Hirth, T.  
**Der Beitrag der Biotechnologie zu Innovation, Rohstoffwandel und Klimaschutz**, »Biotechnologie zum Anfassen«, Baden-Württemberg wird 60 und BIOPRO Baden-Württemberg wird 10, 2. Mai 2012, Stuttgart
- Hirth, T.  
**Der Beitrag der Aquakultur zur Bioökonomie – Rohstoffe, Prozesse und Produkte**, 3. Büsumer Fischtag: Herausforderungen an moderne Haltungssysteme der Fischproduktion, 7. Juni 2012, Büsum
- Hirth, T.  
**Mit BioÖkonomie die Zukunft gestalten – Der Cluster BioEconomy**, Eröffnungsfeier Wissenschafts-Campus Halle – Pflanzenbasierte Bioökonomie, 8. Juni 2012, Halle
- Hirth, T.  
**Conversion of biomass: biorefineries**, European Bioeconomy: from knowledge via demonstration to products and markets, AICHEM 2012 – 30<sup>th</sup> International Exhibition-Congress, 18.–22. Juni 2012, Frankfurt am Main
- Hirth, T.  
**Bio-Economy – Towards sustainable raw materials, processes and products**, 9<sup>th</sup> WBC, Natural Fibre and other innovative Composites Congress and Exhibition, 20. Juni 2012, Stuttgart
- Hirth, T.  
**Rohstoffwandel: Herausforderungen für chemische und biotechnologische Prozesse**, Linde Engineering Dresden GmbH, 15. August 2012, Dresden
- Hirth, T.  
**Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse und Cluster BioEconomy**, 4. Biostamm-tisch Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro 3, 21. September 2012, Kaiserslautern
- Hirth, T.  
**Biobasierte Kunststoffe aus Sicht des Bioökonomierats**, BMELV-Fachkongress »Biobasierte Polymere – Kunststoffe der Zukunft«, 25.–26. September 2012, Berlin
- Hirth, T.  
**Herausforderung Rohstoffwandel – mit nachwachsenden Rohstoffen dem Wandel begegnen**, Minisymposium »Green Chemistry 2012« anlässlich der Verabschiedung von Prof. Dr. Bernd Ondruschka, 27. September 2012, Dornburger Schlösser bei Jena
- Hirth, T.  
**Nachhaltigkeit in der Prozesstechnik**, Workshop Roadmap Hochleistungskeramik von DGM und DKG, 13. November 2012, Mannheim
- Hirth, T.; Schließmann, U.  
**Stoffliche und energetische Verwertung von Bioabfällen**, 51. Tutzing-Symposium, 22.–25. April 2012, Tutzing
- Hirth, T.; Wolperdinger, M.  
**Von Lignocellulose-basierten Rohstoffen zu chemischen Produkten**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe
- Hoch, E.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K.  
**Photopolymerizable and non-gelling gelatin for the preparation of cartilage substitutes by liquid handling techniques**, International Conference on Biofabrication, 29.–31. Oktober 2012, Manchester, Großbritannien
- Hogk, I.; Kaufmann, M.; Finkelmeier, D.; Walles, H.; Rupp, S.; Burger-Kentischer, A.; Hirth, T.  
**Novel *in vitro* 3D herpes simplex virus type 1 infection model**, 11<sup>th</sup> Workshop Cell Biology of Viral Infections 2012, 19.–21. September 2012, Deidesheim
- Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Walles, H.  
**Small intestinal submucosa (SIS) as a natural biomaterial that promotes the epithelial morphogenesis of renal tubular cells**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg



- Kahlig, A.  
**Evaluation of the optimal culture conditions to develop *in vitro* bone tissue through various methods of *in silico* modelling**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- Kahlig, A.  
***In silico* modeling and bioreactor systems for the development of advanced tissue constructs**, Department of Clinical Dentistry (University of Bergen), Center for Clinical Dental Research, 19. Oktober 2012, Bergen, Norwegen
- Kleinhans, C.; Haller, B.; Kahlig, A.; Hansmann, J.; Walles, H.; Kluger, P. J.  
**Dynamic culture of human mesenchymal stem cells in a perfusion bioreactor on  $\beta$ -TCP cylinder**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Lass-Seyouma, A.; Blicher, M.; Borozdenko, D.; Friedrich, T.; Langhof, T.  
**Transfer of laboratory results on closed sorption thermo-chemical energy storage to a large-scale technical system**, International Conference for Solar Heating and Cooling For Buildings and Industry, 9.–11. Juli 2012, San Francisco, CA, USA
- Leschinsky, M.; Unkelbach, G.; Hirth, T.  
**Das neue Fraunhofer CBP in Leuna (The new Fraunhofer CBP in Leuna)**, 9. Internationales Symposium »Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen« (naro. tech), 5.–6. September 2012, Erfurt
- Leschinsky, M.; Unkelbach, G.; Michels, J.; Hirth, T.  
**New pilot-plant facility of the »German lignocellulose feedstock biorefinery project« in Leuna: Experiences with first time operations**, In: NWBC 2012, 4<sup>th</sup> Nordic Wood Biorefinery Conference (NWBC 2012), 23.–25. Oktober 2012, Helsinki, Finnland
- Lindemann, E.  
**Next generation functional genomics for personalized medicine and biotechnology**, RosBioTech 2012, Fraunhofer Symposium »Innovation in Bio-Technology«, 7.–8. November 2012, Moskau, Russland
- Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Process development of a lignocellulose biorefinery with several feedstocks**, IACHEMA 2012 – 30<sup>th</sup> International Exhibition-Congress, 18.–22. Juni 2012, Frankfurt am Main
- Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Process development for high-solid enzymatic conversion of lignocellulose within a biorefinery**, In: EWLP 2012 Proceedings: 42–45, 12<sup>th</sup> European workshop on Lignocellulosis and Pulp (EWLP 2012), 27.–30. August 2012, Helsinki, Finnland
- Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Keynote lecture: process development and models for multiple feedstocks within lignocellulose biorefinery**, In: Book of Abstracts: 3, 3<sup>rd</sup> International Workshop of COST Action CM0903 (UBIOCHEM): »Sustainable production of fuels/energy, materials & chemicals from biomass«, 1.–3. November 2012, Thessaloniki, Griechenland
- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S. C.; Boven, K.-H.; Cavalari, M.; Rothacher, P.; Weile, J.; Bailer, S. M.; Rupp, S.  
**Identification of human pathogenic moulds and yeasts via lab-on-a-chip system**, 64. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) e. V., 30. September–3. Oktober 2012, Hamburg
- Mohr, M.  
**New concepts in urban water management**, Timisoara Business Days, 28. März 2012, Timisoara, Rumänien
- Mohr, M.  
**Treatment of municipal wastewater with the AnMBR-process in Knittlingen**, Deutsch-Australischer Workshop, 22. Mai 2012, Ostfildern
- Mohr, M.  
**Semizentrales Wassermanagement DEUS 21**, Forum Biotechnologie Baden-Württemberg 2012, 19. September 2012, Freiburg
- Mohr, M.  
**Semi-centralized wastewater treatment with positive energy balance**, International Conference on Environmental Research and Technology – ECO IMPULS 2012, 25. Oktober 2012, Timisoara, Rumänien
- Müller, M.; Weber, C.  
**Reduzierung von Virulenzfaktoren an Grenzflächen durch immobilisiertes AiiB und BlcC**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Müller, M.; Weber, C. G.; Kerger, C.; Burger-Kentischer, A.; Trick, I.; Hirth, T.  
**Vermeidung von Biofilm und Unterdrückung von Virulenzfaktoren pathogener Mikroorganismen an Grenzflächen**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg

- Münkel, R.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.  
**Optimization of the lipid production process with *Chlorella vulgaris* in an outdoor pilot plant**, The 2<sup>nd</sup> International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts, 10.–13. Juni 2012, San Diego, CA, USA
- Münkel, R.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.  
**Optimization of the lipid production process with *Chlorella vulgaris* in an outdoor pilot plant**, Young Algaeneers Symposium, 14.–16. Juni 2012, Wageninngen, Niederlande
- Münkel, R.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.  
**Optimierung des Lipidproduktionsprozesses mit *Chlorella vulgaris* im Freiland hinsichtlich Lichtausbeute und Lipidgehalt**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe
- Oehr, C.  
**Plasma treated materials for contact with human blood cells**, MRS Spring meeting, 9.–13. April 2012, San Francisco, CA, USA
- Oehr, C.  
**Plasma at IGB, 5P-Plasma-Process: Past, Present and Perspectives**, 21.–23. Juni 2012, Bari, Italien
- Oehr, C.  
**Plasma und Membranen**, 13. Wörlitzer Workshop: Membrantechnologien und Modifizierungen von Membranen, 4. Juli 2012, Wörlitz
- Palzer, S.; Kazenwadel, F.; Berg, M.; Rupp, S.; Sohn, K.  
**An expanded genetic code in *C. albicans* to study molecular interactions *in vivo***, 11<sup>th</sup> ASM Conference on *Candida* and *Candidiasis*, 29. März–2. April 2012, San Francisco, CA, USA
- Rupp, S.  
**Cell based screening assays and novel bioproduction systems**, Symposium on Drug Delivery Systems of Biopharmaceuticals, 24.–28. Januar 2012, Jerusalem, Israel
- Rupp, S.  
**Herstellung von Biokraftstoffen durch Einsatz von Enzymen**, Fachgespräch »Biokraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen«, 14.–15. Februar 2012, Gülzow
- Rupp, S.  
**ATP-Modul**, Status-Workshop »Zellfreie Biotechnologie (zfb)«, 15.–16. März 2012, Berlin
- Rupp, S.  
**Efg1 shows a haploinsufficiency phenotype in modulating cell wall architecture and immunogenicity of *Candida albicans***, 11<sup>th</sup> European Conference on Fungal Genetics (ECFG11), 30. März–2. April 2012, Marburg
- Rupp, S.  
***In vitro* Infektionsmodelle für Target-, Wirkstoffscreening, und Diagnostik**, Workshop zur Infektionsbiologie im Fraunhofer-Verbund Life Sciences, 4. April 2012, Hannover
- Rupp, S.  
**Applying molecular tools to study *Candida***, 18<sup>th</sup> Congress of the International Society for Human and Animal Mycology, 15. Juni 2012, Berlin
- Schenke-Layland, K.  
***In vitro* models – tools to understand human development**, XXII International Symposium on Morphological Sciences, 13. Februar 2012, São Paulo, Brasilien
- Schenke-Layland, K.  
**Cutting edge science in morphology**, XXII International Symposium on Morphological Sciences, 13. Februar 2012, São Paulo, Brasilien
- Schenke-Layland, K.  
**Impact of extracellular matrix on cardiovascular cell fate**, Reference and Translation Center for Cardiac Stem Cell Seminar, 2. März 2012, Rostock
- Schenke-Layland, K.  
**Impact of extracellular matrix in biomedical research**, Georgia Tech Stem Cell Engineering Seminar Series, 13. März 2012, Atlanta, GA, USA
- Schenke-Layland, K.  
**VEGF receptors identify a multipotent cardiovascular progenitor cell in developing hearts and induced-pluripotent stem cells**, 16<sup>th</sup> Annual Hilton Head Workshop on Regenerative Medicine, 16. März 2012, Hilton Head, SC, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Testimonial – scientific career development in the USA and Germany**, Experimental Biology (EB), 23. April 2012, San Diego, CA, USA
- Schenke-Layland, K.  
**VEGF receptors identify a multipotent cardiovascular progenitor cell in developing hearts and induced-pluripotent stem cells**, Experimental Biology (EB), 23. April 2012, San Diego, CA, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Scientific career path at a glance**, DFG Scientific Breakfast im Rahmen der Experimental Biology (EB), 25. April 2012, San Diego, USA,
- Schenke-Layland, K.  
***In vitro* models – tools to understand human development**, Georgia Tech Stem Cell Engineering Seminar Series, 13. Mai 2012, Atlanta, GA, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Three-dimensional model of the small intestine**, 10<sup>th</sup> International Conference on Early Toxicity Screening, 14.–15. Juni 2012, Seattle, WA, USA

- Schenke-Layland, K.  
**Therapiestrategien in der kardiovaskulären regenerativen Medizin**, IZKF Graduate School, 25. Juli 2012, Tübingen
- Schenke-Layland, K.  
**Forschungsstrategien in der regenerativen Medizin**, Monday Seminar Series, Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 27. August 2012, Tübingen
- Schenke-Layland, K.  
**Applying technology for tissue engineering**, XXXIX. ESAO Congress, 28. September 2012, Rostock
- Schenke-Layland, K.  
**Non-invasive identification of proteoglycans and chondrocyte differentiation state by Raman microspectroscopy**, FACSS 2012/SciX 2012, 4. Oktober 2012, Kansas City, MO, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Cartilage screening using Raman spectroscopy**, Bone-tec Symposium »Paradigmenwechsel in der Knochenchirurgie – Regeneration statt Transplantation«, 27. Oktober 2012, Hannover
- Schenke-Layland, K.  
**Modern non-invasive diagnostics**, Symposium Urologische Forschung der DGU, 8.–10. November 2012, Berlin
- Schenke-Layland, K.  
**Entwicklung einer bioinspirierten kardiovaskulären Regenerationstechnologie**, Fraunhofer Symposium »Netzwerk«, 4. Dezember 2012, München
- Schesny, M.; Schenke-Layland, K.  
**Design of a 3D drug releasing scaffold for the application in cardiovascular tissue engineering**, IZKF Promotionskolleg 2012, 18. April 2012, Tübingen
- Schiestel, T.  
**Cellulose acetate membranes with an optimized internal structure for pressure retarded osmosis**, 3<sup>rd</sup> Osmosis Membrane Summit, 26.–27. April 2012, Barcelona, Spanien
- Schiestel, T.  
**Introduction to membrane based gas separations**, New Porous Materials for Separation Processes (DECHEMA – Informationstag »Neue Poröse Materialien für Trennprozesse«), 8. Oktober 2012, Frankfurt am Main
- Schiestel, T.; Blath, J.; Baltes, N.  
**Gas solubilities in ionic liquids: application for separation and sensors**,ACHEMA 2012 – 30<sup>th</sup> International Exhibition-Congress, 18.–22. Juni 2012, Frankfurt am Main
- Schiestel, T.; Zipperle, M.; Caro, J.; Schirrmeister, S.  
**Manufacturing, characterization and modification of BCFZ capillary membranes for oxygen separation**, Sino-German Symposium II Inorganic Membranes for Clean Energy and Clear Environment, 18.–21. März 2012, Hannover
- Schließmann, U.  
**Vollverwertung von Biomassen: Wertstoffe und Energie aus ligninreichen Kulturpflanzen und ligninfreien Mikroalgen**, Kolloquium der Universität Jena gemeinsam mit dem VDI-Arbeitskreis Verfahrenstechnik Mitteldeutschland, 7. Juni 2012, Jena
- Schließmann, U.  
**Wirtschaftsfaktor Wasser – Trends und Erwartungen aus Sicht der Forschung und Entwicklung**, Festveranstaltung der Firma Simex, 18. Oktober 2012, Calw
- Schließmann, U.  
**Vorstellung des Projekts und der Demonstrationsanlage EtaMax**, Einweihung der EtaMax-Demonstrationsanlage, 25. Oktober 2012, Stuttgart
- Schließmann, U.  
**Paradigmenwechsel – Systemansätze für nachhaltige Energiekonzepte am Beispiel dezentraler Energieerzeugung**, Branchentag Energiewirtschaft der Region SaarLorLux, 15. November 2012, Saarbrücken
- Schließmann, U.; Sternad, W.  
**Nachhaltige Verwertung von Biomassen am Beispiel von Großmarktäpfeln und Klärschlamm**, 16. Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung, 16. Februar 2012, Stuttgart
- Schließmann, U.; Sterr, Y.  
**ETAMAX: driving with biogas from biowaste**, 8<sup>th</sup> International Conference ORBIT 2012 »Global Assessment for Organic Resources and Waste Management«, 12.–14. Juni 2012, Rennes, Frankreich
- Schmid-Staiger, U.; Seibert, A.; Hirth, T.  
**Development of cultivation and extraction processes for omega-3 fatty acids**, 4<sup>th</sup> Algae World Europe, 22.–23. Mai 2012, München
- Seibert, A.; Unkelbach, G.; Schmid-Staiger, U.; Trösch, W.; Hirth, T.  
**Production and extraction of omega-3-fatty acids from microalgae using the example of *Phaeodactylum tricornutum***, 5. Bundesalgenstammtisch, 26.–27. März 2012, Pullach
- Seibert, A.; Groeger, C.; Schmid-Staiger, U.; Schließmann, U.; Hirth, T.  
**Untersuchung des Zellaufschlusses von *Phaeodactylum tricornutum***, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe

- Sohn, K.  
**Defining the transcriptional landscapes of *Candida albicans* and *Candida dubliniensis* – two human pathogenic fungi associated with HIV infections**, International Meeting »HIV and associated infections« der International Research Training Group (IRTG) 1522, 19.–20. Januar 2012, Würzburg
- Sohn, K.  
**Next Generation Diagnostik – Neue Technologien für das Biomarker-Screening und die klinische Diagnostik**, BPI-Treffen, 20. November 2012, Leipzig
- Sohn, K.  
**Divergent adaptation of two pathogenic relatives – the transcriptional landscapes in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis***, Seminar der Max F. Perutz Laboratories (MFPL), 7. Dezember 2012, Wien, Österreich
- Sternad, W.  
**Neue Konzepte zur Hochlastfaulung senken die Kosten**, 16. Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung, 16. Februar 2012, Stuttgart
- Sterr, Y.  
**Anaerobe Vergärung von flüssigen Abfällen aus der spanischen Olivenölproduktion**, 16. Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung, 16. Februar 2012, Stuttgart
- Stoll, M. S.; Bilbao, J.; Egner, S.; Hirth, T.  
**Evaluation of treated manure as fertilizer**, 8<sup>th</sup> International Conference ORBIT 2012 »Global Assessment for Organic Resources and Waste Management«, 12.–14. Juni 2012, Rennes, Frankreich
- Thude, S.  
**In vitro skin models and their applications**, 3<sup>rd</sup> Lübeck Regenerative Medicine Symposium »3D and skin organ culture models«, 21.–22. Juni 2012, Lübeck
- Tovar, G.  
**Biomimetische Biomaterialien**, DGM-Fachausschuss Bioinspirierte und interaktive Materialien, Arbeitskreis Interaktive und Adaptive Materialien, 22. März 2012, Potsdam
- Tovar, G.  
**Elastische Biomaterialien in 3D als eine Schlüsseltechnologie für die personalisierte Medizintechnik**, Workshop BioRap »3D-strukturierte Biomaterialien mittels Rapid-Prototyping«, 16. Mai 2012, Stuttgart
- Tovar, G.  
**How to design polymers for bioapplications? On the way to 3D organ construction**, XXXIX. ESAO Congress, 26.–29. September 2012, Rostock
- Tovar, G.  
**Elastische Biomaterialien in 3D – neue Fertigungsmethoden und Anwendungen in der Medizintechnik**, Neue Wege in der Medizintechnik – Entwicklungspotenziale in der Medizintechnik, 23. Oktober 2012, Pforzheim
- Tovar, G.; Borchers, K.  
**Free form fabrication of elastic polymeric biomaterials**, 3<sup>rd</sup> International Congress on Nanotechnology in Medicine & Biology, 1.–2. März 2012, Krems, Österreich
- Tovar, G.; Bierwisch, C.; Borchers, K.; Dettling, M.; Engelhardt, S.; Graf, C.; Hoch, E.; Jaeger, R.; Meyer, W.; Novosel, E.; Kluger, P.; Krüger, H.; Refle, O.; Wegener, M.  
**Elastic polymeric biomaterials in high resolution 3D-structures for regenerative medicine**, Materials Science Engineering (MSE 2012), 25.–27. September 2012, Darmstadt
- Tovar, G.; Niedergall, K.; Bach, M.; Schiestel, T.; Hirth, T.  
**Nanoparticle-loaded membranes to extract micro-pollutants from water**, 2<sup>nd</sup> Dissemination Workshop Nano4Water, 24.–25. April 2012, Chalkidiki, Griechenland
- Tovar, G.; Niedergall, K.; Bach, M.; Schiestel, T.; Hirth, T.  
**Nanostrukturierte Kompositadsorber-Membranen zur Entfernung von Spurenschadstoffen aus Wässern**, ProcessNet-Jahrestagung und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe
- Trick, I.  
**Biosensoren zur Unterstützung bei der Überwachung der Wasserinfrastruktur**, 16. Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung, 16. Februar 2012, Stuttgart
- Vohrer, U.  
**Analytik I – Prozess- und Schadensanalytik, Oberflächenanalytische Methoden zur Sauberheitskontrolle**, 4. Grundlagenseminar »Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion«, 13.–16. Juni 2012, Dresden
- Vohrer, U.  
**Parylene – eine Alternative in der Konservierung und Restaurierung**, Präsentation der Forschungsallianz Kulturerbe, 26. Juli 2012, Dresden
- Vohrer, U.  
**Toxizität von Kohlenstoffnanoröhren**, 14. Chemnitzer Seminar »Nanotechnology, Nanomaterials und Nanoreliability«, 27. September 2012, Chemnitz

Votteler, M.; Schenke-Layland, K.

**Acquisition of RNA from FFPE fetal and adult human heart valves leaflets for transcriptional profiling**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Weber, A.

**Neue reaktive Tonerpartikel für dreidimensionale Elektrophotographie**, Workshop BioRap »3D-strukturierte Biomaterialien mittels Rapid-Prototyping«, 16. Mai 2012, Stuttgart

Zech, T.

**Semidezentrales Abwassermanagement in Deutschland und China**, 16. Kolloquium zur Abwasser- und Abfallbehandlung, 16. Februar 2012 Stuttgart

Zibek, S.

**Platform chemicals from plant oils through integration of chemical and biotechnological processes**, Industrial Use of Renewable Raw Materials: Chemistry, Biotechnology, Process Engineering (Bioref2012), 14.–15. Februar 2012, Frankfurt am Main

Zibek, S.

**Synthesis of microbial surfactants**, Seminar am Institut für physikalische Chemie, Universität Köln, 16. Juli 2012, Köln

Zibek, S.; Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.

**Milchsäurebakterien für die Herstellung von Milchsäure aus Weizenstroh**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe

Zibek, S.; Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.

**Untersuchungen zur Synthese von optimierten Mannosylerythritollipiden**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe

Zibek, S.; Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.

**Selektive Konversion lignocellulosehaltiger Materialien als Plattformtechnologie für biobasierte Chemikalien**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe

---

## Poster

---

Appelt, A.; Slanina, H.; Rossi, A.; Groll, J.; Schubert-Unkmeir, A.; Walles, H.

**Development of a human *in vitro* 3D model to simulate the human blood-cerebrospinal fluid (B-CSF) and blood brain barrier (BBB)**, XVIII<sup>th</sup> International Pathogenic Neisseria Conference (IPNC), 9.–14. September 2012, Würzburg

Appelt, A.; Slanina, H.; Schubert-Unkmeir, A.; Heffels, K.; Groll, J.; Walles, H.

**Development of a human *in vitro* 3D model to simulate the human blood brain barrier**, 3D Cell Culture 2012, 14.–16. März 2012, Zürich, Schweiz

Bernard, T.; Trick, I.

**AquaBioTox: on-line monitoring of drinking water based on a biological broad-spectrum sensor with automatic image evaluation**, Future Security: 7<sup>th</sup> Security Research Conference, 4.–6. September 2012, Bonn

Bernard, T.; Trick, I.

**AquaBioTox: on-line monitoring of drinking water based on a biological broad-spectrum sensor with automatic image evaluation**, Integrated Water Resources Management-Kongress (IWRM), 21.–22. November 2012, Karlsruhe

Bieligmeyer, M.; Müller, M.; Hirth, T.; Schiestel, T.

**Supported biomimetic nanoporous blockcopolymer membranes for the integration of transmembrane proteins**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien

Bieligmeyer, M.; Müller, M.; Schiestel, T.; Hirth, T.

**Biomimetic membranes for transmembrane proteins**, 2. Statusseminar Zellfreie Bioproduktion, 15.–16. März 2012, Berlin

Blath, J.; Hirth, T.; Schiestel, T. **CO<sub>2</sub> separation using SILM (supported ionic liquid membranes) – temperature influence of ionic liquids containing carboxylic anions in comparison to NTf<sub>2</sub>**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien

Bluguermann, C.; Holeiter, M.; Romorini, L.; Videla, R. G.; Questa, M.; Fernandez Espinoza, D.; Scassa, E.; Evsenko, D.; Miriuka, S.

**Diferenciacion cardiaca a partir de células madre embionarias humanas: optimización del protocolo clásico**, Reunión anual de la sociedad argentina de investigación clínica, 14.–17. November 2012, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentinien

- Brauchle, E.; Knopf, A.; Schenke-Layland, K.  
**Raman spectroscopic signature of lineage specific commitment in mouse embryonic stem cells**, 16<sup>th</sup> Annual Hilton Head Workshop on Regenerative Medicine, 14.–18. März 2012, Hilton Head, SC, USA
- Brauchle, E.; Schenke-Layland, K.  
**Raman Spektroskopie für das nicht-invasive Monitoring von Zell- und Gewebestrukturen**, 4. Innovationsforum für Medizintechnik, 25. Oktober 2012, Tuttlingen
- Dally, S.; Lemuth, K.; Rupp, S.; Bailer, S. M.; Knabbe, C.; Weile, J.  
**Resistance analysis of *Acinetobacter* spp. by DNA-microarrays**, 64. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) e. V., 30. September–3. Oktober 2012, Hamburg
- Dally, S.; Lemuth, K.; Rupp, S.; Knabbe, C.; Weile, J.  
**Development of a DNA-microarray for the detection of resistance determinants in *Acinetobacter* spp.**, DECHEMA-Tagung »Functional Genomics and Proteomics«, 2.–3. Februar 2012, Frankfurt am Main
- Groeber, F.; Hansmann, J.; Walles, H.  
**Development of a vascularized skin equivalent with a physiological perfused vascular network**, Society for Investigative Dermatology (SID Annual Meeting), 9.–12. Mai 2012, Raleigh, NC, USA
- Gronen, A.; Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**From lignocellulose to lactic acid**, 3<sup>rd</sup> International Workshop of COST Action CM0903 (UBIOCHEM): »Sustainable production of fuels/energy, materials & chemicals from biomass«, 1.–3. November 2012, Thessaloniki, Griechenland
- Gruber-Traub, C.; Burger-Kentischer, A.; Hauser, A.; Dettling, M.; Weber, A.; Hirth, T.  
**Protein-loaded chitosan-based particles via spray drying for oral delivery**, PBP World Meeting 2012, 19.–22. März 2012, Istanbul, Türkei
- Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Müller, M.; Burger-Kentischer, A.; Hirth, T.  
**Enhanced wound healing using drug loaded particles**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe
- Grumaz, C.; Hoffmann, H.; Lorenz, S.; Stevens, P.; Lindemann, E.; Rupp, S.; Sohn, K.  
**Differential metatranscriptomic profiling during *Candida* infections**, 18<sup>th</sup> Congress of the International Society for Human and Animal Mycology, 11.–15. Juni 2012, Berlin
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Comparison of the chemo-enzymatic epoxidation of oleic acid with different immobilized lipases**, In: Book of Abstract: 92, 5<sup>th</sup> Workshop on Fats and Oils as Renewable Feedstock for the Chemical Industry, 18.–20. März 2012, Karlsruhe
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Optimization of the chemo-enzymatic epoxidation of non-conventional plant oils by response surface methodology**, 3. Kooperationsforum »Biopolymere«, 20. November 2012, Straubing
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Optimization of the chemo-enzymatic epoxidation of non-conventional plant oils by response surface methodology**, 7<sup>th</sup> CeBiTec Symposium »Bio-integrated Organic Synthesis in Industry: Biocatalytic Breakthroughs, Industrial Processes, Emerging Fields«, 17.–19. Dezember 2012, Bielefeld
- Hänel, C.; Niedergall, K.; Barz, J.; Schiestel, T.  
**Surface modification of mixed matrix membranes for the reduction of fouling**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien
- Hänel, C.; Öxler, L.; Roelofs, K.; Walitza, E.; Schiestel, T.  
**Celluloseacetate membranes with an optimized internal structure for pressure retarded osmosis**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien
- Hänel, C.; Schiestel, T.  
**Recovery of ionic liquids from chemical extraction process of lignocelluloses**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien
- Heinrich, M.; Schließmann, U.; Hirth, T.  
**Untersuchung der acidogenen Bakterienpopulation beim Abbau von synthetischem Abwasser im Temperaturbereich zwischen 10 °C und 37 °C**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe

- Heinrich, M.; Schließmann, U.; Hirth, T.  
**Investigation of the acidogenic bacteria population in bioreactors degrading synthetic waste water at temperatures between 10 °C and 37 °C**, ESBEES + ISPPP 2012, 23.–26. September 2012, Istanbul, Türkei
- Hermes, K.; Volkwein, W.; Thein, M.; Langbein, J.; Hein, C.; Lorenz, D.; Burger-Kentischer, A.; Spielvogel, A.; Oberschmidt, D.; Rupp, S.  
**E. coli-Lysate für die zellfreie Proteinsynthese**, ProcessNet-Jahrestagung 2012 und 30. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 10.–13. September 2012, Karlsruhe
- Herz, M.; Hänel, C.; Detzel, M.; Schmucker, J.; Weber, A.; Schiestel, T.  
**Coating of porous capillary membranes with MOF mixed-matrix membranes for gas separation applications**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien
- Heymer, A.; Schober, L.; Walter, M.; Traube, A.; Brode, T.; Drescher, T.; Fischer, A.; Reisinger, K.; Petersohn, D.; Meves, K. R.  
**The open source concept – shaping the future of animal-free tests**, 3D Cell Culture 2012, 14.–16. März 2012, Zürich, Schweiz
- Hiller, E.; Purschke, F. G.; Trick, I.; Rupp, S.  
**Flexible survival strategies of *Pseudomonas aeruginosa* in biofilms result in increased fitness compared to *Candida albicans***, 18<sup>th</sup> Congress of the International Society for Human and Animal Mycology, 11.–15. Juni 2012, Berlin
- Hinderer, S.; Schesny, M.; Bayrak, A.; Ibold, B.; Hampel, M.; Walles, T.; Stock, U. A.; Seifert, M.; Schenke-Layland, K.  
**Electrospun proteoglycan matrices for regenerative medicine applications**, Experimental Biology (EB), 21.–26. April 2012, San Diego, CA, USA
- Hoch, E.; Borchers, K.; Schuh, C.; Tovar, G. E. M.  
**Gelatin-based hydrogels covering a wide range of viscoelastic properties as tissue engineering scaffolds**, Nanomaterials for Biomedical Technologies (NanoBiomed 2012), 6.–7. März 2012, Frankfurt am Main
- Hoch, E.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K.  
**Photopolymerizable nongelling gelatin for the preparation of cell-laden hydrogels as cartilage substitutes by biofabrication techniques**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Hoch, E.; Tovar, G. E. M.; Schuh, C.; Borchers, K.  
**Photopolymerizable biopolymer-based hydrogels as artificial extracellular matrix of cartilage**, Heraeus summer school, 17.–20. Juni 2012, Siegburg
- Hogk, I.; Kaufmann, M.; Finkelmeier, D.; Rupp, S.; Walles, H.; Burger-Kentischer, A.  
**Novel *in vitro* 3D skin model to simulate a herpes simplex infection**, 22<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Society for Virology, 14.–17. März 2012, Essen
- Hogk, I.; Kaufmann, M.; Finkelmeier, D.; Walles, H.; Rupp, S.; Burger-Kentischer, A.; Hirth, T.  
**Novel *in vitro* 3D herpes simplex virus type 1 infection model**, 37<sup>th</sup> Annual International Herpesvirus Workshop, 4.–9. August 2012, Calgary, Kanada
- Holeiter, M.; Bluggermann, C.; Evseenko, D.; Crooks, G.; Schenke-Layland, K.  
**Impact of human pluripotent stem cell-derived extracellular matrix proteins on cardiac cell fate decision**, 16<sup>th</sup> Annual Hilton Head Workshop on Regenerative Medicine, 14.–18. März 2012, Hilton Head, SC, USA
- Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Walles, H.  
**An *in vitro* model of the renal proximal tubule composed of human kidney-derived cells and small intestinal submucosa**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- Huber, B.; Klechowicz, N.; Hoppensack, A.; Borchers, K.; Walles, H.; Hirth, T.; Klugger, P. J.  
**Isolation and culture of primary human subcutaneous adipocytes and construction of a fatty tissue equivalent**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Kahlig, A.  
**Technical design of a module for the continuous production of biochemical energy for cell-free protein synthesis**, 17<sup>th</sup> European Bioenergetics Conference (EBEC), 15.–20. September 2012, Freiburg
- Keller, P.; Burger-Kentischer, A.; Finkelmeier, D.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Schröppel, K.; Bracher, F.; Rupp, S.  
**Identification and characterisation of novel antifungal compounds against fungal human pathogens**, 18<sup>th</sup> Congress of the International Society for Human and Animal Mycology, 11.–15. Juni 2012, Berlin

Keller, P. D.; Burger-Kentischer, A.; D., F.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Schröppel, K.; Bracher, F.; Rupp, S.

**Identification and characterisation of novel anti-fungal compounds against fungal human pathogens,** 64. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) e. V., 30. September–3. Oktober 2012, Hamburg

Keller, P. D.; Burger-Kentischer, A.; D., F.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Schröppel, K.; Bracher, F.; Rupp, S. **Identification and characterisation of novel anti-fungal compounds against fungal human pathogens,** 11<sup>th</sup> European Conference on Fungal Genetics (ECFG11), 30. März–2. April 2012, Marburg

Kirch, H. **Suitability of a silica gel based non-woven fibre mat for tissue engineering,** 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Kleinhans, C.; Barz, J.; Willig, M.; Fard-Samiei, L.; Schiestel, T.; Müller, M.; Hirth, T.; Walles, H.; Tovar, G.; Kluger, P. J. **Ammonia plasma treated polylactide-hydroxyapatite scaffolds for the use in bone tissue engineering,** 4<sup>th</sup> International Symposium Interface Biology of Implants, 9.–11. Mai 2012, Rostock

Kleinhans, C.; Willig, M.; Barz, J.; Müller, M.; Schiestel, T.; Hirth, T.; Walles, H.; Kluger, P. J.

**The influence of low pressure plasma modification on cell-adhesion and proliferation on degradable bone substitute material,** 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Kurdyn, S.; Nickel, J.; Walles, H.

**Multi-factor release systems for regenerative applications in tissue engineering,** 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Kurdyn, S.; Weil, F.; Nickel, J.; Mielke, S.; Walles, H.

**Development of full-thickness skin equivalents including immunological cell types,** 42<sup>nd</sup> Annual ESDR Meeting, 19.–22. September 2012, Venedig, Italien

Lindemann, E.; Berg, M.; Grumaz, C.; Kuesel, J.; Lorenz, S.; Rupp, S.; Sohn, K. **Identification and functional characterization of a central regulator of morphogenesis in *Candida dubliniensis*,** 11<sup>th</sup> ASM Conference on *Candida* and *Candidiasis*, 29. März–2. April 2012, San Francisco, CA, USA

Metzger, M.; Hetz, S.; Hege- wald, C.

**Evaluation of the *in vitro* and *in vivo* potential of neural stem cells derived from human postnatal gut,** 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Metzger, M.; Walles, H. **Improved three-dimensional tissue models that mimic the microenvironment of the intestine,** 3D Cell Culture 2012, 14.–16. März 2012, Zürich, Schweiz

Moll, C.; Nietzer, S.; Dandekar, G.; Walles, H.

**Development of a human 3D *in vitro* tumor test system for nerve sheath tumors,** 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Moll, C.; Nietzer, S.; Dandekar, G.; Walles, H. **3D *in vitro* tumor test systems of nerve sheath tumors,** 3<sup>rd</sup> TERMIS World Congress »Tissue Engineering and Regenerative Medicine«, 5.–8. September 2012, Wien, Österreich

Müller, M.; Götz, T.; Schuh, C.

**Clickable macroporous foams by one-step polymerization,** Cellular Materials – CELLMAT 2012, 7.–9. November 2012, Dresden

Müller, M.; Southan, A.; Kleinhans, C.; Hirth, T. **Multifunktionelle PEG – neue Materialien für die Life Sciences,** Kooperationskongress Medizintechnik 2012 von NeZuMed, 20.–21. Juni 2012, Erlangen

Münkel, R. **Automatisierungskonzept zur industriellen Produktion von Mikroalgen im Freiland,** 5. Bundesalgenstammtisch, 26.–27. März 2012, Pullach

Nickel, J.; Klammert, U.; Müller, T. **Antagonistic activities of GDF-5: a key for cartilage maintenance?,** 3<sup>rd</sup> TERMIS World Congress »Tissue Engineering and Regenerative Medicine«, 5.–8. September 2012, Wien, Österreich

Nickel, J.; Klammert, U.; Müller, T.; Kübler, A.; Sebald, W. **Antagonistic activities of growth factors – a key for cartilage maintenance?,** 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Niedergall, K.; Hänel, C.; Schiestel, T.

**Recovery of metal ions from high diluted solutions or complex mixtures by membrane processes,** Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien



- Niedergall, K.; Tovar, G.; Bach, M.; Schiestel, T.; Hirth, T.  
**Nanoparticle-loaded membranes for adsorption and removal of micropollutants from water**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien
- Palzer, S.; Bantel, Y.; Kazenwadel, F.; Berg, M.; Rupp, S.; Sohn, K.  
**An expanded genetic code in *Candida albicans* to study molecular interactions *in vivo***, 18<sup>th</sup> Congress of the International Society for Human and Animal Mycology, 11.–15. Juni 2012, Berlin
- Palzer, S.; Kazenwadel, F.; Berg, M.; Rupp, S.; Sohn, K.  
**An expanded genetic code in *C. albicans* to study molecular interactions *in vivo***, 11<sup>th</sup> ASM Conference on *Candida* and *Candidiasis*, 29. März–2. April 2012, San Francisco, CA, USA
- Reboredo, J.; Rackwitz, L.; Steinert, A.; Rudert, M.; Walles, H.  
**Differentiation of hMSCs towards the chondrogenic lineage by using a collagen type I and II electrospun scaffold**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Riepe, B.; Wagner, W.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Production of  $\alpha,\omega$ -dicarboxylic acids via biotransformation of different substrates by the use of *Candida sp.***, 3. Kooperationsforum »Biopolymere«, 20. November 2012, Straubing
- Rücker, C.; Amrehn, C.; Haddad, D.; Haddad-Weber, M.; Hemberger, K.; Walles, H.  
**BioVaSc as matrix for tissue engineering of bone substitutes**, 3<sup>rd</sup> TERMIS World Congress »Tissue Engineering and Regenerative Medicine«, 5.–8. September 2012, Wien, Österreich
- Rücker, C.; Amrehn, C.; Haddad-Weber, M.; Walles, H.  
**BioVaSc als Matrix für Tissue Engineering von Knochen**, II. Münchener Symposium für experimentelle Orthopädie, Unfallchirurgie und muskuloskelettale Forschung, 2.–3. März 2012, München
- Ruff, M.; Wieland, D.; Bach, M.; Hirth, T.; Wittmann, V.; Walles, H.; Tovar, G.; Kluger, P. J.  
**Metabolic oligosaccharide engineering as a tool to enhance cell adhesion on titanium implant surfaces**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Ruff, M.; Wieland, D.; Bach, M.; Tovar, G.; Walles, H.; Wittmann, V.; Kluger, P. J.  
**Live imaging of cell motility after metabolic oligosaccharid engineering**, In: Abstractband: 76-77, 54<sup>th</sup> Symposium of the Society for Histochemistry, 5.–8. September 2012, Wien, Österreich
- Schenke-Layland, K.; Nsair, A.; Van Handel, B.; Plath, K.; Crooks, G.; Mikkola, H. K.; MacLellan, R. W.  
**Flt1 and Flt4 surface markers identify multipotent cardiovascular progenitor cells in developing hearts and induced-pluripotent stem cells that robustly engraft *in vivo***, Keystone meeting: Cardiovascular Development and Regeneration (A6), 22.–27. Januar 2012, Taos, NM, USA
- Schittler, D.; Vacun, G.; Walles, H.; Hansmann, J.; Allgöwer, F.; Waldherr, S.  
**Towards a dynamical model of gene regulation in mesenchymal stem cell differentiation**, 4<sup>th</sup> Conference on Systems Biology of Mammalian Cells, 9.–11. Juli 2012, Leipzig
- Schmiedl, D.; Endisch, S.; Rückert, D. Schweppe, R.; Unkelbach, G.  
**From lignins to aromatic synthons by base catalysed degradation in continuous reactors – a tentative review**, 4<sup>th</sup> Nordic Wood Biorefinery Conference (NWBC 2012), 23.–25. Oktober 2012, Helsinki, Finnland
- Schmohl, L.; Kleinhans, C.; Barz, J.; Müller, M.; Walles, H.; Kluger, P. J.  
**Cell adhesion and proliferation of hASCs on low pressure-plasma modified surfaces**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg
- Schönhaar, V.; Dettling, M.; Klechowicz, N.; Novosel, E.; Borchers, K.  
**Chemically modified heparin derivatives for covalently bound multilayer deposition**, International Conference on Biofabrication, 29.–31. Oktober 2012, Manchester, Großbritannien
- Schürlein, S.; Leyh, R.; Hönig, A.; Zdzieblo, D.; Müller, A.; Gattenlöhner, S.; Walles, H.  
**Tissue engineering of human 3D cardiac muscle patches**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- Schürlein, S.; Leyh, R.; Hönig, A.; Zdzieblo, D.; Müller, A.; Gattenlöhner, S.; Schwarz, T.; Walles, H.  
**Engineering of human 3D cardiac muscle patches based on a biological scaffold and specific bioreactor technology**, 3<sup>rd</sup> TERMIS World Congress »Tissue Engineering and Regenerative Medicine«, 5.–8. September 2012, Wien, Österreich

- Schweinlin, M.; Wilhelm, S.; Waaga-Gasser, A.-M.; Walles, H.; Metzger, M.  
**Establishment of primary human gut models *in vitro***, 4<sup>th</sup> International Congress on Stem Cells and Tissue Formation: Quantitative Stem Cell Biology – From Models to Applications, 18.–20. Juli 2012, Dresden
- Southan, A.; Schuh, C.; Tovar, G. E. M.  
**Poly(ethylene glycol)-based polyelectrolytes suitable for amino-functionalization of interfaces**, Nanomaterials for Biomedical Technologies (NanoBiomed 2012), 6.–7. März 2012, Frankfurt am Main
- Southan, A.; Schuh, C.; Tovar, G. E. M.  
**The aza-michael reaction for polymer crosslinking: structural prerequisites and gel properties**, World Polymer Congress, 24.–29. Juni 2012, Blacksburg, VA, USA
- Southan, A.; Schuh, C.; Tovar, G. E. M.  
**Thiol-functionalized poly(ethylene glycol)s**, World Polymer Congress, 24.–29. Juni 2012, Blacksburg, VA, USA
- Southan, A.; Schuh, C.; Tovar, G. E. M.  
**Crosslinked poly(ethylene glycol)-based polyelectrolytes as pH-sensitive hydrogels**, Materials Science Engineering (MSE 2012), 25.–27. September 2012, Darmstadt
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Guettler, S.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.  
**Toner particles for three-dimensional laser printing in biomaterial applications**, Junior Euromat, 23.–27. Juli 2012, Lausanne, Schweiz
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.  
**Studies on toner particles for three-dimensional laser printing in biomaterial applications**, Nanomaterials for Biomedical Technologies (NanoBiomed 2012), 6.–7. März 2012, Frankfurt am Main
- Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.  
**A new and flexible synthesis route for surface functionalized spherical toner particles**, 86<sup>th</sup> ACS Colloid & Surface Science Symposium, 10.–13. Juni, 2012, Baltimore, MD, USA
- Staiger, N.; Bartezko, S.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Identification of lignin-degrading enzymes from bacteria**, VAAM Jahrestagung, 18.–21. März 2012, Tübingen
- Staiger, N.; Frey, T.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Halophilic bacteria as a source for salt-tolerant cellulases and xylanases**, Annual meeting of the DECHEMA-VAAM-Section Biotransformations »Catalyzing Bio-Economy – Biocatalysts for Industrial Biotechnology«, 24.–25. April 2012, Frankfurt am Main
- Sterr, Y.; Barbi, A.; Bryniok, D.  
**Degradation and biogas-production of olive-mill solid wastes from Spain by anaerobic co-digestion**, 8<sup>th</sup> International Conference ORBIT 2012 »Global Assessment for Organic Resources and Waste Management«, 12.–14. Juni 2012, Rennes, Frankreich
- Stratmann, A.; Nietzer, S.; Walles, H.; Dandekar, G.  
**Validation of a human 3D lung adenocarcinoma tumor model via drug testing**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- Thein, M.; Burger-Kentischer, A.; Hirth, T.; Rupp, S.  
**A liposome system for light-driven ATP-synthesis**, International Workshop on New and Synthetic Bioproduction Systems, 6.–7. Dezember 2012, Hamburg-Harburg
- Thein, M.; Volkwein, W.; Burger-Kentischer, A.; Rupp, S.; Hirth, T.  
**A liposome system for light-driven ATP-synthesis**, 17<sup>th</sup> European Bioenergetics Conference (EBEC), 15.–20. September 2012, Freiburg
- Vacun, G.; Schittler, D.; Waldherr, S.; Walles, H.; Hansmann, J.  
**Systems biology for tissue engineering of mesenchymal stem cells – integrating novel experimental methods and mathematical modeling**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- van Asbeck, A.; Wilhelm, S.; Schweinlin, M.; Walles, H.; Metzger, M.  
**Establishment of a long-term organotypic culture of adult murine pancreas tissue**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg
- Vásquez-Caicedo, A. L.; Masot, A.; Klingner, E.  
**Pressure change technology: a new technical approach to reduce the use of sulphites and other chemical preservatives during wine making**, In: Proceedings of the 35<sup>th</sup> World Congress of Vine and Wine, ISBN 979-10-91799-00-3, 35<sup>th</sup> World Congress of Vine and Wine, 18.–22. Juni 2012, Izmir, Türkei

Votteler, M.; Carvajal, D. A.; Bonin, M.; Horke, A.; Stock, U. A.; Brockbank, K.; Schenke-Layland, K.

**The role of CD 44<sup>+</sup> cells in human heart valve development**, Experimental Biology (EB), 21.–26. April 2012, San Diego, CA, USA

Votteler, M.; Hinderer, S.; Reihardt, D. P.; Aikawa, E.; Schenke-Layland, K.

**Elastic fiber formation in developing human heart valves**, Keystone meeting: Cardiovascular Development and Regeneration (A6), 22.–27. Januar 2012, Taos, NM, USA

Weishaupt, S. U.; Hoheisel, J. D.; Hauser, N. C.; Rupp, S.; Lemuth, K.

**Simultaneous detection of different microRNA types using the ZIP-code array system**, DECHEMA-Tagung »Functional Genomics and Proteomics«, 2.–3. Februar 2012, Frankfurt am Main

Wenz, A.; Klechowicz, N.; Novosel, E. C.; Wegener, M.; Krüger, H.; Borchers, K.; Tovar, G. E. M.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. J.

**Evaluation of cell-material interactions on polymeric surfaces modified with thiolheparin and vascular endothelial growth factor**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 1.–3. November 2012, Hamburg

Weyhmüller, J.; Mugele, D.; Unger, C.; Rackwitz, L.; Rudert, M.; Steinert, A.; Walles, H.

**Interaction of human mesenchymal stem cells and human meniscus cell with extracellular matrix and neighboring cells**, 3<sup>rd</sup> TIRMIS World Congress »Tissue Engineering and Regenerative Medicine«, 5.–8. September 2012, Wien, Österreich

Weyhmüller, J.; Rackwitz, L.; Steinert, A.; Rudert, M.; Walles, H.

**Collagen type I and II electrospun scaffolds for meniscal cartilage repair**, 4<sup>th</sup> International Symposium Interface Biology of Implants, 9.–11. Mai 2012, Rostock

Weyhmüller, J.; Rücker, C.; Mugele, D.; Unger, C.; Rackwitz, L.; Rudert, M.; Steinert, A.; Walles, H.

**Interaction of human mesenchymal stem cells and human meniscus cell with extracellular matrix and neighboring cells**, 3<sup>rd</sup> International Conference »Strategies in Tissue Engineering«, 23.–25. Mai 2012, Würzburg

Weyhmüller, J.; Rücker, C.; Rudert, M.; Steinert, A.; Walles, H.

**Scaffold evaluation and co-culture of hMSCs and hmvECs as preliminary work to generate a vascularised meniscus 3D model**, Retreat Interdisziplinären Zentrum für Klinische Forschung (IZKF) der Universität Würzburg, 4.–5. Mai 2012, Bad Staffelstein

Zipperle, M.; Caro, J.; Schirrmeyer, S.; Schiestel, T.

**Manufacturing, characterization and modification of BCFZ capillary membranes for oxygen separation**, Euromembrane 2012, 23.–27. September 2012, London, Großbritannien

# 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  
Presse und 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

## Absender / in

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname, Titel

## Broschüren

### zu den Geschäftsfeldern

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

\_\_\_\_\_  
Firma/Abteilung

\_\_\_\_\_  
Straße

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

## Produktblätter

### zu den Geschäftsfeldern

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

\_\_\_\_\_  
Telefon

\_\_\_\_\_  
Fax

\_\_\_\_\_  
E-Mail

# IMPRESSUM

## REDAKTION

Ina Andrees M. A.,  
Dipl.-Kfm. Michael Bangert,  
Dipl.-Geoökol. Birgit Haller,  
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Antje Hetebrüg,  
Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg,  
Manuela Mezger,  
Katja Rösslein M. A.,  
Dipl.-Des. Thaya Schroeder (Bild),  
Dipl.-Kfm. Brigitte Steinmetz,  
Dr.-Ing. Werner Sternad,  
Dr. Iris Trick,  
Dr. Uwe Vohrer,  
Dr. Claudia Vorbeck,  
Dr.-Ing. Tosca Zech  
und die jeweils als Ansprechpartner oder Autoren  
genannten Wissenschaftler.

## GESTALTUNG UND PRODUKTION

Dipl.-Des. Thaya Schroeder

## DRUCK

Fraunhofer Verlag, Mediendienstleistungen, Stuttgart

## ANSCHRIFT DER REDAKTION

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

## BILDQUELLEN

ad lumina: Seite 114  
BMBF/BioEconomy: Seite 25  
Ernsting, Thomas: Seite 49  
Fotolia: Seiten 21, 29, 38, 54/55, 92  
Heyde, Matthias: Seiten 6, 14/15  
Kleinbach, Frank: Seiten 14/15, 26  
Kloess, Marina: Seite 67  
Kroetz, Rafael: Seiten 10, 14, 15, 82  
Mahler, Dirk: Seite 25  
mpg ErlebnisRaumDesign GmbH: Seite 37  
Müller, Bernd: Seiten 60, 72, 110  
Shutterstock: Seite 122  
VDI: Seite 35  
Wiesmüller, Thomas: Seiten 27, 55

Alle anderen Abbildungen

© Fraunhofer IGB/Fraunhofer-Gesellschaft

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

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion  
erforderlich.

© Fraunhofer IGB, Stuttgart 2013





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



[facebook.com/FraunhoferIGB](https://facebook.com/FraunhoferIGB)



[twitter.com/FraunhoferIGB](https://twitter.com/FraunhoferIGB)